

Парадигма развития науки

Идеологическое обеспечение

А. Е. Кононюк

**ОБОБЩЕННАЯ ТЕОРИЯ
ПОЗНАНИЯ И СОЗИДАНИЯ**

Книга 2

Теория познания

Часть 1

**Киев
Освіта України
2013**

УДК 51 (075.8)

ББК В161.я7

К 213

Рецензент: *Н.К.Печурин* - д-р техн. наук, проф. (Национальный авиационный университет).

Кононюк А. Е.

К65 Обобщенная теория познания и созидания. К.2. Ч.1

К.: "Освіта України", 2013. - 544 с.

ISBN 978-966-7599-50-8

Настоящая работа является систематическим изложением общей теории познания и представляет собой научно-учебное методическое пособие, в котором раскрыты вопросы общей теории познания. В работе излагаются идеологическая и методологическая направленность становления и развития общей теории познания, базирующаяся на общенаучных подходах. Определяются фундаментальные, базовые и предметные понятия, которые объединены в обобщенную систему научных понятий. Предложена структура замкнутой развивающейся мультимедийной научной системы, которая легла в основу создания научно-учебного методического обеспечения развивающейся науки, в том числе, и теории познания.

Работа предназначена для магистров, аспирантов, докторантов, инженеров, экономистов, статистиков, вычислителей и всех тех, кто сталкивается с вопросами познания окружающего мира.

ББК В161.я7

ISBN 978-966-7599-50-8

©А.Е. Кононюк, 2013

Оглавление

1. Введение в теорию познания (Идеолого-методолгический взгляд на теорию познания).....	8
1.1. О формулировке понятия " научное познание". Критический взгляд, обоснование, общий подход.....	8
1.1.1. Что есть научное познание?... ..	9
1.1.2. Методологические ошибки формирования понятия «теория познания».	11
1.1.3. Формулировка понятия "познания". Обоснование, общий подход.	13
1.1.4. Этапы (фазы) научного познания... ..	14
1.2. Развитие взглядов на познание.....	17
1.3. Познавательные способности человека	19
1.4. Теория истины.....	27
1.5. Структура научного познания, его уровни и формы.....	34
1.5.1. Проблема — гипотеза — теория.	35
1.6. Системный анализ как база научного познания.....	38
2. Основы общей методологии познания	49
2.1. Термины и определения основных понятий и категорий.....	51
2.1.1. Понятие и категория.....	51
2.1.2. Категории «действительность» и «бытие»	53
2.1.3. Что такое материя?... ..	56
2.1.4. Развитие взглядов на материю.....	58
2.1.5. Картина мира как объект познания.....	60
2.1.6. Материальное единство мира.	65
2.1.7. Система, структура, элемент.....	66
2.1.8. Необходимость и случайность.	68
2.1.9. Закон объективного мира.....	71
2.2. Движение, время и пространство.....	74
2.2.1. Материя и движение.....	74
2.2.2. Диалог о движении и покое.....	75
2.2.3. Форма и содержание.....	77
2.2.4. Формы движения материи.....	78
2.2.5. Время и пространство.....	80
2.2.6. Причина и следствие.....	84
2.3. Отражение как всеобщее свойство материи.....	87
2.3.1. Основной вопрос познания в «эру» ЭВМ.....	87
2.3.2. Что такое отражение?	88
2.3.3. Отражение в неорганическом мире.....	89
2.3.4. Усложнение отражения при переходе к живой природе.....	90

2.3.5. Эволюция жизни и возникновение нервной системы.....	91
2.3.6. Активное и пассивное отражение действительности.....	93
2.3.7. Отражение и информация.....	95
2.3.8. Психическое и физическое, идеальное и материальное.....	98
2.4. Сознание человека.....	101
2.4.1. Мозг — материальный орган психической деятельности.....	101
2.4.2. Язык и мышление.....	104
2.4.3. Могут ли компьютеры мыслить?.....	106
2.4.4. Количество, качество, мера и скачок.....	111
2.4.5. Некоторые выводы. Синтезирующая функция познания.....	114
3. Познание и действительность.....	115
3.1. Диалектика процесса познания.....	116
3.1.1. Что значит знать?.....	116
3.1.2. Познание как отражение.....	117
3.1.3. Беседа об источниках познания.....	119
3.1.4. Роль ощущений в процессе познания.....	122
3.1.5. Роль абстракций в процессе познания. Метод восхождения от абстрактного к конкретному.....	124
3.1.6. Что такое истина?.....	128
3.1.7. Роль практики в процессе познания.....	131
3.1.8. Факторы, влияющие на искажение истины.....	134
3.1.9. Знание и информация.....	135
3.1.10. Явление и сущность. Диалектика процесса познания.....	137
3.2. Формы и методы научного познания.....	140
3.2.1. Теория и гипотеза.....	140
3.2.2. Эксперимент и наблюдение в научном познании.....	143
3.2.3. Динамические модели. Познаваемость и наблюдаемость объектов.....	145
3.2.4. Познаваемость.....	152
3.2.5. Наблюдаемость.....	162
3.2.6. Принцип дуальности.....	167
3.2.7. Некоторые общенаучные методы познания.....	174
3.2.8. Модели и моделирование в научном познании.....	180
3.2.9. Математизация и современные науки.....	181
3.2.10. Наука и общество.....	182
3.2.11. Субъект и объект познания.....	185
4. Системный подход в теории познания.....	188
4.1. О применимости системного подхода в науковедении.....	188
4.1.1. Система этапов обновления знания.....	189
4.1.2. Лаговый каскад обновления знаний.....	193
4.1.3. О науке и науковедении.....	195

4.1.4. Пространства порождения результатов знаний.....	199
4.2. Примеры использования системного подхода в предметных областях познания.....	206
4.2.1. Системные идеи в психологии.....	206
4.2.2. Системный подход и управление.....	214
4.2.3. Методы системного исследования в этнографии.....	229
5. Задачный подход в теории познания.....	243
Введение.....	243
5.1. Исходные понятия теории задач.....	249
5.1.1. Предметы и системы.....	249
5.1.2. Модели. Информация.....	252
5.1.3. Знаки и знаковые модели.....	256
5.1.4. Воздействия и операции.....	257
5.1.5. Процедуры. Алгоритмы и квазиалгоритмы.....	263
5.2. Задачи и действия по их решению.....	265
5.2.1. Задача как система особого рода	266
5.2.2. Решение задачи. Решатель. Средства решения задач.....	270
5.2.3. Способы и процессы решения задач... ..	272
5.2.4. Отношения между задачами. Информация, относящаяся к решению задачи.	274
5.2.5. Целенаправленные действия. Соотношение действий и задач.....	276
5.3. Основные типы задач.....	283
5.3.1. Типы задач, устанавливаемые безотносительно к свойствам решателя.....	283
5.3.2. Задачи, неразрешимые и разрешимые для определенного решателя. Рутинные, квазирутинные и нерутинные задачи.....	285
5.3.3. Четкие, квазичеткие и нечеткие задачи.....	287
5.3.4. Внешние и внутренние задачи....	296
5.3.5. Теоретические и практические задачи.....	300
5.4. Познавательные задачи.....	302
5.4.1. Структура познавательной задачи.....	303
5.4.2. Пути решения познавательных задач.....	308
5.4.3. Коммуникативные задачи и их соотношение с познавательными.....	314
5.4.4. Вопросы и ответы. Закрытые и открытые задачи.....	316
5.4.5. Трехкомпонентные познавательные задачи.....	318
5.4.6. Эвристические средства.....	323
5.4.7. Решение задач и творчество.....	328
5.5. Оценка трудности и сложности задачи	335
5.5.1. Уровень трудности задачи. Уровень нерутинности задачи.	336
5.5.2. Уровень сложности задачи	341

5.5.3. Алгоритмический подход к оценке сложности задач.....	343
5.5.4. Энтропийный подход к оценке сложности задач.....	348
5.5.5. Соотношения между различными количественными характеристиками задач.....	351
5.5.6. О возможностях использования качественных и количественных характеристик задач для оценки учебных достижений и умственного развития учащихся.....	356
5. 6. Задачи в процессе обучения	357
5.6.1. Основные типы задач, различающиеся по функциям в учебно-воспитательном процессе.....	358
5.6.2. Особенности учебных задач.....	366
5.6.3. Учебный материал и его заданная структура.....	374
5.6.4. Задачный подход к построению процесса обучения.....	376
6. Цели и задачи теории познания.....	383
6.1. Цели в познании объектов.....	383
6.2. Реализация «задачного» подхода в теории познания.....	388
6.2.1. Введение в «задачный» подход.....	388
6.2.2. Базовые понятия: объект, отношение, система, изменение, операция, модель.....	391
6.2.3. Процедуры и алгоритмы.....	393
6.2.4. Обобщенная модель задачи и решающей системы.....	396
6.2.5. Типы задач.....	402
6.2.6. Язык описания формулировок задач, знаний решающих систем и базовых сообщений в процедурах их взаимодействия.....	410
6.2.7. Основные операторы решающей системы.....	417
6.2.8. Количественные характеристики задач и процессов их решения.....	426
6.3. К постановке общей задачи познания.....	427
6.3.1. Неформальная постановка задачи познания.....	427
6.3.2. Формальная постановка задачи познания.....	432
6.3.3. Геометрическая интерпретация задачи познания объектов.....	444
6.3.4. Решение задач познания.....	447
6.3.5. Архитектура решения задач познания.....	452
6.3.6. Задачи обучения в теории познания.....	457
6.3.7. Формальная постановка задачи обучения познавателя.....	463
6.4. Модели знаний.....	469
7. Обобщенный решатель задач познания: архитектура, применение, развитие.....	481
7.1. Эпистемологическая иерархия систем познания.....	481
7.2. Методологические отличия.....	485
7.3. Условия задачи познания.....	487

7.4. Задачи познания.....	488
7.5. Концептуальная схема ОРЗП.....	493
7.6. Анализ архитектуры ОРЗП.....	497
7.7. Примеры использования ОРЗП.....	502
7.8. Развитие ОРЗП.....	531
Литература.....	536

1. Введение в теорию познания

(Идеолого-методолгический взгляд на теорию познания)

Теория познания имеет давнюю традицию: в течение столетий различными школами и направлениями философской мысли высказывались зачастую противоположные точки зрения на сущность, содержание, структуру мыслительного процесса. Главный вопрос гносеологии - познаваем ли мир? В соответствии с его решением сложились две позиции: познавательная-реалистическая и агностическая. В основе накопления и углубления сведений о мире лежат способности к чувственному и рациональному отражению действительности, в соответствии с которым выделяются различные уровни сознания: эмпирический и теоретический, абстрактный и конкретный. **Центральной проблемой гносеологии является проблема истины, под которой понимается соответствие знаний действительности.** В качестве основного критерия истины (признак, по которому определяется достоверность знания) выступает деятельность человека, понятая как общественно-историческая практика.

1.1. О формулировке понятия " научное познание". Критический взгляд, обоснование, общий подход.

Научное Познание - это ключевое, базовое, фундаментальное понятие классической теории познания. Именно в разобщённости формулировок, подходов и методов, а значит и в разобщённости видения смысла этого понятия, лежат причины раздробления науки познания на течения, причины потери единства познания как науки.

Познание объекта – есть определение его относительных сравнительных характеристик (величин) и их причинно-следственных зависимостей (размерностей), формулирование понятия

1.1.1. Что есть научное познание?

Вообще формулировок познания десятки в различных только русскоязычных словарях, что подчёркивает **отсутствие однозначного общенаучного, структурированного понятия.** Вот некоторые:

- **ПОЗНАНИЕ** — это творческая деятельность субъекта, ориентированная на получение достоверных знаний о мире... *(Новейший философский словарь, в редакции Е.В. Хомича).*
- **ПОЗНАНИЕ** - познавать; способность познавать; наблюдение человеком простого и очевидного превращения "вещи в себе" в явления, в "вещь для него" (филос.).
- **ПОЗНАНИЕ** - это душевная деятельность, результатом которой получается знание явлений внешнего и внутреннего мира в их сосуществовании и закономерной последовательности. Познание складывается из ряда психических актов: ощущения, восприятия, представления и образования понятий (идей) и суждений. Основные вопросы теории познания (гносеологии) заключается в признании или отрицании соответствия между нашими представлениями и действительностью, в определении источников и содержания познания. Главнейшие направления теории познания: 1) скептицизм (познание относительно и недостоверно; познания абсолютного недоступно); 2) рационализм (источником познания является разум и присущие ему идеи); рационализм есть или догматический, признающий тождество мышления и действительности (Гегель), или критический, усматривающий пределы в свойствах наших психических способностях (Кант); 3) реализм (источником познания служит опыт, внешний: эмпиризм, сенсуализм, (Локк) или опыт внутренний: спиритуализм; 4) мистицизм (источником познания является сверхчувственное общение с божеством); 5) идеализм (истинное бытие признается лишь в представлениях нашего ума, (Беркли, Юм, Фихте); имманентная философия); 6) материализм (истинное бытие признается лишь в веществе); 7) позитивизм (содержанием познания служат лишь предметы опыта); 8) эмпириокритицизм (соединяет некоторые элементы вышеупомянутых систем) и др. *(Малый энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона).*

- **ПОЗНАНИЕ** - это процесс постижения действительности и приобретения знаний. (*Словарь по общественным наукам. Глоссарий.ру*)
- **АГНОСТИЦИЗМ** (от греч. непознаваемый) — теоретико-гносеологическая установка, согласно которой вопрос об истинности познания не может быть окончательно решен. Мы ничего не можем знать о Боге и о других предельных и абсолютных основаниях реальности, поскольку наши представления об этом не могут быть подтверждены свидетельствами опытной науки. Агностицизм прослеживается уже в античности, но сам термин был впервые в научный обиход введен Т.Гексли в 1869. Особо широко идеи агностицизма распространились среди английских естествоиспытателей в 19 в. (*Энциклопедия «Кругосвет»*).
- **ГНОСТИЦИЗМ**, греч., совокупность религиозно-философских учений, возникших в первые века нашей эры на почве христианства, иудейства и языческой мифологии Востока. Главная тенденция гностиков заключалась в слиянии разнородных элементов: пифагорейских, неоплатонических, еврейских и христианско-догматических с целью утвердить метафизическое основание веры. Основная идея гностицизма — истечение всех существ из природы Бога, которая определяется как “полнота бытия” (плэрома), причем каждая последовательная степень истечения (эманации) представляется менее совершенной. Задача истинной философии содействовать возвращению духовных существ из несовершенного мира в лоно Божества (искупление). (*Малый энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона*) и т.д

Базисное понятие познания определяло целые направления философских течений. А если нет общенаучного понятия познания, то нет и не может быть **общенаучной методологии** получения конечной относительной истины (сути), достоверных знаний. Не может быть **общей теории познания**, если нет базисной, общей формулировки этого понятия, не может быть общей философии. "Разношерстность" формулировок такого фундаментального понятия подчёркивает не только отсутствие у него общей структуры, а подчёркивает вообще отсутствие методологии формирования любых научных понятий. А принципиальное, методологически однообразное выяснение объективной сути, "позарез" необходимо общенаучной среде для её концессионального объединения, для одинакового видения, для

единства подходов при вскрытии глобальных закономерностей во Вселенной, для научно обоснованного развития, для отсеивания лжетеорий и лжепонятий, для **общего развития науки.**

1.1.2. Методологические ошибки формирования понятия «теория познания».

Первая методологическая ошибка формирования понятия познания, заключается в определении субъекта познания, сузившая понятие субъекта до понятия человека, а способность познавать, до исключительно человеческой способности. Как обобщённое, ныне бытующее в философии понятие, для современных философов-теоретиков, *познание это процесс целенаправленного активного отображения действительности в сознании человека, процесс бесконечного искания истины человеком.* Без человека (субъекта) познание не мыслится (способностью к нему, по широкому пониманию философов, обладают лишь люди). В невозможности познавать "не людьми " уже есть огромная разъединяющая сила узости подхода. С таким подходом к познанию трудно выявить глобальные зависимости естествознания и мироздания, в котором человек, есть всего лишь его часть, существующая по общим законам природы, которыми человек не управляет, а существует в соответствии с ними. В теории познания не существует общего понятия взаимодействия и общей теории взаимодействия, которое и должно являться базисом методологии познания. В одном элементарном событии-взаимодействии объект и субъект познания суть, условное, ролевое, относительное состояние двух объектов, познающих друг друга в относительных изменениях при взаимодействии. По этой причине, теория познания бесплодна и бесполезна для фундаментальной науки, стоит особняком и развивается для себя и во имя себя. А стоит только ввести в обиход естествознания событие-взаимодействие - причину изменения, как появляется общая методология изменчивости (изменения), проявляются структуры у базовых понятий естествознания (познания, наука, знание, теория). Появляется структура у понятий энергии, инерции, движения. Стоит ввести в обиход естествознания более общие принципы познания, как отсеиваются лжетеории и лжепонятия.

Что есть по своей относительной сути **объект и субъект**, как они должны соотноситься и чем **взаимодействовать**? Но нет более общего подхода в теории познания и нет у неё ответов на эти вопросы. **Все существующие способы познания: дедукция, индукция, анализ, синтез не вписаны в общую методологию взаимодействия и рассматривают объект познания как совокупность его признаков.**

Вторая методологическая ошибка заключается в отсутствии к познанию этого понятия базисных принципов (подходов).

- **Сравнительный, *относительный* подход к объекту и субъекту (познаваемость свойств объекта в соразмерном сравнении со свойствами субъекта).** Этот подход определяет понятие объективного и субъективного познания в сравнении с общепринятым эталоном (объективное познание) и в сравнение с неэталонным субъектом - носителем неэталонных свойств (субъективное познание). **Хотя на бытовом уровне в общем разобрались, что всё познаётся в сравнении. Познание не может быть вообще. Это конечный процесс, с определёнными во времени и пространстве целями, объектами и субъектами, способами и принципами.**
- **Причинно-следственный подход, выражающийся в принципе: "От способа познания ни величина, ни природа познаваемого объекта причинно не зависят".** (Этот принцип был кардинально низвержен в XIX, XX веках, классиками агностицизма (прежде всего философией И.Канта), теориями относительности Эйнштейна (принципом наблюдаемости), принципом неопределённости Гейзенберга), что послужило фундаментальной основой глубочайшего затяжного кризиса теоретического познания всех фундаментальных направлений науки в мировом масштабе. Так, по воспоминаниям Гейзенберга, Эйнштейн подчеркнул свое понимание наблюдаемости так: *"лишь теория решает, что наблюдаемо, а что нет"*. Обратите внимание, не эксперименты с их эталонными опытами по "познанию" величин масс, зарядов, спектров, длин и прочих свойств в сравнении с их общепринятыми эталонами, а *теория* решает что "познающий" наблюдает (что наблюдаемо). Даже, Н.Бор с его великолепной интуицией, неоднократно подчеркивал, что в научном познании экспериментом мы обозначаем ситуацию, в которой мы нечто наблюдаем, осознаем и можем,

пользуясь языком, сообщить о наблюдаемом другому. В итоге, мы пришли к отсутствию общенаучного понимания **корректного способа познания**. Последствия этого мы наблюдаем ныне повсеместно.

Третья методологическая ошибка заключается в том, что познание определено как процесс, не имеющий завершения (бесконечный). В своей формулировке, понятие неявно содержит непознаваемое, ненаучное понятие бесконечности. Конечное, познаваемое понятие, не может содержать непознаваемое в принципе понятие бесконечности! Отсюда неясно чем должно завершаться научное познание. **А завершаться оно должно формулированием причинно-следственно определённого конечного научного понятия - характеристического свойства (конечной совокупности подзначений, подсвойств, признаков, подпонятий, предикатов).**

Из понятия познание, не явствуется понятие "познать". Что значит познать? Получить *"достоверные знания о мире"*(*Новейший философский словарь, в редакции Е.В. Хомича*)? А что значит "достоверные"? Понятие достоверности не является однозначно трактуемым. Оно безотносительно, вероятно и многозначно. А что значит "знания"? Знание – это проверенный практикой результат познания действительности. (БСЭ). То есть, познание определяют через понятие «знания», а «знание», через понятие "познания". Чистой воды тавтология. Даже философские (как бы общенаучные) формулировки базового понятия "познания", содержат "косяки" непреодолимых противоречий.

1.1.3. Формулировка понятия "познания". Обоснование, общий подход.

Исходя из вышесказанного, предлагаемая формулировка, несомненно, должна учитывать все имеющиеся методологические ошибки, относительный сравнительный и причинно-следственный подходы к познанию и предлагается такой: **Познание объекта (процесса, явления) – есть определение его относительных сравнительных характеристик (величин) и их причинно-следственных зависимостей (размерностей), формулирование понятия. Соответственно, познать, значит определить относительную сравнительную характеристику (величину), её причинно-**

следственную зависимость (размерность), сформулировать понятие.

Именно в такой формулировке кроется подход к общей методологии научного познания объекта. Подход именно с учётом относительности и по этой причине конечности познания.

Именно в этой формулировке кроется связь между "конечным" познанием (понятием "познать") и конечным понятием - конечной совокупностью познанных свойств. Кроется связь между объективным познанием (сравнением с эталоном) и субъективным (сравнением не с эталоном). Именно эта формулировка объединяет гностицизм и агностицизм, материализм и идеализм в базисных началах этого понятия., как объединяет их физика и математика, химия и биология, геометрия и астрономия в их классических формах. Именно в этой формулировке кроется относительный подход к познанию - **как результату взаимодействия** диалектически взаимосвязанных понятий относительного объекта и относительного субъекта (**объекта познания и субъекта познающего, в принципе ничем не отличающихся друг от друга**). В формулировке кроется относительный подход к взаимодействию лишь относительно соразмерных свойств объекта и субъекта, лишь соразмерных свойств познающего субъекта и познаваемого объекта. Именно в субъективной относительной соразмерности свойств субъекта и объекта кроется относительность познания.

1.1.4. Этапы (фазы) научного познания

Из этой формулировки вскрываются **этапы познания (фазы), вырисовывается его ОБЩАЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ:**

- **1 этап - познание свойств и объекта как совокупности этих свойств.** Его составляет опыт, наблюдения (в том числе инструментальные), созерцание объекта, через взаимодействие с ним. Созерцание осуществляется через взаимодействие с ним субъекта, через отображение (изменение) свойствами объекта свойств субъекта, а фактически, через взаимное изменение их соразмерных свойств (относительность объекта и субъекта). Через прямое взаимодействие или через посредничество объектов-инструментариев взаимодействие косвенное. При

помощи инструментального опыта, мы в сравнении только с некоторыми познанными ранее свойствами опытного инструментария, **познаём только некоторые свойства объекта соразмерные свойствам инструментария. И не более того.** Ибо, каждый объект познания имеет различные свойства относительно нескольких субъектов, если субъекты относительно друг друга различны. (Пример, вольтметром мы можем познать лишь относительную разницу потенциалов, линейкой только длину, а весами лишь вес. Незрячий человек может отображать звуки, а не слышащий визуальные образы). **В этом подходе, на этом этапе проясняется относительность созерцания, наблюдения, опыта, относительность отображения и изменения.** В результате этого выясняются лишь некоторые свойства объекта соразмерные свойству субъекта и при взаимодействии (сопоставлении) выясняются относительные сравнительные величины этих свойств. **Вырисовывается объект познания - относительное целое, конечная совокупность определённых при помощи способов познания (в сравнении со свойствами субъекта познания) относительных свойств. Производится определение его относительной сравнительной характеристики (величины) его свойств и набора свойств. Перебирая (применяя) различные способы познания субъект определяет совокупность (набор) относительных им свойств - объект. При этом всегда останется непознаваемая часть свойств познаваемого объекта, которая не соразмерна свойствам познающего объекта (пустое множество неопределённых свойств).**

- **2 этап - применение способов познания объекта и общенаучных познанных ранее принципов.** При помощи анализа совокупности определённых свойств и их величины, производится подбор и применение корректных способов познания изменения объекта от изменения его свойств. Это этап применения познанных ранее методологий познания (средств математики, физики, логики, каких-то моделей, анализа, житейского опыта и т.п). **Цель 2-го этапа, цель применения способов познания - выяснение причинно-следственной зависимости изменения объекта (относительного целого) от изменения его свойств.** Логическая структура данного этапа называется теорией. В

способе познания производится фактическое моделирование (представление) объекта и выясняются (проясняются) причинно-следственные связи, выясняется изменчивость целого от изменения его отдельных свойств. В этом проявляется *относительность познания объекта способу его познания*. Производится **определение причинно-следственной зависимости (размерности, природы) объекта познания**. Производится формулирование причинно-следственной зависимости целого от его свойств - **формулируется закон природы** познаваемого объекта. Это этап познания относительной истины, относительной сути объекта, обусловленной относительностью и конечностью свойств субъекта, конечностью и относительностью свойств способов познания. По этой причине и **суть (истина) в зависимости от способа познания вырисовывается относительная**.

- **3 этап - Формулирование понятия**. На основании анализа усвоения (обработки) результатов предыдущих этапов производится **формулирование научного понятия объекта познания - как конечной относительной совокупности свойств**, определённых соответствующими способами познания, и зависимостью объекта познания, как относительного целого, от изменения этих свойств. При таком подходе, **понятие должно характеризовать относительную природу и относительную величину познанного объекта, быть структурно определённым**. Это понятие становится **базисным** для дальнейшего познания. Таким образом, **сформулированное по единой методологии понятие, становится научным "кирпичиком" в дальнейшем познании мироздания**.

Таким образом, в процессе познания выстраивается расширяющаяся пирамида понятий познаваемой части природы, в которой каждое понятие является относительно первообразным, относительно последующих производных понятий. Понятие, становится конечной совокупностью относительных свойств и причинно-следственной зависимостью объекта-понятия от этих свойств, определённого при помощи конкретного способа познания. **Все этапы познания проводятся на основе научно обоснованных принципов корректного познания и базисных для данного, познанных ранее понятий**. Выстраивается общая методология. В этом и заключается

ответ на вопрос: **Что есть познание? Каковы его этапы?** А далее, идёт непрерывный процесс чередования конечных познаваемых дискретных состояний. Процесс познания природы приобретает причинно-следственное понимание изменения объектов от изменяющихся свойств. **Бесконечный процесс познания становится процессом чередования конечных, познаваемых его состояний.**

Именно в потере такого относительного подхода лежат истоки кризисных явлений современного естествознания, кризис общей методологии познания и методологии формирования понятий, кроется беспринципность методологии и безотносительность понятий. По этой причине в науке и быту «живут и размножаются» безотносительные непознаваемые в принципе понятия, не имеющие сравнительного эталона, а значит и относительной величины. Такие понятия как например, в математике: **бесконечность** (при этом, она **цинично употребляется для вычисления относительных конечных величин**); **беспредельность** (при этом, предел есть в математике понятие конечное); **неопределённости** (при этом степень неопределённости есть величина определённая и конечная); **производная функции с её узким геометрическим и «псевдофизическим» смыслом мгновенных понятий; пределом функции; устремлением к нулю или в бесконечность; порядком нуля; делителями нуля.** В теологии - душа. В теории денег - виртуальные деньги (суррогаты), в теории стоимости - нематериальные активы. В теории права - народ, власть, явная **несоразмерность и пр.** Пренебрежение принципами познания плодит лжетеории, в которых теряется причинно-следственный относительный подход.

1.2. Развитие взглядов на познание

Необходимость ориентирования в реальном мире обусловила специфическую деятельность человека - **познание**, которое **заключается в приобретении и расширении адекватных сведений об окружающем мире.** Проблемы познания рассматриваются гносеологией (греч. gnosis - знание, logos - слово, учение). В современной литературе применяется также термин эпистемология (греч. episteme - знание). Последним чаще обозначают теорию научного познания. И хотя понятие “теория познания” сравнительно недавнее приобретение нуки (введено шотландским философом Дж.

Феррером в 1854 г.), собственно проблема познания возникла еще в античный период. Исторически **гносеология** развивалась в тесной связи с другими разделами знания - **онтологией, антропологией, аксиологией, моралью и др.** Так, в эпоху античности и средневековья вопросы познания, как правило, рассматривались с позиций определенной онтологической концепции, установки. **Платон сущность познания определял как “припоминание” бессмертной души** (А.Кононюк предлагает вместо понятия «бессмертная душа» использовать понятие «эксклюзивный (вечный) природный код живого существа», который присущ не только человеку, но и всему живому во Вселенной) о своем инобытии в мире идей. В средневековье ведущей стороной познавательной деятельности утверждалась интерпретация священных текстов (экзегетика) как все более глубокое постижение воли творца - Бога. Познавательные отношения формировались исходя из некоторой онтологической картины мира, недостаточно рационально обоснованной, но, тем не менее, облаченной в статус непререкаемости.

Впоследствии, начиная с XVII века (Новое время) философы все чаще ставят под сомнение первенство онтологии над гносеологией, формируется новая познавательная установка. Декарт, Локк, Лейбниц, Беркли, Юм, Кант и другие усматривали основания познавательной деятельности в самих человеческих чувствах, разуме и во взаимоотношении между ними. Поэтому одной из главных задач гносеологии становится овладение “человеческой природой” (выражение Юма). В связи с этим **человекознание (антропология)** занимает существенное место в разрешении проблем теории познания. Эта ситуация в прошлом получила название “**коперниканского переворота**”, которое подчеркивало радикальность происходящих перемен в гносеологии.

Но, несмотря на внутреннюю связь с различными сторонами взаимодействия мира и человека, гносеология остается относительно самостоятельной частью общенаучного учения, решает свои специфические задачи. Главный вопрос теории познания - познаваем ли мир? В соответствии с ответом на него сложились две позиции: познавательно-реалистическая и агностическая. Агностицизм (проявляющийся в истории философии в форме скептицизма или критицизма) подвергает отрицанию (или сомнению) принципиальную познаваемость природной или социальной реальности. Крупнейшими представителями агностицизма XVIII века, оказавшими значительное

влияние на дальнейшее развитие науки, являются Д.Юм и И.Кант. Агностицизм Юма основывался на утверждении, согласно которому человек может судить о чем бы то ни было только на основании тех впечатлений, которые есть в его сознании, а выход за их границы является теоретически незаконным. В силу этого такие понятия, как “причина”, “материя” и другие не имеют объективного содержания, а являются продуктами наших впечатлений, привычек и т.д.

Кант критически относился к подобным взглядам. Но, доказывая возможность неограниченного и достоверного познания явлений, одновременно утверждал принципиальную непознаваемость сущности вещей, мира. Агностические идеи Канта в различной интерпретации были использованы последующими направлениями философии. К ним можно отнести: “физиологический идеализм” (И.Мюллер), “теорию символов” (Г.Гельмгольц, К.Пирсон), конвенционализм (А.Пуанкаре, К.Поппер) и другие.

Агностические концепции возникают в сфере науки, как отражение противоречивого характера процессов, протекающих в материальной и духовной реальности. Сторонники этих концепций подчеркивали сложность и неоднозначность познавательного процесса, выступали против безосновательного гносеологического оптимизма и тем самым внесли немалый вклад в развитие теории познания.

1.3. Познавательные способности человека

Познание осуществляется как переход от незнания к знанию, от знания менее глубокого к более глубокому, как движение к истине. Этот процесс содержит множество моментов, сторон, отношений, необходимо связанных друг с другом. **В основе познавательного процесса лежат способности сознания к чувственному и рациональному отражению действительности.** Эти две составляющие в реальном механизме отражения тесно взаимосвязаны. Так, например, выясняется, что в ряде случаев чувственное пронизывается и во многом определяется рациональным. И, напротив, рациональное зависит от чувственного образа, как это имеет место в смысловых конструкциях. Но, тем не менее, чувственное и абстрактное отражение имеют свои отличия и особенности.

Чувственное возникает в сознании человека в результате деятельности органов чувств и центральной нервной системы, в виде **ощущений, восприятий и представлений**.

Ощущение - это простейший чувственный образ, отражение отдельных свойств предмета. Так, например, в яблоке мы ощущаем определенный цвет, запах, вкус, твердость его структуры и т.д. Ощущения возникают под воздействием внешней по отношению к человеку среды на органы чувств. Внешние раздражители выступают в виде световых и звуковых волн, механического и химического воздействия и т.д. Многообразие ощущений выражает качественное многообразие мира. Ощущения являются предпосылкой восприятия, существуют как его разрозненные части, но и им присуща та или иная степень образности.

Восприятие связано с деятельным отношением человека к окружающему миру. В деятельности происходит выделение значимых предметов, явлений, процессов, которые воспринимаются как целостность различных качеств и свойств. Восприятие фиксирует целостный образ, его структуру, и по своему характеру оказывается *изоморфным* (греч. isos - равный, одинаковый; morphe - форма).

Представление - высшая форма чувственного отражения мира. Оно включает в себе все отмеченные стороны и моменты предшествующих форм и опирается на них. В реальном процессе “живого созерцания” **на чувства человека воздействует “калейдоскоп” предметов и явлений, которые различаются не только свойствами и качествами, но и длительностью своего продуцирования**. Но в сознании запечатленный образ не исчезает сразу и бесследно. Он сохраняется в памяти. При отсутствии непосредственной связи с реальностью возникает не только возможность действия механизма памяти, но и творческого воображения, комбинирования различными элементами. Представление элиминирует действительность, воспринимает укрупненные, обобщенные образы, лишенные второстепенных черт и качеств. Создается возможность расширения сферы непосредственного чувственного восприятия, вовлечения в него собственного и общественного чувственного опыта. ***Представление- это по сути дела промежуточное звено между восприятием и теоретическим мышлением.***

Итак, **представление** - это **образ** ранее воспринятого предмета или явления, а также образ, созданный продуктивным воображением; форма чувственного отражения в виде наглядно-образного знания.

Поскольку органы чувств - “исходный” пункт познавательной деятельности, возникает вопрос об их гносеологических возможностях. Ведь если они адекватно отражают окружающий мир, то, следовательно, это качество распространяется и на другие формы чувственного отражения (*восприятие и представление*). Важность этой проблемы подтверждается тем, что она имеет давнюю традицию в истории познания и связана с противоречивым отношением между здравым смыслом (наивный реализм) и научным знанием (критический, научный реализм). Суть ее заключается в том, что с позиции здравого смысла мы убеждены, что отражаем предметный мир таким, каким он и существует без человека (наблюдателя). А между тем, как утверждает наука, **запах розы суть лишь диффузии молекул определенных веществ в воздухе, что звуки и цвета - волновые процессы, заключающие в себе огромное число бесцветных и беззвучных микрочастиц.** Следует парадоксальный вывод: предметный мир вокруг нас бесцветен и беззвучен. Выходит, что чувства обманывают нас? Порождают иллюзию мира? В чем же тогда их гносеологическая ценность? Носит ли чувственное отражение объективный характер?

Рассматривая этот вопрос, необходимо исходить из того, что между ощущением и самим предметом существует несколько опосредующих звеньев, которые трансформируют воздействие, идущее от внешнего объекта. **Внешние воздействия в рецепторах превращаются из одного вида сигналов в другой, передаются в мозговые центры посредством нервных сигналов - импульсов, где перекодируются на “язык” нейродинамических отношений, подвергаются дальнейшей переработке.** В результате этих преобразований продукты деятельности органов чувств - ощущения - отличаются по качеству от отображенных свойств. Таким образом, ***ощущения, несмотря на то что они “преобразуют входной сигнал”, несут объективную информацию о свойствах предметов.***

Свойства предметов можно подразделить по своим проявлениям на два класса. Одни проявляются **внутренними отношениями предметов** и существуют независимо от акта ощущения. К ним относятся ***форма, объем, протяженность, плотность, число,***

движение. Другие не заключены в предметах и проявляются только лишь во взаимодействии с органами чувств индивида. К таким свойствам относится, например, *цвет, запах, звук*, т.е. они определяются внешним отношением предмета к другим предметам.

Эта ситуация была глубоко продумана Локком, который разработал **теорию о “первичных” и “вторичных” свойствах предметов.** Разумеется, многие положения Локка не выдержали проверки временем (например, противоположность между “вторичными” и “первичными” свойствами носит относительный характер), но как методологический принцип активно используется в современной теории познания. Локк избегал в своих теоретических построениях крайних выводов: он не сводил ощущение к знаку (естественному) и не пытался абсолютно отождествить свойство предмета и его ощущения. Подобной позиции придерживается и большинство ученых в настоящее время.

Сложность процесса чувственного отражения действительного мира не дает оснований отрицать объективность его содержания. В психологии и физиологии активно обсуждаются такие фундаментальные понятия как “образ”, “соответствие”, “подобие” и другие. Объективность наших ощущений проявляется тем, что **человек в целом удовлетворительно ориентируется в окружающем мире, что и обеспечивает сохранность вида и возможность его жизнедеятельности в многообразных формах.** Исследования ученых-естественников во все большей степени показывают, что **основой реального поля нашей жизни является взаимодействие микрочастиц.** Именно там формируются фундаментальные законы нашего бытия (А.Кононюк считает, что эти фундаментальные законы нашего бытия уже **сформированы ПРИРОДОЙ** и действие их **раскрывается в процессе** начала нашего материального бытия, развития и гибели нашего материального бытия) придающие ему целостность, всеобщую взаимозависимость, непредсказуемость. Может быть это имел в виду Демокрит, который утверждал, что видимая жизнь - это иллюзия, а истинное бытие - это “атомы и пустота”?

Рассматривая чувственную форму отражения, необходимо учитывать, что **субъект не просто природное существо, он социален** (это общество, различные социальные общности, индивид), а **объект познания - это часть природы, объективного мира, вовлеченная в сферу познавательно-практических отношений.**

Чувственные восприятия отдельных предметов недостаточны для познания действительности. Еще Гегель, подчеркивая это, образно говорил, что законы природы не начертаны на небесах. Для того, чтобы раскрыть существенные стороны явлений, их закономерности необходима работа мысли - *мышление*. Благодаря последнему происходит переход от непосредственных, чувственных данных об окружающем мире к опосредствованному знанию о сущности этих явлений, о законах их развития. **Мышление** - *высшая форма активного отражения объективной реальности, состоящая в целенаправленном, опосредствованном и обобщенном познании субъектом существенных связей и отношений предметов и явлений, в творческом созидании новых идей, в прогнозировании событий и действий.* **Мышление**, как уже отмечалось ранее, **функция высокоорганизованной формы материи - головного мозга**, сформировавшегося в процессе возникновения и становления общественного человека.

В основе перерастания чувственной (сенситивной) способности в новую, связанную с мышлением, лежит необходимость, вытекающая из практической трудовой деятельности. Усложняющийся характер взаимодействия природы и человека требовал все более глубоких представлений о мире, выходявших за рамки непосредственных восприятий предметов, явлений, процессов. Возникает абстракция как некоторая отвлеченность от конкретных предметов, ситуаций. Одни признаки этих предметов признаются более значимыми, нежели другие, происходит их **классификация, сопоставление, обобщение**. Эти, полученные в процессе деятельности знания, вовлекаются в новые **циклы целенаправленной деятельности**. Большое значение в развитии абстрактного мышления сыграл **язык**, как важнейший момент социального развития человека. Абстрактное мышление невозможно без языка, как сам язык без чувственного восприятия действительности. Основными формами логического мышления являются: **понятие, суждение, умозаключение**.

Понятие вообще - это мысль, охватывающая предмет или явление действительности в совокупности его общих и специфических черт. Понятиями, например, являются: атом, революция, бог, человек, космос, студент, роза и т.д. **Понятия образуют определенные системы знания, которые в теоретической форме отражают фрагменты, различные стороны окружающей нас действительности.** Например, физические понятия отражают физическое строение мира, материи, экономические понятия -

экономическую сторону человеческой деятельности. Каждая теория или учение - это свой, неповторимый взгляд на мир. Можно сказать, в определенном смысле, что **понятия есть ни что иное, как язык той или иной теории, которые нельзя смешивать.** Нарушения “языковых” границ, что не раз происходило в истории науки, приводит к путанице и ложным выводам. Поэтому **ясность, недвусмысленность понятий является требованием любой теории.** В случае заимствования какого-либо понятия, что является довольно частым явлением в практике познания, его содержание должно быть оговорено и уточнено. **Понятия** изменяются, наполняются новым содержанием по мере развития **познания об окружающем мире и могут выражаться одним словом, несколькими словами или даже группой слов** (утро, солнечное утро, Сократ есть человек, Киев - столица Украины и т.д.).

Понятия, относящиеся к теории познания, отличаются от остальных тем, что они охватывают предельно широкие, предельно общие сферы окружающего мира. Содержание этих понятий включает в себе совокупный интеллектуальный опыт человечества, накопленный в искусстве, мифологии, религии, науке, истории развития мысли, который и позволяет сознанию преодолеть эмпирическую, сенсуалистскую данность, глубоко понять бесконечность мира природы и человека.

Основополагающими понятиями теории познания являются - бытие, материя, сознание. Являясь предельно отвлеченными абстракциями, они (бытие, материя, сознание), во-первых, характеризуют качественный уровень развития предметно-практической и духовной деятельности и, во-вторых, служат основанием для самых общих, основополагающих целей человеческой деятельности. Таким образом, понятия теории познания, являясь инструментами познания, определяют мощь разума, его творческие возможности.

Под **суждением** в логике по традиции понимается мысль, утверждающая или отрицающая нечто по отношению к какому-либо объекту: “Товар имеет стоимость”, “Рынок мудрее любого правительства”, “Это предприятие нерентабельно”. Как нетрудно заметить, суждение предполагает наличие определенных понятий, между которыми устанавливается связь. Но, в свою очередь, понятие возникает в результате одного или нескольких суждений.

Умозаключение - это процесс выведения одних суждений (заключений) из других (посылок), определенная система суждений. Например:

Все люди - смертны;

Сократ - человек;

Следовательно, Сократ смертен.

Понятия, суждения и умозаключения составляют абстрактно-мысленную способность человека, взаимно связаны друг с другом, являются моментами единого процесса мышления.

Существенными сторонами абстрактного мышления являются способность к отражению общего, существенного и на основе этого конструирование идеальных объектов, опосредственное (через чувства, устройства, умозаключения) познание действительности.

В соответствии с чувственной и рациональной сторонами выделяются различные уровни знания: **эмпирический и теоретический, абстрактный и конкретный.**

Эмпирический уровень характеризуется тем, что его содержание получено из опыта (эксперименты, наблюдения) и выражено определенным языком. Несмотря на то, что результат этого опыта подвергнут некоторой рациональной обработке, отношения и связи, которые выражены эмпирическим знанием, доступны чувственному отражению. Возможности эмпирического познания достаточно велики, даже в области изучения элементарных частиц. По фотографии следов движения частиц в камере Вильсона делается вывод о их свойствах, зарядах, массе, энергии и т.д. **Эмпирические исследования готовят предпосылки для глубоких теоретических исследований.** В этом отношении **научные исследования подразделяются на экспериментальные и фундаментальные.**

Теоретическое познание отражает предмет не только со стороны связей и отношений, полученных экспериментальным путем, но и полученных в результате деятельности абстрактного мышления. Чувственное в теоретическом мышлении выступает как исходный

пункт исследования и как определенная знаковая система, выражающая содержание той или иной теории. Теоретическое знание далеко выходит за рамки чувственного опыта и нередко вступает с ними в противоречие. Так, например, гелиоцентрическая система Н.Коперника противоречит чувственным данным, фиксирующим восход и заход солнца, т.е. движение солнца вокруг земли. Точно также и теория относительности Эйнштейна выявила парадоксальность пространственно-временного континуума с позиций здравого смысла. В обычные чувственные представления не “укладываются”, например, взаимодействия микрочастиц, процессы, происходящие в физическом вакууме и т.д.

Теоретическое и опытное знания тесно связаны друг с другом. Первое, опираясь на второе, выходит далеко за границы опыта, представляя ему новые неограниченные возможности дальнейших исследований. В целом сочетание опыта и теории способствует все более полному и глубокому познанию окружающего мира.

С точки зрения полноты представлений о предмете знание делится на **абстрактное и конкретное**. **Абстрактное знание** отражает предмет не полно, с одной (пусть даже существенной) или нескольких сторон. **Конкретное знание** отличается многосторонностью, целостным представлением о предмете. **Вектор движения любого знания есть восхождение от абстрактного к конкретному**. Примером такого восхождения являются, например, понятия “бытие”, “материя”, “сознание” и другие. Общие представления, скажем о рынке, являются абстрактными, но по мере рассмотрения их проявлений в различных странах, социально-экономических условиях, эти представления становятся все более целостными, многосторонними, т.е. конкретными.

Движение знания от абстрактного к конкретному на основе практической деятельности человека предполагает операции, связанные с **анализом и синтезом**. **Анализ** как бы расчленяет предмет, выявление на отдельные элементы, выявляет его особенности, структуру, содержание, различные стороны. **Синтез**, напротив, предполагает соединение различных сторон в единое, целостное. Синтетическая способность разума лежит в основе творческой деятельности, порождает новое знание в науке, творит неповторимые образы в искусстве.

В процессе познания наряду с рациональными процедурами участвуют и нерациональные. К таковым относятся **интуиция и творчество**. Эти явления хорошо известны с древности. Так, Платон считал творчество божественной способностью, особым видом безумия. Кант считал творчество уделом гения, доступным лишь великим пророкам, ученым или художникам. Большое внимание проблемам творчества уделяют экзистенциалисты, фрейдизм и другие. Творчество не носит антирационального характера. Означает выход за пределы обычного, традиционного, стандартного. Значимость творчества в культуре, науке, политике характеризуется принципиальной новизной полученного результата, соизмеряемого с потребностями и нуждами времени. **Интуиция** - это способность постижения истины без развернутого логического обоснования, в ее непосредственности как единство чувственного и рационального. Это своеобразный тип мышления, особый вид связи между функциональными структурами мозга, когда отдельные этапы развертывания мысли отчетливо не осознаются, но предельно ясно и отчетливо усматривается итог мысли - **истина**.

1.4. Теория истины

Проблема истины - центральная проблема теории познания. Наряду с такими понятиями как добро, красота, справедливость относится также и к мировоззрению, к фундаментальным характеристикам человеческого бытия.

В истории научного познания существует немалое количество определений истины. Это связано с различными подходами к ее трактовке в рамках различных школ и направлений. Наиболее характерные среди них: **“Истина - это соответствие знаний действительности”**; “Истина - это то, что просто и экономно описывает опыт” (эмпириокритицизм); “Истина - это знание, с которым все согласны” (конвенционализм); “Истина - это знание, ведущее к цели” (прагматизм).

Понимание истины как соответствия знания вещам (принцип корреспонденции) восходит к Аристотелю. Подобное понимание истины разделяли и развивали далее Ф.Бэкон, Спиноза, Гельвеций, Гольбах, Ломоносов, Фейербах и другие. Платон и христианские философы средневековья рассматривали истину как абсолютное и

неизменное свойство идеальных объектов (идеи, Бог). Немецкая классическая философия развивает понимание истины как согласие мышления с самим собой в результате диалектического развития. В.Соловьев понимал истину как безусловную действительность и безусловную разумность, воплощенную во всеединство. Современная философия рассматривает истину как внутренне согласованную систему, в рамках которой исследуются проблемы и соотношения логической и фактической истин, логического критерия, взаимоотношения объекта и субъекта, языка и другие.

Современную трактовку понятия «истина» можно сформулировать следующим образом: **“истина - это адекватное отражение объекта познающим субъектом, воспроизведение его таким, каким он существует сам по себе, вне и независимо от человека и его сознания”** или **“истина - это верное отражение объекта познающим субъектом, которое воспроизводит познаваемый объект так, как он существует сам по себе, вне сознания”**.

Истина фиксирует отношение между объектом познания и познаваемым объектом. Это отношение складывается в результате практической человеческой деятельности и является ее результатом. Поэтому **истина субъектна, т.е. она не существует вне и помимо деятельности людей.** Но одновременно она носит объективный характер, ибо ее содержание (правильность отражения человеческим сознанием реальности) не зависит от сознания человека и человечества.

Традиционно в теории познания обсуждались и обсуждаются такие понятия, как **“соответствие”, “действительность”**. Эти понятия играют существенную роль в определении истины. В зависимости от их содержания, определение истины приобретает различное звучание, иногда радикально отличных друг от друга.

Под соответствием в теории познания, чаще всего понимается верное адекватное отображение, которое конкретизируется через понятия изоморфизма (подобие) и гомоморфизма (сходство). Примером первого может служить отношение фотографии и оригинала, а второго - топографической карты и местности. В познавательных ситуациях эти отношения выступают в самых различных сочетаниях. **Под действительностью понимается как**

объективная, существующая независимо от сознания человека, так и субъективная (в том числе и духовная) реальность.

Из объективного характера истины следует ее конкретность. Знания всегда зависят от характера и формы различных отношений, проявляющихся между предметами, явлениями и процессами, условий их осуществления. **Абстрактной истины нет, истина всегда конкретна.** Так, любой экономический постулат имеет истинную значимость только в рамках определенных социально-экономических условий, игнорирование которых ведет к заблуждению и откровенной лжи. Или еще. Объект и субъект существуют в определенном временном измерении. Изменение темпоральности также может превратить истину в свою противоположность.

Объективная истина - это не только неизменное, статичное, но также и динамичное образование; **истина - это процесс, который включает в себе самые различные качественные состояния.** В связи с этим возникает вопрос об основных формах объективной истины, которыми являются **абсолютная и относительная истины.**

Абсолютная истина как термин включает в себе несколько значений. Во-первых, он указывает на то, что характеризуемое знание, которое носит окончательный характер и не может измениться в течение последующей практики. Во-вторых, к абсолютной истине относятся истины фактов, существование которых бесспорно и очевидно. И, наконец, в третьих, под **абсолютной истиной** понимается **гносеологический идеал**, к которому стремится познание. В принципе, познать можно все, но реально это не осуществимо и поэтому в этом значении **абсолютная истина является вектором познавательной деятельности, направленной на бесконечность бытия.**

Относительная истина означает, прежде всего, неполное знание, ограниченное конкретно - историческими условиями познавательной деятельности. **Относительная истина - это часть абсолютной истины,** и в этом отношении она есть момент развития знания от неполного к более полному.

Относительная и абсолютная истины существуют в нераздельном единстве. Это единство определяется тем, что они объективны.

Взаимодействие между ними характеризует реальный познавательный процесс, его направленность, и наиболее общую структуру.

Движение истины, как и любое другое, содержит как моменты изменения, так и устойчивости. Абсолютизация этих моментов в одном случае (устойчивость) ведет к догматизму, в другом (изменение) - к релятивизму. Несмотря на противоположность, результат одинаков - уничтожается целостность истины как единства устойчиво - изменчивого, абсолютно - относительного.

Объективной истине противостоят заблуждения, ложь, дезинформация. **Ложь - это злонамеренная неправда.** Она глубоко укоренена в человеческую практику и служит средством в борьбе различных интересов, потребностей, намерений, которые определяются конкретно-историческими условиями существования людей. (По мнению А.Кононюка, **ложь** - это (как это не цинично) одна из защитных функций существования человека). Например, в детстве ребенок лжет, пытаясь избежать наказания за неблагоприятный поступок. Политические силы используют заведомую неправду в целях достижения определенных целей (захват власти, победа на выборах и т.д.).

Заблуждение относится к добросовестной неправде. Его существование связано с ситуацией, когда делаются выводы без наличия должного объема сведений по изучаемому вопросу. Такая ситуация довольно часто наблюдается в развитии научного знания. В процессе исследовательской деятельности высказываются гипотезы (предположительное гипотетическое знание), которые в дальнейшем могут быть подвержены и получить статус истины или быть опровергнутыми. В этом смысле заблуждения несут и некоторый положительный смысл, так как они активизируют творческий поиск, позволяют более конкретно сформулировать исследуемую проблему, глубже понять сущность рассматриваемой теории. Область гипотетического знания может быть охарактеризована как более или менее правдоподобная. Сфера вероятностного знания - питательная среда науки, промежуточная подвижная область, отделяющая знание от незнания.

Дезинформация состоит в особой технологии подачи реципиентам определенной информации. Сущностью является тенденциозность и

дозирование информации, так **называемая полуправда. Это наиболее изощренная целенаправленная ложь, ложь умолчанием.** Активно используется при манипулировании сознанием в идеологических, политических и иных интересах.

Каким же образом отделить истину от заблуждения, защитить ее от лжи? Существуют ли средства и методы, позволяющие достоверно оценить саму истину? В истории теории познания эта проблема связана с **поисками критерия истины**, т.е. того, что объективно удостоверяет истинность познания.

В античной философии таким критерием полагали разум, логику. Не случайно именно в этот период Аристотель сформулировал основные принципы выводного знания, которые легли в основу формальной логики. Эта философская традиция благополучно преодолела века и в современной философии развивается неопозитивизмом (теория когеренции). Истина выступает как согласие со знанием, устанавливаемого на основе формально-логического закона недопустимости противоречия. Но возникает вопрос: “На чем же основана истинность самих логических законов?”

Существовали философские направления, возлагавшие роль критерия истины на эмпирические наблюдения, опыт, ощущения и восприятия субъекта. Но, очевидно, что при всей своей значимости перечисленные феномены бессильны в оценке теоретических положений большой степени общности.

Некоторые философы считали необходимым обратиться к поиску таких отправных теоретических положений, которые были бы предельно достоверными, неоспоримыми, сходными с математическими аксиомами. Опираясь на них можно было бы вывести всю систему истинного знания. К наиболее выдающимся сторонникам подобного подхода принадлежал Р.Декарт. Но дальнейшее развитие науки, математического знания показали несостоятельность подобных намерений. Это особенно ярко проявилось на примере развития геометрии. Трудami выдающихся математиков Лобачевского и Римана было доказано, что постулаты Евклида, столетиями считавшимися абсолютно истинными, являются частным случаем более общей теории - “неевклидовой геометрии”.

Общий недостаток всех перечисленных попыток в том, что основу истинности пытались найти “внутри” самого знания. Знание само должно было доказать свою достоверность. Возникал замкнутый круг. Современная теория познания раскрывает несостоятельность попыток найти критерий истины, замыкаясь только лишь на субъекте. Встала задача выявить критерий, который бы не относился к знанию, но был бы с ним непосредственно связан и носил бы характер всеобщности, т.е. в одинаковой степени мог бы быть соотнесен как с эмпирическим, так и предельно абстрактным знанием. Таким феноменом оказалась деятельность людей, понятая как общественно- историческая практика.

Практика - это активная чувственно-предметная деятельность людей, направленная на преобразование реальной действительности. Именно в процессе преобразующей деятельности проверяет человек истинность своего мышления, соответствие своих представлений и знаний реальному положению вещей.

Не следует сводить роль практики как критерия истины к действию лакмусовой бумажки, которая с необходимостью в любой момент отличит кислоту от щелочи. Известны случаи, когда практика значительно отставала от развития знаний и была не в состоянии определить истинную значимость новых теоретических взглядов, концепций. И, напротив, практика может значительно опережать достижения теории.

Все это говорит об относительности критерия практики. Но свою ограниченность практика преодолевает в процессе развития. **Именно развивающаяся практика освобождает знание от всего неистинного, приближает его к новым постижениям и открытиям, способствующим все более глубокому познанию и преобразованию действительности.**

Термин "**эпистемология**" происходит от древнегреческого слова "эпистеме" (episteme - знание). **Эта часть теории познания изучает общие черты процесса познания и его результат - знание.**

Традиционно анализ знания входил как часть в теоретическую философию наряду с **учением о бытии - онтологией**. В классической новоевропейской философии этот анализ обычно осуществлялся в рамках общего учения о "человеческом разуме". Так это было у Декарта, Локка, Лейбница, Юма, Канта - великих философов, заложивших фундамент наших представлений о познании. С середины XIX в. эта часть философии стала пониматься как особая философская

дисциплина. Тогда ее обычно называли **гносеологией** (от древнегр. *gnosis* - гносис, познание) **или теорией познания**. В последние десятилетия чаще используется принятое в англоязычных странах слово **эпистемология**. **Каких-то особо глубоких причин для этих терминологических изменений не существует**. Они прежде всего отражают тот факт, что больше всего работ по теории знания пишут англоязычные философы. **Поэтому, если вы будете встречать любой из названных терминов, имейте в виду, что они обозначают примерно одну и ту же область философии.**

"Что я могу знать?" - так Иммануил Кант сформулировал общий вопрос (по мнению А.Кононюка, это есть общий **идеологический** вопрос теории познания), на который должна ответить теория познания. Этот вопрос при дальнейшем анализе разветвляется на множество других. Существуют ли бесспорные, абсолютно достоверные основания или источники знания? Если такие основания есть, то можно ли на них, как на фундаменте, строить системы истинного знания? Если же таких оснований нет, то как мы можем получить достоверное знание? Каковы основные формы человеческого знания? Можно ли найти критерии, позволяющие четко отграничить знание и спекулятивные построения? Существуют ли границы познания? Можем ли мы знать о состояниях сознания другого человека? Что такое истина и достижима ли она в человеческом познании? Эти и подобные им вопросы и являются предметом обсуждения в эпистемологии, т.е. в **общей теории знания**. **Эпистемология - это наука, которая изучает то, как мы получаем знание о разных предметах, каковы границы нашего знания, насколько достоверно или недостоверно человеческое знание**

1.5. Структура научного познания, его уровни и формы

Взятое в целом, научное познание включает в себя два основных уровня — эмпирический и теоретический. Хотя они и связаны, но различаются друг от друга, каждый из них имеет свою специфику. В чем она заключается? На эмпирическом уровне преобладает живое созерцание (чувственное познание); рациональный момент и его формы (суждения, понятия и др.) здесь присутствуют, но имеют подчиненное значение. Поэтому исследуемый объект отражается преимущественно со стороны своих внешних связей и проявлений, доступных живому созерцанию и выражающих внутренние отношения. **Любое научное исследование начинается со сбора, систематизации и обобщения фактов.** Понятие «факт» (от лат. *factorum* — сделанное, свершившееся) выражает некоторый **фрагмент действительности, или познания, знание о которых должно обладать достоверностью.** Сбор фактов, их первичное обобщение, **описание («протоколирование»)** наблюдаемых и экспериментальных данных, их систематизация, классификация и иная фактофиксирующая деятельность — **характерные признаки эмпирического познания.** Эмпирическое исследование направлено непосредственно (без промежуточных звеньев) на свой объект. Оно **осваивает его с помощью таких приемов и средств, как сравнение, наблюдение, измерение, эксперимент, анализ, индукция.** Теоретический уровень научного познания характеризуется преобладанием рационального момента и его форм (понятий, теорий, законов и других сторон мышления). Живое созерцание, чувственное познание здесь не устраняются, а становятся подчиненным (но очень важным) аспектом познавательного процесса. Теоретическое познание отражает явления и процессы со стороны их внутренних связей и закономерностей, постигаемых с помощью рациональной обработки данных эмпирического знания. Эта обработка осуществляется с помощью **систем абстракций «высшего порядка»,** таких как **понятия, умозаключения, законы, категории, принципы, проблемы, гипотезы, идеи** и т.п. Характерной чертой теоретического познания является его направленность на себя, внутринаучная рефлексия, т. е. исследование самого процесса познания, его форм, приемов, методов, понятийного аппарата и т.д. На основе теоретического объяснения и познанных законов осуществляется предсказание, научное предвидение будущего. Эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны, граница между ними условна и подвижна. В определен-

ных точках развития науки эмпирическое переходит в теоретическое и наоборот. Однако недопустимо абсолютизировать один из этих уровней в ущерб другому. Эмпиризм сводит научное знание как целое к эмпирическому его уровню, принижая или вовсе отвергая теоретическое познание. «Схоластическое теоретизирование» игнорирует значение эмпирических данных, отвергает необходимость всестороннего анализа фактов как источника и основы теоретических построений, отрывается от реальной жизни.

1.5.1. Проблема — гипотеза — теория.

Рассматривая теоретическое познание как высшую и наиболее развитую его форму, следует, прежде всего, определить его **структурные компоненты**. К числу основных из них относятся **проблема, гипотеза и теория**, выступающие, вместе с тем, как узловые моменты построения и развития знания на теоретическом его уровне.

Проблема — форма знания, содержанием которой является то, что еще не познано человеком, но что нужно познать. Иначе говоря, это знание о незнании, вопрос, возникший в ходе познания и требующий ответа. **Проблема не есть застывшая форма знания, а процесс**, включающий два основных момента (этапы движения познания) — ее **постановку и решение**. Правильное выведение проблемного знания из предшествующих фактов и обобщений, умение, верно, поставить проблему — необходимая предпосылка ее успешного решения. Научная проблема выражается в наличии противоречивой ситуации (выступающей в виде противоположных позиций), которая требует соответствующего разрешения. Определяющее влияние на способ постановки и решения проблемы имеет, во-первых, характер мышления той эпохи, в которую формулируется проблема, и, во-вторых, уровень знания о тех объектах, которых касается возникшая проблема. Каждой исторической эпохе свойственны свои характерные формы проблемных ситуаций. Научные проблемы следует отличать от ненаучных (псевдопроблем), например, «проблема» создания вечного двигателя. Решение какой-либо конкретной проблемы есть существенный момент развития знания, в ходе которого возникают новые проблемы, а также выдвигаются те или иные концептуальные идеи, в том числе и гипотезы. Наряду с теоретическими существуют и практические проблемы. **Гипотеза** — форма знания, содержащая предположение, сформулированное на основе ряда фактов, истинное значение которого неопределенно и нуждается в доказательстве. Говоря об

отношении гипотез к опыту, можно выделить три их типа:

1. Гипотезы, возникающие непосредственно для объяснения опыта;
2. Гипотезы, в формулирований которых опыт играет определенную, но не исключительную роль;
3. Гипотезы, возникающие на основе обобщения только предшествующих концептуальных построений.

В современной методологии термин «гипотеза» употребляется в двух основных значениях:

- **форма знания**, характеризующаяся проблематичностью и недоверенностью;

- **метод** развития научного знания.

Гипотетическое знание носит вероятный, а не достоверный характер и требует проверки, обоснования. В ходе доказательства выдвинутых гипотез одни из них становятся истинной теорией, другие видоизменяются, уточняются и конкретизируются, третьи отбрасываются, превращаются в заблуждение, если проверка дает отрицательный результат. Выдвижение новой гипотезы, как правило, опирается на результаты проверки старой даже в том случае, если эти результаты были отрицательными. Решающей проверкой истинности гипотезы является, в конечном счете, практика во всех своих формах, но определенную (вспомогательную) роль в доказательстве или опровержении гипотетического знания играет и логический (теоретический) критерий истины. **Проверенная и доказанная гипотеза переходит в разряд достоверных истин, становится научной теорией.**

Теория — наиболее развитая форма научного знания, дающая целостное отображение закономерных и существенных связей определенной области действительности. Любая теория — это целостная развивающаяся система истинного знания (включающая и элементы заблуждения), которая имеет сложную структуру и выполняет ряд функций. В современной методологии науки выделяют следующие **основные элементы теории**:

1. **Исходные основания** — фундаментальные понятия, принципы, законы, уравнения, аксиомы и т.п.
2. **Идеализированный объект** — абстрактная модель существенных свойств и связей изучаемых предметов (например, «абсолютно черное тело», «идеальный газ», «абсолютно твердое тело» и т.п.).
3. **Логика теории** — формальная, нацеленная на прояснение структуры готового знания, на описание его формальных связей и элементов, и диалектика — направленная на исследование взаимосвязи и развития

категорий, законов, принципов и других форм теоретического знания.

4. **Совокупность законов и утверждений**, выведенных из основоположений данной теории в соответствии с определенными принципами.

5. **Научные установки**, ценностные, социокультурные основания.

Ключевой элемент теории — закон, поэтому ее можно рассматривать как **систему законов**, выражающих сущность изучаемого объекта во всей его целостности и конкретности.

К числу основных **функций теории** можно отнести следующие:

1. **Синтетическая** — любая теория объединяет, синтезирует отдельные достоверные знания в единую, целостную **систему**.

2. **Объяснительная** — на основе познанных объективных законов теория объясняет явления своей предметной области. А именно: выявляет причинные и иные зависимости, многообразие связей данного явления, его существенные характеристики и свойства, его происхождение и развитие, систему его противоречий и т.п.

3. **Методологическая** — теория является средством достижения нового знания во всех его формах. На ее базе формулируются многообразные методы, способы и приемы исследовательской деятельности.

4. **Предсказательная** — на основании теоретических представлений о наличном состоянии известных явлений делаются выводы о существовании неизвестных ранее **фактов, объектов или их свойств, связей между явлениями** и т.д. Предсказание о будущем состоянии явлений (в отличие от тех, которые существуют, но пока не выявлены) называют **научным предвидением**.

5. **Практическая** — конечное предназначение любой теории — быть воплощенной в практику, быть «руководством к действию» по изменению реальной действительности. Поэтому вполне справедливо утверждение о том, что **нет ничего практичнее, чем хорошая теория**. Таким образом, **теория (независимо от своего типа) имеет следующие основные особенности:**

1. **Теория — это не отдельно взятые научные положения, а их совокупность, целостная органическая развивающаяся система**. Объединение знания в теорию производится, прежде всего, самим предметом исследования, его закономерностями.

2. **Не всякая совокупность положений об изучаемом предмете является теорией**. Чтобы превратиться в теорию, знание должно достигнуть в своем развитии определенной степени зрелости. А именно: когда оно не просто описывает определенную совокупность фактов, но и объясняет их, т. е. когда знание вскрывает причины, противоречия и закономерности явлений.

3. Для теории обязательным является обоснование, доказательство входящих в нее положений: если нет обоснований, нет и теории.
4. Теоретическое знание должно стремиться к объяснению как можно более широкого круга явлений, к непрерывному углублению знаний о них.
5. Характер теории зависит от степени обоснованности ее определяющего начала, отражающего фундаментальную закономерность данного предмета.
6. Важную роль при выборе теорий играет степень их проверяемости: чем она выше, тем больше шансов выбрать хорошую и надежную теорию.

1.6. Системный анализ как база научного познания

Можно говорить о наступлении этапа научного, системно-междисциплинарного подхода к проблемам науки, образования, техники и технологии, этапа, концентрирующего внимание не только на вещественно-энергетических, но и на системно-междисциплинарных аспектах, построении и исследовании системно-информационной картины мира, о наступлении этапа системных парадигм.

Системный анализ, чьи основы являются достаточно древними, - все же сравнительно молодая наука (сравнима по возрасту, например, с кибернетикой). Хотя она и активно развивается, ее определяющие понятия и термины недостаточно формализованы (если это вообще возможно осуществить). **Системный анализ применяется в любой предметной области, включая в себя как частные, так и общие методы и процедуры исследования.**

Эта наука, как и любая другая, ставит своей целью исследование новых связей и отношений объектов и явлений. Но, тем не менее, основной проблемой нашей науки является исследование связей и отношений таким образом, чтобы изучаемые объекты стали бы более управляемыми, изучаемыми, а "вскрытый" в результате исследования механизм взаимодействия этих объектов - более применимым к другим

объектам и явлениям. **Задачи и принципы системного подхода не зависят от природы объектов и явлений.**

При изложении основ анализа, синтеза и моделирования систем возможны два основных подхода: **формальный и понятийно-содержательный**. **Формальный подход** использует формальный математический аппарат различного уровня строгости и общности (от простых соотношений до операторов, функторов, категорий, алгебр). **Понятийно-содержательный подход** - концентрируется на **основных понятиях, идеях, подходе, концепциях, возможностях, на основных методологических принципах**, использует "полуформальное" введение в суть рассматриваемых идей и понятий. Многие идеи и принципы системного анализа, хотя и более точны, строги на формальном языке изложения, тем не менее, сохраняют свою силу, актуальность, возможность эффективного использования и на содержательном языке. Необходимо отметить, что часто один удачный понятийный пример имеет большее значение для понимания этих принципов, чем строгие математические определения. Кроме того, фактор неопределенности в системном анализе ограничивает применимость строгих математических формулировок и выводов. Мы ниже будем придерживаться, в основном, содержательно-понятийного подхода, применяя там, где это будет признано необходимым, формальные определения и положения, **хотя отчетливо осознаем, что для изложения основ науки, претендующей на роль методологической, необходима высокая степень формализации, вплоть до создания аксиом**. Таким подходом мы хотим расширить и круг читателей, которым будет доступен и полезен излагаемый материал. Несмотря на содержательные формулировки и алгоритмические процедуры некоторых приводимых основных положений и фактов, они имеют в основе достаточно формальный фундамент.

Слово "система" (организм, строй, союз, целое, составленное из частей) возникло в Древней Греции около 2000 лет назад. Древние ученые (Аристотель, Демокрит, Платон и другие) рассматривали сложные тела, процессы и мифы мироздания как составленные из различных систем (например, атомов, метафор). Развитие астрономии (Коперник, Галилей, Ньютон и другие) позволило перейти к гелиоцентрической системе мира, к категориям типа "вещь и свойства", "целое и часть", "субстанция и атрибуты", "сходство и различие" и др. Далее развитие системного анализа происходит под

влиянием различных философских воззрений, теорий о структуре познания и возможности предсказания (Бэкон, Гегель, Ламберт, Кант, Фихте и другие). **В результате такого развития системный анализ выходит на позиции методологической науки.** Естествоиспытатели XIX-XX вв. (Богданов, Бергаланфи, Винер, Эшби, Цвикки и другие) не только актуализировали роль модельного мышления и моделей в естествознании, но и сформировали основные системообразующие принципы, принципы системности научного знания, "соединили" теорию открытых систем, философские принципы и достижения естествознания. Теория систем и системный анализ получили современное развитие под влиянием достижений как классических областей науки (математика, физика, химия, биология, история и др.), так и неклассических областей (синергетика, информатика, когнитология, теории нелинейной динамики и динамического хаоса, катастроф, нейроматематика, нейроинформатика и др.). Необходимо особо подчеркнуть влияние техники (с древнейших времен) и технологии (современности) на развитие системного анализа, в частности, на ее прикладную ветвь - системотехнику, на методологию проектирования сложных технических систем. Это влияние - взаимное: развитие техники и технологии обогащает системный анализ новыми методами, моделями, средами.

Эпоха зарождения основ системного анализа была характерна рассмотрением чаще всего систем физического или философского (гносеологического) происхождения. При этом постулат (Аристотеля): "Важность целого превышает важности его составляющих" сменился позже на новый постулат (Галилея): "Целое объясняется свойствами его составляющих".

Наибольший вклад в зарождение и развитие системного анализа, системного мышления внесли такие ученые, как Р. Декарт, Ф. Бэкон, И. Кант, И. Ньютон, Ф. Энгельс, А.И. Берг, А.А. Богданов, Н. Винер, Л. Бергаланфи, Ч. Дарвин, И. Пригожин, Э. Эшби, А.А. Ляпунов, Н.Н. Моисеев и другие. Идеи системного анализа развивали также А. Аверьянов, Р. Акофф, В. Афанасьев, Р. Абдеев, И. Блауберг, Н. Белов, Л. Бриллюэн, Н. Бусленко, В. Волкова, Д. Гвишиани, В. Геодакян, К. Гэйн, Дж. ван Гиг, А. Денисов, Е. Дубровский, В. Завадский, Ю. Климонтович, Д. Колесников, Э. Квейд, В. Кузьмин, О. Ланге, Е. Луценко, В. Лекторский, В. Лефевр, Ю. Либих, А. Малиновский, М. Месарович, В. Могилевский, К. Негойце, Н. Овчинников, С. Оптнер, Дж. Патерсон, Ф. Перегудов, Д. Поспелов, А. Рапопорт, Л. Растрегин,

С. Родин, Л. Розенблют, В. Садовский, В. Сегал, В. Симанков, Б. Советов, В. Солодовников, Ф. Тарасенко, К. Тимирязев, А. Уемов, Ю. Черняк, Г. Хакен, Дж. Холдейн, Г. Шустер, А. Шилейко, Г. Щедровицкий, Э. Юдин, С. Яковлев, С. Янг и многие другие.

Предметная область - раздел науки, изучающий предметные аспекты системных процессов и системные аспекты предметных процессов и явлений. Это определение можно считать системным определением предметной области.

Системный анализ - совокупность понятий, методов, процедур и технологий для изучения, описания, реализации явлений и процессов различной природы и характера, междисциплинарных проблем; это совокупность общих законов, методов, приемов исследования таких систем.

Системный анализ - методология исследования сложных, часто не вполне определенных проблем теории и практики.

Строго говоря, различают три ветви науки, изучающей системы:

1. **Системологию (теорию систем)** которая изучает теоретические аспекты и использует теоретические методы (теория информации, теория вероятностей, теория игр и др.);
2. **Системный анализ** (методологию, теорию и практику исследования систем), который исследует методологические, а часто и практические аспекты и использует практические методы (математическая статистика, исследование операций, программирование и др.);
3. **Системотехнику, системотехнологику** (практику и технологию проектирования и исследования систем).

За термин системотехнологика ответственность несет автор. Такое деление достаточно условно.

Общим у всех этих ветвей является **системный подход, системный принцип исследования** - рассмотрение изучаемой совокупности не как простой суммы составляющих (линейно взаимодействующих объектов), а как **совокупности линейных и нелинейных многоуровневых взаимодействующих объектов.**

Любую предметную область также можно определить как системную.

Пример. Информатика - наука, изучающая информационно-логические и алгоритмические аспекты системных процессов, системные аспекты информационных процессов. Это определение можно считать системным определением информатики.

Системный анализ тесно связан с **синергетикой**. **Синергетика** - междисциплинарная наука, исследующая общие идеи, методы и закономерности **организации** (изменения структуры, ее пространственно-временного усложнения) различных объектов и процессов, инварианты (неизменные сущности) этих процессов. "Синергический" в переводе означает "совместный, согласованно действующий". **Это теория возникновения новых качественных свойств, структур на макроскопическом уровне.**

Системный анализ тесно связан и с философией. Философия дает общие методы содержательного анализа, а системный анализ - общие методы формального, межпредметного анализа предметных областей, выявления и описания, изучения их системных инвариантов. Можно дать и философское определение системного анализа: системный анализ - это прикладная диалектика.

Системный анализ предоставляет к использованию в различных науках, системах следующие системные методы и процедуры:

1. абстрагирование и конкретизация;
2. анализ и синтез, индукция и дедукция;
3. формализация и конкретизация;
4. композиция и декомпозиция;
5. линеаризация и выделение нелинейных составляющих;
6. структурирование и реструктурирование;
7. макетирование;
8. реинжиниринг;
9. алгоритмизация;
10. моделирование и эксперимент;
11. программное управление и регулирование;
12. распознавание и идентификация;
13. кластеризация и классификация;

14. экспертное оценивание и тестирование;
15. верификация
16. и другие методы и процедуры.

Имеются следующие основные типы ресурсов в природе и в обществе.

1. **Вещество** - наиболее хорошо изученный ресурс, который в основном представлен таблицей Д.И. Менделеева достаточно полно и пополняется не так часто. Вещество выступает как отражение постоянства материи в природе, как **мера однородности материи.**
2. **Энергия** - не полностью изученный тип ресурсов, например, мы не владем управляемой термоядерной реакцией. Энергия выступает как **отражение изменчивости материи, переходов из одного вида в другой, как мера необратимости материи.**
3. **Информация** - мало изученный тип ресурсов. **Информация** выступает как **отражение порядка, структурированности материи, как мера порядка, самоорганизации материи (и социума).** Сейчас этим понятием мы обозначаем некоторые сообщения; ниже этому понятию мы посвятим более детальное обсуждение.
4. **Человек** - выступает как носитель интеллекта высшего уровня и является в экономическом, социальном, гуманитарном смысле важнейшим и уникальным ресурсом общества, рассматривается **как мера разума, интеллекта и целенаправленного действия, мера социального начала, высшей формы отражения материи (сознания).**
5. **Организация** (или **организованность**) выступает как форма ресурсов в социуме, группе, которая определяет его структуру, включая институты человеческого общества, его надстройки, **применяется как мера упорядоченности ресурсов.** Организация системы связана с наличием некоторых причинно-следственных связей в этой системе. Организация системы может иметь различные формы, например, биологическую, информационную, экологическую, экономическую, социальную, временную, пространственную, и она определяется причинно-следственными связями в материи и социуме.
6. **Пространство** - **мера протяженности материи (события), распределения ее (его) в окружающей среде.**

7. **Время - мера обратимости (необратимости) материи, событий.** Время неразрывно связано с изменениями действительности.

Можно говорить о различных **полях, в которые "помещен" человек**, - материальном, энергетическом, информационном, социальном, об их пространственных, ресурсных (материя, энергия, информация) и временных характеристиках.

Пример. Рассмотрим простую задачу - пойти утром на занятия в вуз. Эта часто решаемая студентом задача имеет все аспекты:

1. материальный, физический аспект - студенту необходимо переместить некоторую массу, например, учебников и тетрадей на нужное расстояние;
2. энергетический аспект - студенту необходимо иметь и затратить конкретное количество энергии на перемещение;
3. информационный аспект - необходима информация о маршруте движения и месторасположении вуза и ее нужно обрабатывать по пути своего движения;
4. человеческий аспект - перемещение, в частности, передвижение на автобусе невозможно без человека, например, без водителя автобуса;
5. организационный аспект - необходимы подходящие транспортные сети и маршруты, остановки и т.д.;
6. пространственный аспект - перемещение на определенное расстояние;
7. временной аспект - на данное перемещение будет затрачено время (за которое произойдут соответствующие **необратимые изменения в среде, в отношениях, в связях**).

Все типы ресурсов тесно связаны и сплетены. Более того, они невозможны друг без друга, актуализация одного из них ведет к актуализации другого.

Пример. При сжигании дров в печке выделяется тепловая энергия, тепловая энергия используется для приготовления пищи, пища используется для получения биологической энергии организма, биологическая энергия используется для получения информации (например, решения некоторой задачи), перемещения во времени и в

пространстве. Человек и во время сна расходует свою биологическую энергию на поддержание информационных процессов в организме; более того, сон - продукт таких процессов.

Социальная организация и активность людей совершенствует информационные ресурсы, процессы в обществе, последние, в свою очередь, совершенствуют производственные отношения.

Если классическое естествознание объясняет мир исходя из движения, взаимопревращений вещества и энергии, то сейчас реальный мир, объективная реальность могут быть объяснены лишь с учетом сопутствующих системных, и особенно системно-информационных и синергетических процессов.

Особый тип мышления - системный, присущий аналитику, который хочет не только понять суть процесса, явления, но и управлять им. Иногда его отождествляют с аналитическим мышлением, но это отождествление не полное. Аналитическим может быть склад ума, а системный подход есть методология, основанная на теории систем.

Предметное (предметно-ориентированное) мышление - это метод (принцип), с помощью которого можно целенаправленно (как правило, с целью изучения) выявить и актуализировать, познать причинно-следственные связи и закономерности в ряду частных и общих событий и явлений. Часто это методика и технология исследования систем.

Системное (системно-ориентированное) мышление - это метод (принцип), с помощью которого можно целенаправленно (как правило, с целью управления) выявить и актуализировать, познать причинно-следственные связи и закономерности в ряду общих и всеобщих событий и явлений. Часто это методология исследования систем.

При системном мышлении совокупность событий, явлений (которые могут состоять из различных составляющих элементов) актуализируется, исследуется как целое, как одно организованное по общим правилам событие, явление, поведение которого можно предсказать, прогнозировать (как правило) без выяснения не только поведения составляющих элементов, но и качества и количества их самих. **Пока не будет понятно, как функционирует или развивается**

система как целое, никакие знания о ее частях не дадут полной картины этого развития.

Пример. В соответствии с принципом системного мышления общество состоит из людей (и, разумеется, из общественных институтов). Каждый человек - также система (физиологическая, например). У человека, в свою очередь, существуют присущие ему как организму системы, например, система кровообращения. Когда люди взаимодействуют с другими людьми, образуются новые системы - семья, этнос и др. Это взаимодействие может происходить на уровне общественных институтов, отдельных людей (например, социальные взаимодействия) и даже отдельных систем кровообращения (например, при прямом переливании крови).

В соответствии с принципом системного подхода, каждая система влияет на другую систему. **Весь окружающий мир - взаимодействующие системы.** Цель системного анализа - выяснить эти взаимодействия, их потенциал и "направить их на службу человека".

Предметный аналитик (предметно-ориентированный или просто аналитик) - человек, профессионал, изучающий, описывающий некоторую предметную область, проблему в соответствии с принципами и методами, технологиями этой области. Это не означает "узкое" рассмотрение этой проблемы, хотя подобное часто встречается.

Системный (системно-ориентированный) аналитик - человек, профессионал высокого уровня (эксперт), изучающий, описывающий системы в соответствии с принципами системного подхода, анализа, т.е. **изучающий проблему комплексно**. Ему присущ особый склад ума, базирующийся на **мультизнаниях**, достаточно большом кругозоре и опыте, высоком уровне интуиции предвидения, умении принимать целесообразные ресурсообеспеченные решения. **Его основная задача - помочь предметному аналитику принять правильное (сообразующееся с другими системами, не "ухудшающее" их) решение при решении предметных проблем, выявление и изучение критериев эффективности их решения.**

Необходимые атрибуты системного анализа как научного знания:

1. наличие предметной сферы - системы и системные процедуры;
2. выявление, систематизация, описание общих свойств и атрибутов систем;
3. выявление и описание закономерностей и инвариантов в этих системах;
4. актуализация закономерностей для изучения систем, их поведения и связей с окружающей средой;
5. накопление, хранение, актуализация знаний о системах (коммуникативная функция).

Системный анализ базируется на ряде общих принципов, среди которых:

1. **принцип дедуктивной последовательности** - последовательного рассмотрения системы по этапам: от окружения и связей с целым до связей частей целого (см. этапы системного анализа подробнее ниже);
2. **принцип интегрированного рассмотрения** - каждая система должна быть неразъемна как целое даже при рассмотрении лишь отдельных подсистем системы;
3. **принцип согласования ресурсов и целей** рассмотрения, актуализации системы;
4. **принцип бесконфликтности** - отсутствия конфликтов между частями целого, приводящих к конфликту целей целого и части.

Системно в мире все: практика и практические действия, знание и процесс познания, окружающая среда и связи с ней (в ней). Системный анализ как методология научного познания структурирует все это, позволяя исследовать и выявлять инварианты (особенно скрытые) объектов, явлений и процессов различной природы, рассматривая их общее и различное, сложное и простое, целое и части.

Любая человеческая интеллектуальная деятельность обязана быть по своей сути системной деятельностью, предусматривающей использование совокупности взаимосвязанных системных процедур на пути от постановки задачи, целей, планирования ресурсов к нахождению и использованию решений.

Пример. Любое экономическое решение должно базироваться на фундаментальных принципах системного анализа, экономики, информатики, управления и учитывать поведение человека в социально-экономической среде, т.е. должно базироваться на рациональных, социально и экономически обоснованных нормах поведения в этой среде.

Неиспользование системного анализа не позволяет знаниям (закладываемым традиционным образованием) превращаться в умения и навыки их применения, в навыки ведения системной деятельности (построения и реализации целенаправленных, структурированных, обеспеченных ресурсами конструктивных процедур решения проблем). Системно мыслящий и действующий человек, как правило, прогнозирует и считается с результатами своей деятельности, соизмеряет свои **желания (цели)** и свои **возможности (ресурсы)** учитывает интересы окружающей среды, развивает интеллект, вырабатывает верное мировоззрение и правильное поведение в человеческих коллективах.

Окружающий нас мир бесконечен в пространстве и во времени; человек существует конечное время, располагая при реализации цели конечными ресурсами (материальными, энергетическими, информационными, людскими, организационными, пространственными и временными).

Противоречия между неограниченностью желания человека познать мир и ограниченной (ресурсами, неопределенностью) возможностью сделать это, между бесконечностью природы и конечностью ресурсов человечества, имеют много важных последствий, в том числе - **и для самого процесса познания человеком окружающего мира.** Одна из таких особенностей познания, которая позволяет постепенно, поэтапно разрешать эти противоречия: **использование аналитического и синтетического образа мышления,** т.е. разделения целого на части и представления сложного в виде совокупности более простых компонент, и наоборот, соединения простых и построения, таким образом, сложного. Это также относится и к индивидуальному мышлению, и к общественному сознанию, и ко всему знанию людей, и к самому процессу познания.

Пример. Аналитичность человеческого знания проявляется и в существовании различных наук, и в дифференциации наук, и в более

глубоком изучении все более узких вопросов, каждый из которых сам по себе и интересен, и важен, и необходим. Вместе с тем, столь же необходим и обратный процесс синтеза знаний. Так возникают "пограничные" науки - бионика, биохимия, синергетика и другие. Однако это лишь одна из форм синтеза. **Другая, более высокая форма синтетических знаний реализуется в науках о самых общих свойствах природы.** Философия выявляет и описывает общие свойства всех форм материи; математика изучает некоторые, но также всеобщие отношения. К числу синтетических наук относятся системный анализ, информатика, кибернетика и др., соединяющие формальные, технические, гуманитарные и прочие знания.

Итак, расчлененность мышления на анализ, синтез и взаимосвязь этих частей является очевидным признаком системности познания.

Процесс познания структурирует системы, окружающий нас мир. Все, что не познано в данный момент времени, образует "хаос в системе", который, будучи необъясним в рамках рассматриваемой теории, заставляет искать новые структуры, новую информацию, новые формы представления и описания знаний, приводит к появлению новых ветвей знания; **этот хаос также дает стимул и для развития умений и навыков исследователя.**

Системный подход к исследованию проблем, системный анализ - следствие научно-технической революции, а также необходимости решения ее проблем с помощью одинаковых подходов, методов, технологий. Такие проблемы возникают и в экономике, и в информатике, и в биологии, и в политике и т.д.

2. Основы общей методологии познания

Важнейшая черта, отличающая человека от всех других существ, состоит в том, что деятельность человека является целенаправленной. Конечно, отнюдь не каждый и далеко не всегда

представляет себе отдаленные результаты своей деятельности. Зато ближайшие цели, ради которых мы совершаем тот или иной поступок, бывают обычно каждому ясны и понятны. Действуя тем или иным образом, человек опирается на определенные знания. И наоборот, в процессе деятельности он исправляет и уточняет различные знания, а также вырабатывает новые. Как видим, знания и деятельность тесно связаны. Благодаря чему осуществляется эта связь? Она осуществляется с помощью правил, которые предписывают определенные действия в определенных условиях и говорят о том, в какой последовательности надо выполнять эти действия для достижения данной цели.

Совокупность упорядоченных правил, опирающихся на научные знания, называется методом (это греческое слово означает: путь, способ познания).

Если метод правилен, то и построенная на нем деятельность приводит к желанной цели. Поэтому и в науке, и на производстве, и в политике принято уделять большое внимание разработке, обоснованию и выбору надежных методов. В математике существуют различные вычислительные методы, педагогика разрабатывает методы обучения и воспитания, инженерные и технические науки — методы строительства зданий, мостов, конструирования машин, автоматических поточных линий и т. д.

Учение о методах деятельности и познания называется методологией.

Каждая наука, каждая специальная область человеческой деятельности имеют свою частную методологию, разрабатывающую и обосновывающую методы, пригодные для решения особого круга задач. Так, физическая методология обосновывает методы проведения экспериментов с ускорителями элементарных частиц, медицинская методология — методы диагностирования и лечения болезней и т. д.

В каком же отношении друг к другу находятся частные научные методы и общая методология познания и деятельности? Нам необходимо помнить, что общая теория познания служит основой мировоззрения. Обосновывая принципы, регулирующие отношение человека к миру, к другим людям и к обществу в целом, общая теория познания вместе с тем обосновывает и проясняет цели, которые ставит перед собой человечество на каждом этапе своего существования, а также вырабатывает, обосновывает и оправдывает самые общие нормы

и правила, которыми человек должен руководствоваться в своей деятельности, направленной на достижение этих целей. **Каждая специальная наука разрабатывает свою частную методологию экспериментального изучения природы.** Эксперимент над животными ставится иначе и преследует иные цели, чем экспериментальное изучение лунной поверхности с помощью лунохода. Но все эти эксперименты и частные методологии, которые их обосновывают и регулируют, были бы просто невозможны, если бы не было общенаучные методологической установки, утверждающей, что познать мир на основе одних лишь пассивных наблюдений невозможно и что для такого познания необходим активный научный эксперимент. Следовательно, *общая теория познания выполняет еще одну важную функцию — методологическую и является основой общей методологии деятельности и познания.* Эту роль не может выполнять никакая другая наука. Общая теория познания «вступает в соприкосновение и взаимодействие с действительным миром своего времени». Слова эти означают, что **общая теория познания, как основа мировоззрения и общей методологии определенным образом влияет на выработку целей человечества на каждом этапе его развития и на характер деятельности по достижению этих целей.**

Познакомившись с основным содержанием общей теории познания, её фундаментальными принципами и идеями, приступим к их более детальному рассмотрению. Мы начнем его с обсуждения первой стороны основного вопроса познания и его значения для формирования мировоззрения и для углубленного научного понимания актуальных проблем современности. С этой целью следует прежде всего выяснить смысл и значение исходных понятий и их определений,

2.1. Термины и определения основных понятий и категорий

2.1.1. Понятие и категория

Обсуждая какие-либо события личной или общественной жизни, размышляя над теми или иными проблемами, люди выражают свои намерения, желания, мысли при помощи понятий. В быту мы пользуемся понятиями: «ребенок», «квартира», «магазин», «обувь», «телевизор» и т.д. На производстве мы употребляем понятия: «станок»,

«производительность труда», «продукция» и т. п. Существуют и специальные научные понятия: «электрон», «химическая реакция» и т.д.

Каждое понятие выражается при помощи отдельного слова или группы слов, обозначающих те или иные предметы и процессы в окружающем нас мире. Эти предметы и процессы составляют значение понятия, а те **признаки**, которые описывают важнейшие свойства этих предметов и процессов и с помощью которых мы отличаем их от других явлений, **образуют смысл понятий**. Значением понятия «человек» является вся совокупность живущих людей, а его смысл передается выражением «разумное общественное существо, способное производить орудия труда и различные предметы при помощи других орудий труда».

Познание также пользуется своими особыми понятиями. Они называются *категориями познания*. Главное отличие категорий от других научных понятий, так же как и от понятий обыденной жизни, состоит в том, что категории имеют предельно широкое значение. Категории относятся ко всем явлениям окружающего нас мира. Так как *категории по своему значению являются наиболее широкими, всеобъемлющими и универсальными понятиями, выражающими всеобщие условия существования, движения и, развития явлений в природе, обществе и мышлении*, то все специальные науки, изучающие свои особые области, отдельные части природы, общественной жизни или мыслительной деятельности, должны опираться при разработке собственных понятий на категории.

Если те или иные понятия определены неточно, слишком узко или слишком широко, если их смысл расплывчат или неясен, то трудно установить и их значение. Такими понятиями нельзя пользоваться в научной, практической и общественной деятельности, так как это приводит к путанице и ошибкам. Для глубокого и верного понимания теории познания, необходимо в первую очередь определить и уточнить её категории. Важнейшими и наиболее широкими являются категории «действительность» и «бытие», «материя» и «сознание», с помощью которых формулируется и решается основной вопрос познания.

2.1.2 Категории «действительность» и «бытие»

Нам приходится жить, действовать, работать, бороться за достижение тех или иных целей, размышлять, страдать и радоваться в сложных условиях. Мы сталкиваемся при этом с самыми разными обстоятельствами, вещами и событиями, с поступками, намерениями, взглядами и замыслами других людей, с общественными движениями и неповторимыми личными переживаниями. Все это существует, имеет место, так или иначе действует на нас и в свою очередь может подвергаться воздействию с нашей стороны. **Совокупность всех вещей, обстоятельств, событий, поступков** и т. д., с которыми мы имеем дело, которые существуют в данный момент или в данном интервале времени и которые действуют на нас и подвергаются нашему воздействию, мы будем называть **состоянием**. Однако многие из вещей, обстоятельств, поступков, процессов и т. д. имели место и в прошлом, за годы, столетия и даже миллионы лет до того, как мы с ними столкнулись, и будут существовать через тысячи и миллионы лет после нас. Другие же возникли совсем недавно, могут просуществовать считанные мгновения и исчезнуть в ближайшем будущем. Чтобы разобраться в сложном устройстве того реального мира, в котором живёт человек, мы введем еще одно очень важное понятие — понятие «действительности», или «реальности», и будем рассматривать эти два термина как синонимы.

Действительность — это совокупность всех состояний в прошлом, настоящем и будущем. Она очень сложна и изменчива, так как состояния постоянно переходят друг в друга. Вещи, события и процессы в природе, поступки людей, государственные системы и личные переживания исчезают и возникают, иногда сохраняются на долгие времена, иногда оказываются мимолетными и почти не влияют на ход событий. Поэтому в самой **действительности** всегда имеют место **процессы возникновения, становления, существования и исчезновения**.

Очень важно понимать, что вещи, события, процессы бывают разного рода. Вещь, например алмазный кристалл, вкрапленный в горную породу, может существовать в действительности миллионы лет до появления первых людей, сохраниться до наших дней, и при этом мы можем ровным счетом ничего не знать о ней. **Она существует независимо от нас, вне нашего сознания.** Такого рода

действительность, охватывающую всё, что существует вне человеческого сознания, мы называем **объективной реальностью**.

Существует реальность, или действительность, и другого рода. Например, ученый-кристаллограф и химик-технолог могут ясно представить себе кристаллическую структуру алмаза, узнать, из каких атомов или ионов она состоит, какие между ними имеются связи и каковы те физико-химические и технологические процессы, с помощью которых можно изготовить искусственный алмаз, не существующий пока в природе, в действительности. Такой пока лишь придуманный, но ещё не созданный искусственный алмаз и такой находящийся в стадий замысла технологический процесс существуют, имеют место. **Им соответствует особое состояние нашего сознания, но они существуют, имеют место не в объективной реальности, а в нашем сознании, мышлении, воображении, т.е. в субъективной реальности.**

Субъективная реальность — это продукт деятельности человека, точнее, его высокоразвитого сложного мозга. Иногда говорят про какое-то явление, например, про сказочных эльфов, гномов, Змея Горыныча, Бабу Ягу и т.д.: «Ничего этого нет, это лишь продукт воображения, это не существует в действительности». Такие выражения но меньшей мере неверны, неточны, хотя смысл их вполне понятен. На самом деле произносящие их люди хотят сказать, что эльфов, гномов, Змея Горыныча, Бабы Яги или каких-то событий, описанных в научно-фантастических романах, не существует в объективной реальности, к которой относятся, например, наша планета Земля, то здание, в котором мы находимся в данный момент, окружающая нас мебель и т. д. И в этом смысле подобное выражение правильно. Но правильно и то, что перечисленные сказочные персонажи и события существуют в нашем сознании, в нашем воображении и могут так или иначе влиять на наше поведение, на мир наших переживаний, оказывать воздействие на наше настроение и поступки и т. д. **Продукты деятельности нашего мозга — мысли, понятия, мнения, предрассудки, образы, научные и ненаучные знания — тоже имеют место и образуют особую действительность, которую в теории познания называют субъективной реальностью.** Нужно лишь отчетливо уяснить, что все явления и процессы, охватываемые категорией «субъективная реальность», существуют не так и совсем не в том смысле, как вещи, процессы и события, охватываемые категорией «объективная реальность». **Явления и**

процессы, образующие субъективную реальность, существуют в нашем сознании, в человеческом мышлении. Но это отнюдь не означает, что их просто нет. Их существование иного рода, чем существование того, что относится к объективной реальности. Более того, создаваемая человеком субъективная реальность определенным образом связана с реальностью объективной, как и сам человек связан с окружающим его миром. Субъективная реальность выражается прежде всего в мыслях и образах, в научных знаниях и художественных замыслах и т. д. С помощью «чистой» мысли или воображаемого образа нельзя вбить гвоздь, перекрасить стены квартиры, создать автомобиль или компьютер. Но **мысли, образы, чувства и желания могут заставить человека действовать, двигаться, работать, бороться.** И тогда, взяв в руку молоток или малярную кисть, он может вбить гвоздь или покрасить стену, сконструировать автомобиль, задумать и построить компьютер. Таким образом, **объективная реальность, существующая вне человеческого сознания, и субъективная реальность, являющаяся его продуктом и существующая лишь в нём, несмотря на их серьёзное различие, находятся в тесном единстве, глубоко связаны, взаимодействуют и влияют друг на друга.** Эта глубинная связь их единства и взаимодействия, охватывающая все возможные состояния субъективной и объективной реальности, всю действительность в прошлом, настоящем и будущем, отражается и фиксируется категорией «бытие».

Бытие есть единство субъективной и объективной реальности. Особый смысл категории бытия состоит в том, что она говорит о «завязанности», «задействованности» человека в нашем мире, который без субъективной реальности, создаваемой человеком, был бы не столь полным, разнообразным и динамичным, ибо благодаря субъективной реальности и сама объективная реальность, и всё бытие наполняются новыми явлениями: техническими сооружениями, новыми ландшафтами, космическими устройствами и т.д., которых не было и не могло бы быть без активной деятельности человека, без субъективной реальности.

Теперь можно по-новому взглянуть и на основной вопрос теории познания. Задавая его, мы как бы спрашиваем, каково внутреннее устройство бытия, является ли связь между объективной и субъективной реальностью необходимой или случайной, закономерной или произвольной, какова мера ответственности человека за события, происходящие во всем сложном и многогранном бытии, и может ли он

разумно проектировать свое будущее, видеть свою перспективу с учетом собственного прошлого и всего предшествующего мирового развития. Чтобы ответить на эти вопросы, следует более детально обсудить **структуру бытия, законы его внутреннего развития**. Начнем с анализа категории «материя».

2.1.3. Что такое материя?

Слово «материя» многозначно. В быту им иногда пользуются для обозначения той или иной ткани. Иногда это слово употребляется иронически, когда, например, говорят, что кто-то любит порассуждать о «высоких материях». Каковы же познавательный смысл и значение понятия или категории «материя»?

Человека окружает множество самых различных вещей и процессов: животные и растения, различные машины и инструменты, химические соединения, произведения искусства, явления природы и т. д. Мы знаем, что все предметы состоят из молекул и атомов, а современная астрономия сообщает, что видимая Вселенная насчитывает сотни тысяч звезд, звездных туманностей и других небесных тел. На первый взгляд все это может показаться пестрым скоплением не связанных между собой предметов и явлений. Поэтому нередко мир представляется людям хаосом, сплетением случайных вещей и процессов, среди которых человек кажется затерянной в мире песчинкой. Однако у всех предметов и явлений, несмотря на их разнообразие, есть одна общая отличительная черта: *они существуют вне сознания человека и независимо от него*. Иными словами, **окружающие нас вещи и процессы представляют собой объективную действительность, или, что то же самое, объективную реальность.**

Таким образом, следует различать объективную реальность, существующую вне и независимо от человека, вне его сознания, и соответствующую познавательную категорию, то есть особое понятие, отражающее, обозначающее эту реальность. Их не следует путать, так же как не следует путать действительный автомобиль и понятие «автомобиль». В действительном автомобиле можно ездить; в понятии, которое находится в голове человека, ездить нельзя.

Выдающимся достижением диалектического материализма явилась выработка подлинно научного определения категории «материя». Вот это определение, которое дал В. И. Ленин: «Материя есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них». Из этого определения следует, что:

- 1) значение категории «материя» образует весь окружающий человека мир, всё, что не является сознанием и находится вне его;
- 2) смысл этой категории заключается в том, что единственным основным и важнейшим признаком любого материального предмета, свойства, отношения или процесса является их объективность, независимость от сознания;
- 3) категория «материя» применима не только к явлениям природы, но и к обществу, к общественным процессам и отношениям, происходящим и существующим вне сознания человека и независимо от него;
- 4) все материальные процессы и явления познаются человеком или отражаются в его сознании на основе ощущений, чувственного восприятия. При этом речь идет не только о тех предметах и явлениях, которые могут быть восприняты непосредственно — слухом, зрением, осязанием или обонянием человека, — но и о тех, для восприятия которых используются сложнейшие современные приборы: телескопы, микроскопы, радиолокаторы и т. д., как бы усиливающие мощь человеческих органов восприятия.

Субъективный идеализм вообще отрицает существование материального мира. Что же касается объективного идеализма, то он признает существование материи вне и независимо от человеческого сознания, но при этом утверждает, что материя вторична, производна по отношению к абсолютной идее, мировому духу или божественному замыслу, создавшему материальный мир. Принципиальное отличие диалектико-материалистического понимания материи от идеалистического заключается в том, что **материя признается существующей вне и независимо от человеческого сознания, вечной, несотворимой, неуничтожимой и бесконечной во времени и пространстве**. Именно поэтому сознание, которое не является вечным, зависит от материи, тогда как материя от сознания не зависит. В этом смысле сознание и является вторичным, производным.

Чтобы понять, какое исключительно важное значение имеет определение материи и каким выдающимся достижением в истории

философии было его создание, следует сравнить его с теми представлениями о материи и материальном мире, которые существовали до возникновения диалектического материализма.

2.1.4. Развитие взглядов на материю

Уже в глубокой древности люди задумывались над тем, из чего состоят окружающие предметы и есть ли у них единая основа. Свои догадки древнейшие философы античности строили на повседневном опыте и наблюдениях. Замечая, что вода необходима животным и людям, что море омывает берега суши, что давящий пресс выжимает из винограда влагу, Фалес из Милета (ок. 625 — ок. 547 до н. э.) провозгласил воду основой всех вещей. Его ученик Анаксимен (ок. 588 — ок. 525 до н.э.) считал такой основой воздух, а знаменитый Гераклит из Эфеса видел основу в огне, так как, по его мнению, небесным огнем являлось солнце. Впоследствии к этим элементам была присоединена земля. Считалось, что из четырех элементов состоят все вещи. Это и есть материя. Однако, по мнению Аристотеля, она пассивна, бесформенна, нужна особая сила, которая придает ей форму, подобно скульптору, создающему статую из бесформенного куска меди.

Левкипп (ок. 500 — ок. 440 до н.э.), Демокрит и их последователь Эпикур (341—270 до н.э.) считали основой мира незримые атомы. Но откуда люди узнают об их существовании? Философское знание доказательно. Чтобы подтвердить свою догадку об атомах, Демокрит рассуждал так. Обычно мы не видим пылинок в комнатном воздухе. Если же затемнить комнату шторой, оставив лишь узкую щель, то в солнечном луче, проникающем в комнату, можно увидеть мириадыдвигающихся без всякого внешнего толчка пылинок. **Атомы тоже нельзя увидеть, но с помощью «умственного зрения», или разума, их можно вообразить; они существуют вечно, им неотъемлемо присуще непрерывное движение.** Однако эти рассуждения античных атомистов оставались лишь догадкой вплоть до XX столетия.

Средневековая философия считала материальный мир продуктом божественного творения. Все материальное признавалось низменным и грешным, а потому недостойным внимания.

Только с развитием науки в XVII и XVIII веках вопрос о материальности мира снова стал в центр внимания философии. Поскольку ведущей научной дисциплиной этого времени была механика, то господствующим оказался механистический взгляд на материю. Французский философ Р. Декарт, английский физик И. Ньютон (1643—1727) и М. В. Ломоносов (1711—1765) считали основой материи движущиеся частицы — корпускулы, подобные крохотным твердым шарикам. Так как механика изучает перемещение и взаимодействие в пространстве различных веществ, движущихся по определённым линиям, то понятие «материя» полностью отождествлялось с понятием «вещество». **Поскольку вещество имеет постоянную массу, геометрическую форму, движется по определенным линиям, ограничено в пространстве, то эти же самые свойства стали приписывать и всей материи.** Таков был взгляд на материю метафизического и механистического материализма XVII—XVIII веков. В конце XIX — начале XX века в естествознании, особенно в физике, произошла революция, вызвавшая переворот в понимании материи. Были открыты совершенно новые, неизвестные ранее науке явления — **физические поля**. В настоящее время известны электромагнитные поля, гравитационные поля, ядерные поля и др. С их помощью удалось объяснить многие, казалось бы, разрозненные явления. Оказалось, например, что радиоволны и видимый свет — это потоки электромагнитных полей, обладающих различными энергиями. Такие частицы, как **нейтроны, не имеющие электрического заряда, и протоны, имеющие заряд, удерживаются в единстве внутри атомных ядер благодаря мощным полям, действующим на микроскопически малом расстоянии. Именно их энергия и высвобождается при атомных взрывах или при управляемых ядерных процессах, используемых в мирных целях.** Посредством гравитационных полей осуществляется притяжение планет и Солнца, других земных и небесных тел.

Физические поля не имеют массы покоя подобно частицам вещества, они не имеют геометрической формы, конечных размеров и не передвигаются по жестко определенным траекториям. Поэтому они не подпадают под старое механистическое понятие материи. После того как в XX веке было показано, что элементарные частицы при определенных условиях могут превращаться в поля, многие философы-идеалисты и некоторые физики, склонные к субъективному идеализму, стали утверждать, что материя исчезает, превращается в энергию, которая, по

их мнению, нематериальна, поскольку невещественна. В действительности речь идет не о том, что исчезает материя, а о том, что старое метафизическое понятие материи оказалось слишком узким. Оно было тесно связано с исторически ограниченным представлением о физическом строении мира. Поскольку понятие «материя» приравнивали к понятию «вещество», это мешало осознать, что **физические поля — особый вид материи**. Ведь, несмотря на свои удивительные особенности, они, так же как атомы и элементарные частицы, существуют вне сознания человека и независимо от него. Именно это и является единственным и вместе с тем решающим признаком, позволяющим ответить на вопрос, что материально, а что нематериально, то есть идеально. Телеграфный столб имеет массу, непроницаем для света и т. д. Его тень не имеет массы, к ней неприменимо понятие проницаемости. Тем не менее и столб, и тень материальны, поскольку существуют объективно.

Метафизическое и механистическое понятия материи были ограниченны и неверны ещё и потому, что их нельзя было применить за пределами механики и физики. Человеческое общество, общественные отношения невозможно охарактеризовать с помощью таких свойств, как масса, траектория, геометрическая форма, непроницаемость и т. д. Поэтому прежние понятия о материи и прежний материализм не могли быть распространены на общество и общественные процессы и, следовательно, не позволяли создать материалистическое понимание истории. А ведь именно общество и общественная жизнь интересуют человека в первую очередь, особенно в эпоху великих социальных преобразований, когда остро встает вопрос, с чего их нужно начинать: с материальных общественных отношений или с явлений духовной жизни.

2.1.5. Картина мира как объект познания

С изменением уровня познания мира по мере совершенствования науки меняются и представления о его строении. Эти представления отличаются от научных теорий большей устойчивостью, наглядностью, доступностью. Каждый человек имеет более или менее осознанное представление о том, каков окружающий его мир. Вся **совокупность таких устойчивых представлений, определяемых данным уровнем развития общественного производства, техники, науки, культуры и системы общественных отношений, образует картину мира**.

«Картина мира» — важная категория. В отличие от категории «материя», фиксирующей лишь объективную реальность и её основное свойство — независимость от человеческого сознания, **картина мира дает представление об устройстве, внутренней организации и развитии всего мира**, всего бытия, включая и человека. Поэтому естественнонаучное представление о строении мира, или естественнонаучная картина мира, соответствующая тому или иному уровню развития науки, и прежде всего астрономии, физики, химии, биологии, составляет лишь часть, лишь фрагмент более общей и фундаментальной категории «картина мира», лежащей в основании мировоззрения данной эпохи. В истории человеческой культуры картина мира постоянно менялась. На ранних этапах развития философии, когда она еще во многом зависела от религии и религиозно-мифологических представлений, картина мира была религиозно-философская. В новое время, и особенно в наши дни, в эпоху бурного научно-технического прогресса, это научно-философская картина. Но и она не является окончательной. С развитием науки, с новыми фундаментальными открытиями она будет развиваться, совершенствоваться и более или менее значительно видоизменяться. Какова же картина мира на сегодняшний день? Каково место в ней человека?

Античная картина мира основывалась на повседневных наблюдениях за движением небесных светил, за суточными и годовыми циклами жизни людей, животных и растений, за ритмом общественной и личной жизни. Великими достижениями древности были изобретение колеса и колесного транспорта, паруса и весел, лука и стрел, овладение земледелием и умением использовать огонь для бытовых и производственных нужд. Под влиянием этих наблюдений, открытий и изобретений складывалась и картина мира. Он представлялся гигантской сферой, в которой господствует круговращение (вспомните вращающееся колесо), циклическая смена и повторяемость событий. Не только небесные светила движутся по круговым орбитам, но и жизнь человека совершается как огромный жизненный цикл. Земля представляет собой диск или цилиндр, окруженный кольцом мировой реки — океана. Человек есть частица космоса, его своеобразное отражение — микрокосм. Он игрушка в руках богов и не является хозяином своей судьбы. Такой взгляд способствовал формированию трагического мироощущения, чувства зависимости человека от внешних природных и социальных сил. В этой картине мира человек действует, живет и страдает по сценарию,

созданному сверхъестественными силами. Он не властелин природы и даже не может распоряжаться своей собственной судьбой.

Под влиянием христианского мировоззрения, постепенного развития экономических отношений, основанных на торговле, медленного, но неуклонного подъема ремесленного производства и технических нововведений на протяжении всей эпохи средневековья медленно, но неуклонно менялась и картина мира. После изобретения ветряной и водяной мельницы и особенно механических часов в картине мира, сложившейся к концу средневековья, начали преобладать новые, механистические элементы. К концу эпохи Возрождения и к началу Нового времени (XVII—XVIII вв.) складывается и укрепляется механистическая картина мира. В её центре — и это хорошо прослеживается в трудах таких выдающихся ученых, как Ф. Бэкон (1561—1626), Р. Декарт, Б. Паскаль (1623—1662) и другие, — находится христианский бог, творец мира. Однако начиная с эпохи Возрождения его всё больше заслоняет фигура человека, которому отводится всё более значительная активная и творческая роль. Это отражало развитие нового, капиталистического производства, буржуазного общества и культуры. Центральной фигурой становится здесь активный предприниматель, коммерсант, авантюрист, путешественник, энергичный исследователь или изобретатель. Весь мир рисуется как огромный часовой механизм, созданный и заведенный богом, нодвигающийся по своим законам (Ф. Бэкон, Р. Декарт). Все отношения в природе, а отчасти и в обществе мыслители этой эпохи пытались представить в качестве связей и взаимодействий внутри гигантского механического агрегата. Мир состоит из различных частиц, в результате механического движения и сцепления которых возникают более сложные тела и процессы. Деятельность человека в этой картине мира, с одной стороны, жестко обусловлена объективными необходимыми механическими законами, а с другой — подчинена его собственным целям. Это весьма разнообразные цели: прибыль и власть — для представителей буржуазии, борьба против нищеты, бесправия и несправедливости — для эксплуатируемых и обездоленных. Жесткая природная необходимость, с одной стороны, как бы сталкивается со стремлением к человеческой свободе и справедливости — с другой. Механистическая картина мира, просуществовавшая до начала XX века, оказалась достаточно сложной и противоречивой.

Революция в естествознании конца XIX — начала XX века, вылившаяся в целую серию научных революций в химии, биологии, астрофизике, технике и т. д., внесла крупные изменения в механистическую картину мира. В первую очередь они коснулись представлений о физическом строении материи и взглядов на универсальный характер развития. Современная астрономия, космология и астрофизика внесли огромный вклад в общую композицию современной научной картины мира. Согласно современным взглядам, наша Вселенная возникла около 20 миллиардов лет назад в результате взрыва первоначального сгустка материи, существовавшего ничтожно малые доли секунды и обладавшего такой плотностью, при которой вся наша Галактика могла поместиться в булавочной головке. В результате так называемого Большого взрыва образовались первоначальные физические частицы и поля. Вселенная начала неуклонно расширяться. Радиус «видимой» Вселенной, то есть Вселенной, воспринимаемой с помощью радиотелескопов, составляет примерно 12,5 миллиарда световых лет (один световой год — расстояние, проходимое светом за год при условии, что за одну секунду он проходит в вакууме 300 тысяч километров). Звездные миры и галактические системы, насчитывающие миллиарды звезд и планет, продолжают удаляться друг от друга («разбегаться») со все возрастающей скоростью.

Все известные нам твердые, газообразные, жидкие тела состоят из молекул, а те в свою очередь из атомов. Атомы составлены из различных элементарных частиц, связанных физическими полями. Эти частицы согласно современным физическим теориям в свою очередь состоят из кварков, имеющих дробные электрические заряды. Высказывается мнение, что кварки также не являются последними кирпичиками мироздания. В настоящее время известны сотни различных физических частиц и множество различных видов физических полей. Одни из них очень устойчивы, другие существуют лишь доли секунды. В ходе эволюции Вселенной образовалось множество звездных систем с планетами. Наша Земля — одна из таких планет, однако в силу особых условий (наличие атмосферного кислорода, воды и т.д.) на ней несколько миллиардов лет назад возникли живые организмы. Сейчас и геохимическое и геофизическое её строение достаточно хорошо изучены. Известно также, что важнейшие наследственные особенности живых организмов передаются с помощью особых молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). В этих молекулах «записана» информация, во

многом предопределяющая жизнедеятельность и развитие организмов. Согласно современной эволюционной биологии, генетике, антропологии и исторической науке, человек возник как продукт эволюции живой природы. Вследствие развития производственной деятельности и совершенствования знаний он приобрёл возможность влиять на окружающую его природу. Сила его воздействия на природу и последствия этого так велики, что их можно сравнить с мощью геологического процесса. Благодаря научно-техническому прогрессу человек прорвался в космос. Космическое расселение человека в масштабах Солнечной системы — дело, по-видимому, не столь уж отдалённого будущего. Но помимо освоения природы и выхода в космическое пространство человек должен решить и свои собственные проблемы, устроить свои земные дела. С ними далеко не всё обстоит благополучно. Войны и революции, эпидемии и технические перегрузки, богатство и нищета, социальная несправедливость и самопожертвование ради помощи другим — таков далеко не полный перечень проблем, с которым сталкивается современное человечество. Если человек, как показывает современная картина мира, — закономерный продукт развития Вселенной, то спрашивается: существуют ли разумные существа в других её районах? Кто мы, люди? Случайная, чуть приметная точка на какой-то единичной линии развития или же одно из многочисленных звеньев в бесконечной последовательности разумных человекоподобных систем? Какую ответственность несём мы за породивший нас мир, за природу? Наступит ли лучшая, справедливая жизнь? И если наступит, то в силу каких закономерностей? Или же она возможна как результат нашей свободной воли, взаимной договоренности и согласия? Далеко не на все эти вопросы наука могут дать ответы. Но несомненно одно: современная научная картина мира несопоставимо сложнее и многограннее, чем античная или механистическая.

Современная картина мира включает в себя общие представления о развитии бытия, о взаимосвязи и взаимодействии объективной и субъективной реальности. Она показывает, что **в результате усложнения структуры и уровней организации материи из неживой природы возникает живая, а из этой последней — человек,** с его социальными, нравственными, политическими проблемами, противоречиями и запросами, с его исключительно сложным и динамичным сознанием. Назначение науки, рисующей эту картину, состоит не в том, что она единым махом решает все проблемы, сглаживает все острые углы, устраняет все противоречия, а

в том, что она выдвигает на передний план **задачу познания мира во всех его связях, по всем его многообразии**. Она выдвигает в качестве центральной методологической установки требование изучить все проявления, все формы бытия, взаимодействие субъективной и объективной реальности, а не только какой-то одной формы материи или сознания. Современная научная картина мира как бы очерчивает постоянно расширяющееся поле познания и деятельности человека, выявляет ту область, за которую он несёт ответственность перед собой и перед грядущими поколениями. Всё это требует рассматривать мир в единстве и целостности.

2.1.6. Материальное единство мира

Рассматривая развитие и изменение картины мира и опираясь на определение материи, можно сформулировать важный мировоззренческий и методологический вывод: ***миру присуще единство***. Что это означает? Прежде всего, что на основании современных естественнонаучных представлений о свойствах предметов, окружающих нас на Земле и за её пределами, в космосе, можно утверждать, что **все они имеют единое физико-химическое строение**. Иными словами, **любые материальные явления и процессы состоят из молекул, атомов, элементарных частиц и других видов вещества, а также самых различных физических полей**. Из этого следует, что **все материальные явления могут быть изучены, описаны и поняты человеком на основании науки, эксперимента и практики**, без привлечения каких-либо идеалистических и религиозных воззрений, без обращения к чему-либо таинственному, сверхъестественному.

Христианское мировоззрение также утверждает, что мир един, однако видит единство мира в том, что он создан богом по единому, непостижимому для человека замыслу. В действительности же ***подлинное единство мира состоит в его материальности***. Из этого следует, что единый объективный **мир есть взаимосвязанное целое, развивающееся по своим собственным законам**. Древний человек считал мир непознаваемым и хаотическим, таинственным и загадочным, потому что был слаб перед лицом слепых стихийных сил природы. Современный человек, вооруженный новейшей научной техникой, приборами и инструментами, уже не считает мир хаотичным и загадочным. Человек может познать материальный мир как единое

взаимосвязанное целое, может взаимодействовать с ним и преобразовывать его.

Вместе с тем единство мира не сводится лишь к единству его физико-химического строения. Живая природа не сводится просто и однозначно к молекулам, атомам, элементарным частицам, кваркам и различным физическим полям. Тем более нельзя свести к ним, или, как говорят учёные, редуцировать (от латинского *reductio* — возвращение, отодвигание назад) общественную жизнь и её носителя — человека, с его желаниями и замыслами, открытиями и заблуждениями, с его разнообразной и сложной культурой и созидательным творчеством. Включение человека и всех форм его жизнедеятельности в картину мира позволяет установить глубокое единство и взаимосвязь между ним и созданным им миром культуры, миром технических сооружений, городов и транспортных магистралей, с одной стороны, и миром живой и неживой природы — с другой. Это единство состоит в том, что бытиё, охватывающее все эти миры, постоянно развивается, усложняется, причём каждый новый уровень развития надстраивается над предыдущим, вырастает из него и вместе с тем создаёт нечто принципиально новое, не существовавшее ранее. Именно этот процесс позволяет проследить единство мира на всех стадиях его развития и усложнения — от физических частиц до живых организмов и человека. Исследование этого единства, углубленный анализ лежащих в его основе закономерностей — одна из важнейших специфических задач науки.

2.1.7. Система, структура, элемент

Говоря, что материальный мир един, мы подразумеваем, что все его части — от неодушевленных предметов до живых существ, от небесных тел до человеческого общества — так или иначе связаны. ***Все, что между собой определенным образом связано и подчинено соответствующим законам, называется системой.***

Уже в глубокой древности мыслители античности противопоставляли понятие «целое», или «система», понятию «хаос», или «беспорядок». Эти понятия чрезвычайно широко применимы и в обыденной жизни, и в технике, и в науке. Груды кирпичей, кучи цемента и лесоматериалов, наваленные на строительной площадке, могут быть расположены беспорядочно. Построенное из них здание, в

котором каждый кирпич прочно соединен с другими, каждая потолочная балка занимает строго определенное место, уже не хаос, а определенная система. **Системой является любое животное, а его отдельные органы, связанные и взаимодействующие друг с другом и обеспечивающие его жизнедеятельность, являются подсистемами, или частями, живого организма. Если эти связи разорвать и взаимодействие прекратить, организм погибнет.** Системой является крупный завод, а его цехи и производственные участки - это подсистемы, отдельные станки и рабочие — элементы заводской системы. Если связи, отношения и взаимодействия между цехами и участками нарушаются, то в деятельности всей системы наступает перебой. Сложной гигантской системой является и все современное общество, а общественные классы и группы, включенные в различные отношения.

Между частями и подсистемами данной системы могут быть различные отношения, связи и взаимодействия. ***Сходные, однотипные, устойчивые отношения, связи и взаимодействия называются структурой.*** Так как внутри одной и той же системы, особенно большой и сложной (например, внутри системы телефонной связи, транспортной системы, общественной системы и т. д.), может быть множество различных связей и отношений, то в ней можно выделить **целый ряд структур**. Такие **системы называются многоструктурными**. Например, в организме млекопитающих можно выделить структуру органов пищеварения, структуру нервной системы, структуру органов передвижения и т. д.

«Последней» клеточкой каждой системы, далее неразложимым (кирпичиком) являются элементы. У каждой системы — свои элементы. Очень важно понять, что **явление**, рассматриваемое как элемент, то есть как нечто неразложимое, в одной системе, при другом подходе само может оказаться сложной системой, имеющей свои элементы. Так, станок может считаться элементом заводской системы, а отдельная деталь — элементом самого станка, но неверно считать ее элементом завода. Точно так же человек — элемент общественной системы. В свою очередь, рассматривая человека как систему, мы можем считать его элементами отдельные органы или клеточки человеческого тела. Было бы, однако, грубой ошибкой рассматривать их в качестве элементов общества.

Понятия «система», «структура» и «элемент» получили особенно широкое распространение с середины XX века. Это объясняется тем, что наука и техника столкнулись с проблемами конструирования различных систем гигантской сложности и управления ими. Такие системы иногда включают миллиарды элементов, и для их изучения и управления ими требуются очень сложные и совершенные методы. Оказалось, что эти методы применимы не только к технике. Они стали широко применяться при управлении производством, космическими полетами, для научного управления обществом, для изучения систем связей и т. д. Было обнаружено, что понятия «система», «структура» и «элемент» являются очень широкими, практически универсальными. Это и позволяет отнести их к числу важнейших общенаучных понятий и категорий.

Материальный мир в целом представляет собой гигантскую сверхсложную систему, находящуюся в постоянном изменении, движении, развитии, которое подчинено некоторым общим объективным законам. Их-то и изучает общая теория познания, поскольку она является единственной наукой, рассматривающей отношение человека к миру в целом. Другие науки рассматривают и изучают отдельные подсистемы мира, например звездные туманности, живую природу, общество и т. д., и управляющие ими законы. Для того чтобы выяснить взаимосвязь изучаемых ими подсистем друг с другом и определить их место в мировой системе, эти науки должны опираться на общенаучные знания о мире, о материи и ее законах. Понимание того, что такое объективные законы, то есть законы, управляющие изменением, движением и развитием материального мира как целого и его отдельных подсистем, оказывается, таким образом, важнейшим условием научного познания мира. Без этого нельзя организовать и сознательную деятельность людей. А для понимания того, что такое закон, нам следует рассмотреть важнейшие категории диалектического материализма — «необходимость» и «случайность».

2.1.8. Необходимость и случайность

Если сильный порыв ветра срывает семена одуванчика, то они разлетаются в разные стороны, и место, на которое они упадут, нельзя заранее точно указать. В этом случае говорят, что такое место совершенно случайно. В то же время разлет семян одуванчика —

необходимое условие его существования. Не будь этого, данный растительный вид исчез бы с лица земли. Подобных примеров можно привести множество. В окружающем нас мире мы легко обнаруживаем ***кратковременные, непрочные, внешние, неустойчивые, быстро исчезающие связи и взаимодействия, без которых данное явление может существовать и развиваться.*** Их и называют ***случайными.*** Имеются, однако, в каждой системе, в каждом явлении связи, взаимодействия и отношения, элементы и подсистемы, ***без которых это явление не может существовать и развиваться. Их называют необходимыми.***

Понятия «необходимость» и «случайность» — важнейшие категории диалектического материализма. Они характеризуют объективные свойства любых материальных систем. Так как в мире существует бесконечное множество различных взаимодействующих объектов, то неверно говорить, как это делают многие идеалисты и метафизики, о какой-то одной-единственной необходимости. Множество различных необходимостей в природе и обществе постоянно пересекаются и взаимодействуют. Результатом этого взаимодействия и пересечения как раз и является случайность. Поэтому отрывать «необходимость» от «случайности», а тем более противопоставлять их друг другу неверно, недиалектично. **Случайность так же объективна и существует вне сознания человека, как и необходимость.** Между этими категориями имеется глубокая внутренняя связь. **В процессе развития и движения материи необходимость и случайность могут переходить друг в друга, как бы меняться местами.** То, что случайно в одном отношении и в одной системе, может стать необходимостью в другом отношении и в другой системе и наоборот. Таким образом, **необходимость всегда прокладывает себе дорогу и обнаруживается через случайность, а каждая случайность содержит в себе определенный момент необходимости.**

Метафизический метод отрывает друг от друга и противопоставляет случайные и необходимые процессы. Диалектический же метод в соответствии с современной наукой утверждает, что необходимо исследовать их связь. Только такой подход позволяет правильно понять и познать природу и общество. Поэтому неверно думать, что наука — враг случайности. Только ученый, внимательно изучающий каждое случайное явление, может обнаружить за скоплением случайностей глубокие устойчивые

необходимые связи. Для пояснения этой мысли приведем диалог между ученым и его ассистентом, демонстрирующий подлинно научный подход к случайным явлениям.

Ученый (рассматривая в прозрачном сосуде питательный бульон, в котором выращиваются микробы стрептококка). Мне кажется, что сосуд был плохо закрыт и туда что-то попало.

Ассистент. Простите, учитель, это совершенная случайность. Я исправлю ошибку.

Ученый. Я вижу, что в сплошь желтоватом растворе есть светлые капельки. Очевидно, там микробы погибли.

Ассистент. Давайте выльем этот раствор и сделаем новый. Эти капельки — чистая случайность.

Ученый. Мой друг, в мире нет «чистых» случайностей. Необходимо исследовать эти капельки под микроскопом и выяснить, чем они вызваны (рассматривает капли под микроскопом).

Ассистент. Что вы видите?

Ученый. В раствор попали споры плесневого грибка, который выделяет какое-то вещество, смертоносное для стрептококков.

Ассистент. Что же нам делать?

Ученый. Изучить это явление как можно внимательнее, и если окажется, что данное вещество с необходимостью выделяется плесневым грибом, то, быть может, мы создадим новое лекарство, способное бороться с болезнями, вызываемыми подобными микроорганизмами.

Так оно и случилось. Проникновение спор плесневого грибка в раствор с микроорганизмами было случайным, но выделение этим грибом особых веществ, губительных для микроорганизмов, являлось необходимым результатом жизнедеятельности грибка. Подобным образом был открыт пенициллин, первый в ряду многих антибиотиков,

которыми сейчас широко пользуются в медицине. Для нас здесь важно, что события, случайные в одном отношении, содержат необходимость в другом.

Правильное понимание взаимосвязи случайного и необходимого в общественном развитии — одно из важнейших условий сознательной деятельности людей и научного руководства обществом.

Тот, кто отрицает всякую роль случайности в развитии природы и общества, называется фаталистом (от лат. *fatalis* — роковой). Тот же, кто, наоборот, отрицает всякую необходимость и признает, что мир есть царство случайностей, хаоса, называется индетерминистом (от лат. *in* — не, *determinare* — определять). Индетерминизм отрицает любые устойчивые, постоянные упорядочивающие связи и отношения и делает человека беспомощным перед лицом окружающих событий. Фатализм и индетерминизм упрощенно и неверно отражают объективную действительность, выхватывая одни ее стороны, отрывают от других и противопоставляют им. Поэтому и тот и другой в корне несовместимы с диалектическим материализмом, с диалектическим методом.

Выяснив, что такое необходимость и случайность, мы можем перейти к обсуждению категории «закон».

2.1.9. Закон объективного мира

Слово «закон» многозначно. В юридических науках под законом имеют в виду особые нормы и правила, утвержденные государством и определяющие, что можно и нельзя делать в данном обществе и какие меры наказания применяются к их нарушителям. Говорят также о законах науки и законах объективного мира.

Законы объективного мира — это устойчивые, необходимые, внутренние связи и взаимодействия между различными явлениями и процессами материального мира. Такие связи имеются как в природе, так и в обществе. Рассмотрим два примера.

Изучая свойства газов, физики заметили, что объем газа изменяется в зависимости от его температуры. Ставя эксперименты с самыми различными газами в разных условиях, они обнаружили, что, чем выше температура, тем больше объем газа, а если газ сжимать, то его температура повышается. Эту зависимость удалось выразить в виде

математической формулы, которой теперь широко пользуются в науке и технике. На первый взгляд температура физической системы — газа и его объем никак не связаны. Однако экспериментально удалось доказать, что между ними существует глубокая внутренняя зависимость, устойчивая необходимая связь. Это и есть объективный закон данной физической системы.

А существуют ли законы, которым подчиняется наше сознание, мышление? Диалектический материализм отвечает на этот вопрос утвердительно. Мышление вторично, в отличие от материи оно существует не вечно, но, возникнув и развиваясь по определенным законам, оно и «работает» по своим особым законам. Эти законы изучаются логикой, диалектикой и теорией познания. То, о чем человек думает, какие предметы и явления он изучает и обсуждает, до некоторой степени зависит от его выбора, его воли и желания, но законы, которым подчиняется его познавательная деятельность и его мышление, не зависят от его воли. Они объективны и в общем одинаковы для всех людей. Они сами являются продуктом исторического развития. Если бы дело обстояло иначе, то люди просто не могли бы понимать друг друга, взаимодействовать и познавать мир, так как каждый руководствовался бы своими собственными законами мышления и познания, результаты его деятельности не имели бы никакого значения и смысла для других людей. Но вследствие того, что законы природы, общества и мышления объективны, они обладают общими сходными чертами. То общее, что присуще этим законам, и изучается философией. Отсюда следует, что, желая ориентироваться в окружающем мире, мы прежде всего должны стремиться под внешними, случайными, преходящими связями искать необходимое, устойчивое, постоянное, то есть закономерные связи соответствующей системы (Понятия «закон» и «закономерность» употребляются в этой книге как равнозначные, с той лишь разницей, что, говоря о закономерностях, мы обычно обращаем внимание на наличие ряда взаимосвязанных, взаимодействующих, дополняющих друг друга законов). Мы вправе поэтому считать, что категория «закон» отражает устойчивое, «спокойное» в явлениях. Познание и использование таких категорий, как «необходимость» и «закон», — результат долгого исторического развития человечества. «...Понятие закона, — писал В. И. Ленин, — есть одна из ступеней познания человеком *единства и связи*, взаимозависимости и цельности мирового процесса». Отрицание закономерного характера материального мира сразу же приводит к агностицизму и субъективному идеализму. Тем, кто отрицает объективные закономерности мира как важнейшую черту всех

материальных систем, остается думать только одно, что разговоры об объективных законах — продукт нашего «Я», а отсюда недалеко и до солипсизма, до полного отрицания какого-либо порядка в мире и даже существования самого этого мира.

Не означает ли признание объективных законов, что человек не в состоянии что-либо изменить в окружающей его природе и обществе? Не означает ли это признание пассивности человека? Отнюдь нет. **В мире существует неограниченное разнообразие самых различных явлений и процессов. Все они подчиняются различным объективным законам и закономерностям. Люди не могут по своему желанию переделать или «отменить» эти законы, но, безусловно, могут познать их, понять, в каких условиях они действуют, и, опираясь на познанные законы, в большей или меньшей степени преобразовать данные условия.** Притом люди в состоянии противодействовать одним законам, точнее, их следствиям, опираясь на другие законы. Так, согласно закону всемирного тяготения, летательные аппараты тяжелее воздуха должны были бы упасть на землю, но, опираясь на познанные законы механики и аэродинамики, люди научились не только летать на самолетах, но и запускать космические корабли. Это произошло не потому, что были отменены какие-либо законы, но, напротив, потому, что люди их познали и научились действовать, опираясь на познанные законы и используя их в своих целях. То же самое происходит и с законами природы, и с законами общественной жизни

Любая закономерность, включающая в себя момент необходимости, как мы знаем, прокладывает себе дорогу через множество случайностей.

Познание законов объективного мира — высшая цель науки общая теория познания. Сознательная, активная творческая деятельность человека по преобразованию мира может быть успешной лишь при условии, что она опирается на познание его объективных законов. Вот почему учение о материальности мира и об отношении к нему человека неотделимо от учения об объективных законах и закономерном характере происходящих в нем изменений, различных видов движения и развития.

2.2. Движение, время и пространство

2.2.1. Материя и движение

Совершая различные поступки и наблюдая окружающий мир, мы замечаем, что одни предметы изменяются, перемещаются в пространстве, меняют цвет, вкус, форму, химический состав и т. д., другие же покоятся, остаются неизменными, сохраняют форму, цвет и внутреннее строение. Поэтому уже античные философы высказали две противоположные точки зрения. Согласно одной из них, движение — неотъемлемое свойство мира в целом. «Все течет, все изменяется», — утверждал Гераклит Эфесский, поэтому «нельзя дважды войти в одну и ту же реку». Его продолжатель Кратил (кон. V в. — нач. IV в. до н. э.) довел это положение до крайности. «Даже один раз нельзя вступить в одну и ту же реку», — утверждал он. Мир настолько подвижен и изменчив, считал он, что человек в своей деятельности и познании не может опираться ни на что прочное, устойчивое. Из этого субъективные идеалисты и в древности, и в наши дни делали вывод, что знания людей о внешнем мире ненадежны, а сам внешний мир — лишь наша иллюзия, поскольку не может существовать объективно то, что неустойчиво, что все время изменяется и превращается в нечто другое.

Сторонники другой точки зрения, соглашаясь с тем, что внешний мир, движение — это иллюзия, утверждали, что существует некий объективный, не зависящий от человека, неподвижный, неизменный и вечный мир. Для идеалистов, примыкавших к Платону, основой этого мира было вечное царство неизменных идей. Для элеатов (от города Элея, где они жили) неизменная и неподвижная основа мира — это вечное, неизменное, равное себе бытие. Обе точки зрения сходились в одном: они полностью отрывали движение от покоя, противопоставляли их друг другу и лишали человека возможности ответить на вопрос: может ли он в своей деятельности, сталкиваясь с подвижными, изменяющимися вещами, опираться на что-либо прочное, надежное, например на объективные законы материального мира? **Противопоставление и отрыв движения и покоя — основная черта метафизического метода. Тот, кто его придерживается, рано или поздно должен прийти к выводу, что не существует самой материи. Именно к этому выводу и пришли в**

конце XIX и начале XX века субъективные идеалисты, называвшиеся махистами (по имени основоположника этого направления австрийского философа и физика Э. Маха (1838—1916) и утверждавшие, что материя исчезает, превращаясь в энергию, а энергия — это чистое движение без всякой материи. Выступив с резкой критикой махистов, В. И. Ленин показал, что энергия так же материальна, как и вещество; она существует объективно, вне сознания человека. Нет материи без движения и движения без материи, утверждал он. Этот вывод получил полное подтверждение в развитии современной физики. Взаимное превращение энергии и вещества подтвердило положение В. И. Ленина о том, что «в мире нет ничего, кроме движущейся материи». Так что же такое движение?

Категория «движение» отражает любые изменения, происходящие прежде всего в объективном мире. «Движение, в применении к материи, — это изменение вообще», — отмечал Ф. Энгельс. В отличие от механистического материализма, понимавшего движение очень узко — как простое перемещение тел в пространстве, **материализм диалектический понимает под движением не только перемещение, но и химические, физические изменения, процессы роста и обмена веществ в живых организмах, общественные процессы, такие, как экономические изменения, и все другие виды человеческой деятельности. Наше сознание отражает эти изменения с помощью особых понятий, важнейшим среди которых, наиболее общим и универсальным является категория «движение», применяемая и к природе, и к обществу, и к мышлению.**

Но если все в мире движется и изменяется, то как же быть с противоположными взглядами на движение и покой, о которых уже говорилось? Быть может, правы мыслители, полагавшие, что признание всеобщего движения не дает человеку прочных основ, на которые он мог бы опираться в своей деятельности, и не позволяет познать объективные законы, поскольку такие законы представляют собой необходимые, устойчивые и постоянные связи в материальных системах?

2.2.2. Диалог о движении и покое

Эти вопросы обсуждают Диалектический материалист и Метафизический материалист.

Метафизический материалист (М. м.). Мы оба признаем, что мир материален, существует объективно и не является плодом нашего воображения.

Диалектический материалист (Д. м.). Совершенно верно.

М. м. Но я настаиваю на том, что одни предметы и явления в мире движутся: например, вращаются небесные светила, плещутся морские волны, по небу плывут облака; другие же покоятся: тысячелетиями не двигаются египетские пирамиды, неподвижны кресла, в которых мы с вами сидим, да и мы сами не изменились со вчерашнего дня.

Д. м. Вы полностью отрываете покой от движения, и в этом ваша главная ошибка.

М. м. Попробуйте это доказать.

Д. м. Я утверждаю, что все в мире постоянно изменяется, находится в вечном и неуничтожимом движении...

М. м. (перебивая). Но как же быть с покоящимися вещами?

Д. м. Покой тоже существует объективно, но это надо правильно понять: движение абсолютно, оно происходит везде и всегда, покой же относителен.

М. м. Что это означает?

Д. м. Относительность покоя означает, что одно явление покоится по отношению к другому, одно изменение незаметно в сравнении с другим. Покой не может быть вечным. Он существует, но лишь временно, относительно, как момент, как состояние вечно движущегося мира. Именно в этом главный смысл моего утверждения.

М.м. Поясните это примером.

Д. м. Лишь на первый взгляд кажется, что движение и покой противоположны, несоединимы, однако это не так. Если по небу плывут два облака, подгоняемые одним порывом ветра, и расстояние между ними не меняется, то они покоятся по отношению друг к другу, но перемешаются по отношению к Земле. Египетская пирамида и наши кресла покоятся по отношению к Земле, но вместе с ней вращаются вокруг земной оси и вокруг Солнца. **В теле человека происходят постоянные изменения: идет обмен веществ, усваивается кислород и выделяется углекислый газ, течет по сосудам кровь, делятся клетки организма и возникают новые, в атомах постоянно перемещаются электроны вокруг покоящегося ядра. Сами атомы либо свободно движутся в пространстве, либо колеблются около среднего положения, если входят в состав молекулы или кристалла.** Солнце, которое является неподвижным центром нашей Солнечной системы и в этом смысле покоится, само перемещается по определенной орбите в нашей галактике, а галактика движется в масштабе Вселенной. Покоящиеся на одном

месте деревья в то же время растут, под порывами ветра трепещут листья, расцветают и отцветают цветки и т. д. М. м. Каков же вывод?

Д. м. Вывод ясен: движение и покой противоположны, но в то же время находятся в единстве. Движение абсолютно, покой относителен. Покой так же объективен, как и движение, и поэтому в любой системе, в любом сколько-нибудь значительном процессе можно выделить устойчивые, относительно постоянные необходимые связи и отношения, которые определяют и составляют основу всех изменений и позволяют говорить об объективных законах материального мира. Именно поэтому я считаю метафизическое противопоставление и разрыв движения и покоя не только ошибочными, но и вредными.

2.2.3. Форма и содержание

Итак, окружающий нас мир находится в непрестанном движении. Это движение происходит в различных формах. Мы часто говорим о форме и содержании в художественной литературе, в музыкальных произведениях, о формах и содержании той или иной деятельности, культуры, политической борьбы и т. д. В повседневной жизни редко задумываются над точным научным смыслом этих слов. При обсуждении научных вопросов сделать это необходимо.

Что же такое форма и содержание? Окружающие нас явления очень сложны. Они, как уже говорилось, состоят из множества частей и элементов, между которыми существуют устойчивые отношения, связи или взаимодействия, называемые структурами. Структуры имеют как бы внутреннюю и внешнюю стороны. **Внешняя сторона структуры называется ее формой, а внутренняя вместе с охватываемыми ею элементами и процессами — содержанием.** Отсюда следует, что форма и содержание каждого явления тесно связаны, хотя и не совпадают друг с другом. При этом **они неотделимы друг от друга.** Все предметы взаимодействуют между собой и с человеком как бы своей внешней стороной. Внутренняя сторона, то есть **содержание предметов,** обнаруживается не сразу, а **через посредство внешней стороны, то есть формы.** Так как форма и содержание неразделимы, то **форма всегда содержательна, а содержание оформлено.** Поэтому **познать внутреннюю сторону явлений можно лишь через посредство их формы.** Поскольку объективные законы всегда охватывают содержание явлений, то, переходя от формы к содержанию, проникая в глубь окружающих явлений, **наука познает их наиболее устойчивые, повторяющиеся и**

необходимые связи, то есть законы. Затем, изучив содержание и поняв законы, наука может глубже и вернее объяснить форму, внешние, воспринимаемые чувствами человека взаимодействия.

Таким образом, категории «содержание», «необходимость», «закон» — понятия однопорядковые. Они характеризуют глубинные, наиболее важные и устойчивые свойства явлений.

Одно и то же содержание может выражаться в разных формах. Так, изображение Отечественной войны в художественной литературе может выражаться в форме поэмы («Василий Теркин» А. Твардовского) или в форме романа («Живые и мертвые» К.Симонова). Возможно и обратное отношение между формой и содержанием: в одной и той же форме может выражаться, проявляться, существовать различное содержание. В одной литературной форме, например в романе, могут выражаться разные по содержанию мировоззрения и подходы к жизни.

Содержание — определяющая сторона каждого явления или процесса. Развиваясь в рамках старой формы, новое содержание рано или поздно приходит в противоречие с ней и подготавливает смену старой формы новой. Новая форма оказывает положительное влияние на развитие содержания, содействует ему, но **во всех случаях решающей стороной является содержание**. Содержание «может и должно проявить себя в любой форме, и новой и старой, может и должно переродить, победить, подчинить себе все формы, не только новые, но и старые...». Диалектика формы и содержания, то есть их взаимодействие и взаимное превращение, имеет важнейшее значение для познания общественных явлений. Сейчас вернемся к вопросу о взаимосвязи и изменении форм движения материи.

2.2.4. Формы движения материи

Изменения, происходящие в окружающем нас мире, имеют различное содержание и форму. Их содержание определяется видом материи, свойствами тех или иных материальных объектов и процессов. Форма же зависит от характера взаимодействия этих объектов и процессов и тех превращений, которые происходят с ними. Поэтому **каждому виду материи соответствуют более или менее определенные формы движения**.

Ф. Энгельс сто лет назад в соответствии с современным ему уровнем развития науки выделял **шесть форм движения материи**. **Механическую форму движения** он связывал с перемещением и взаимодействием в пространстве твердых, газообразных и жидких тел.

Физическая форма движения охватывала взаимодействие молекул и электромагнитные процессы, распространение и превращение тепловой энергии и т. п.

Химическая форма охватывала процессы образования молекул из атомов и превращения одних химических веществ в другие, **биологическая** — все виды жизнедеятельности растительных и животных организмов.

Социальная форма движения рассматривалась как совокупность всех видов общественной деятельности человека.

Мышление также признавалось особой формой движения материи, хотя само по себе мышление не материально, а идеально. Мы подробнее остановимся на этой особенности мышления в других подразделах этого раздела. Здесь же отметим следующее. Рассматривая мышление как форму движения материи, Ф. Энгельс имел в виду, что оно возникает в результате взаимодействия вполне материального мозга, нервной системы со столь же материальным окружающим миром.

За прошедшие сто лет в научных представлениях о строении мира произошли гигантские изменения. **Мы знаем теперь множество новых форм движения материи, связанных с внутриатомными процессами, с взаимодействием кварков, разнообразных физических полей и элементарных частиц, а также с другими видами материи, возникающими на стыке живой и неживой природы, в сложных космических процессах и т. д.** Научные представления о новых видах материи и формах их движения будут рождаться постоянно. Поэтому вопрос о том, сколько форм движения материи существует и каковы эти формы, получает каждый раз новый ответ в зависимости от достигнутого уровня научного познания мира. С философской же точки зрения следует отметить исключительную важность самой идеи Ф. Энгельса о том, что в процессе развития материального мира возникают новые виды материальных объектов и процессов, то есть новые виды материи, а следовательно, и новые формы движения. Более сложным объектам и процессам соответствует и более сложная форма их движения. Чем сложнее данный вид материи, тем разнообразнее формы движения, в которых она одновременно находится. Так, живые организмы сложнее любого физического образования, состоящего из молекул, кристаллов и т. п. Им присуща биологическая форма движения, но вместе с тем они подчиняются и физическим законам, например законам притяжения, и химическим законам, которые управляют соединением молекул, образующих органы животных или растений и т. д. Человек включен в

общественную форму движения, но одновременно — как живое существо — и в биологическую форму движения и т. д. Точно так же планеты Солнечной системы включены в особые планетарные формы движения (например, Земля — в геологическую). Вместе с тем они представляют собой очень сложные системы, части и элементы которых включены в физическую, химическую и другие формы движения.

Высшие, более сложные формы движения включают в себя более простые формы, сложившиеся на предшествующих ступенях развития. При этом более сложные формы нельзя свести к более простым. Так, общество как особую форму движения нельзя свести к биологической форме движения. Попытка такого сведения означала бы разрушение общества и превращение людей в животных. **Каждой форме движения материи соответствуют свои особые объективные законы.** Как нельзя свести более сложные формы движения материи к более простым, так и законы более сложных форм движения нельзя свести к законам более простых форм. Однако было бы неверно думать, что между этими законами нет внутренней связи. Такая связь возникает в процессе развития, и ее изучение является важной задачей теории познания. Движение происходит во времени и пространстве. Поэтому дальнейшее обсуждение вопроса о материи и законах движения и развития требует ответа на очень важный для науки, вопрос, что такое время и пространство

2.2.5. Время и пространство

Современная наука утверждает, что время и пространство существуют объективно (у А.Кононюка есть сомнение в том, что время существует объективно). Они так же неотделимы от материи, как и движение. В. И. Ленин писал: «...движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени».

Следует четко отличать время и пространство как способы бытия и объективные свойства движущейся материи от категорий «время» и «пространство», а также от обыденных и научных представлений о времени и пространстве, характерных для каждой исторической эпохи.

Объективные время и пространство сами материальны, то есть существуют вне сознания человека и независимо от его воли. Категории «время» и «пространство» отражают важнейшие, универсальные характеристики объективного времени и объективного пространства.

Категория «время» отражает наличие более или менее необратимых изменений во всех формах движения материи, а также наличие определенной последовательности событий объективного мира, то есть то, что они происходят в определенном порядке, друг после друга. Из этого следует, что **время имеет определенное направление и что двигаться во времени в обратном порядке невозможно**. Все экспериментальные попытки обнаружить обратное направление времени не имели успеха.

Категория «пространство» отражает другую особенность движущейся материи, состоящую в том, что одновременно с каждым данным событием, предметом, процессом, явлением, наряду с ним, подле него существуют другие события, предметы, процессы и явления. Пространственные изменения, то есть перемещения, обратимы. Обычно говорят, что каждый материальный предмет имеет три измерения: длину, ширину и высоту. В каждом из этих измерений возможно обратимое движение: вперед — назад, направо — налево, вверх — вниз.

Изменения во времени и пространстве тесно связаны и находятся в единстве. Категории «время» и «пространство» отражают лишь разные стороны, разные «срезы» единого процесса движения. Эти категории, по существу, отражают то, что в природе, обществе и мышлении есть нечто, что может повторяться, и нечто неповторимое, есть обратимые и необратимые процессы.

На это можно возразить, что некоторые явления могут повторяться и во времени. В разные моменты времени можно пользоваться одними и теми же предметами, можно несколько раз посмотреть один кинофильм, многие годы трудиться у одного и того же станка и т. д. Такое возражение неверно. Любой предмет, каким бы неизменным он ни казался, изменяется во времени, хотя эти изменения могут быть малозаметными. Истончаются стенки сосуда, которым мы пользуемся неоднократно, изнашивается кинолента, амортизируется станок. Необратимые временные изменения имеют огромное значение не только в природе, но и в обществе. С ними связана необратимость исторического процесса. Отдельные явления общественной жизни могут повторяться, но эти повторения не бывают абсолютно точными. Поэтому проблема времени имеет огромное общественное значение. Общество, претерпевшее коренные изменения во времени, например социальную революцию, уже не может возвратиться вспять и точно повторить пройденные этапы исторического развития. Так как временные процессы необратимы, то проблема времени важна для организации всей общественной жизни: производства, управления,

воспитания и т. д. Вот почему философия, изучающая отношение человека к окружающему миру, уделяет такой большое и пристальное внимание обсуждению того, что такое время и пространство и как изменяются и формируются представления о них.

Создатель классической механики английский физик И. Ньютон считал, что время и пространство — это внешние условия движения механических тел. Пространство напоминает нечто вроде гигантской пустой коробки, в которой тело может передвигаться туда и обратно в каждом из трех измерений. Время представляется чем-то вроде равномерно раскручивающейся ленты. Время, пространство и перемещающиеся тела представлялись Ньютону существующими вне сознания человека. Время измеряется часами, пространство — линейкой. В целом эти взгляды были материалистическими. Однако вследствие их механистичности в них содержалась возможность идеализма. В чем же она заключалась? Поскольку время и пространство рассматривались как внешние условия передвижения тел, не связанные с их материальными свойствами и не зависящие от них, то возникал вопрос, от чего же зависят время и пространство? Если они не зависят от материальных тел и являются внешними по отношению к ним, то напрашивается ответ, что они зависят только от человека - субъекта познания.

Именно такой субъективно-идеалистический ответ предложил крупнейший немецкий философ XVIII века **И. Кант, исходивший из того, что время и пространство — это не свойства материальных явлений, а условия их восприятия человеком**. Согласно Канту, взаимодействуя с вещами, мы получаем поток ощущений. Время и пространство помогают нам расположить эти ощущения в некотором порядке. **Время «располагает» ощущения одно после другого, пространство — одно рядом с другим**. Таким образом, время и пространство — это нечто вроде схемы, присущей нашей чувственности, способности восприятия, с помощью которой мы наводим порядок в беспорядочном потоке наших ощущений и восприятий. Говорить же об объективном порядке в окружающем мире, с точки зрения Канта и его последователей, бессмысленно.

Объективные идеалисты считают, что время и пространство созданы мировым разумом, абсолютным духом и являются его основными свойствами, а не формами бытия материи. **Поэтому время и пространство могут существовать до возникновения материи и независимо от нее.**

Современная наука дает убедительные доводы в пользу материалистического понимания времени и пространства. Наш звездный

мир существует около 10 миллиардов лет, Земля — около 5 миллиардов лет, первые живые организмы появились на ней около 3 миллиардов лет назад, а прямые предки человека — около пяти с половиной миллионов лет назад. Следовательно, Земля и звездный мир существовали в пространстве и развивались во времени задолго до появления мыслящего человека и его представлений о времени и пространстве. Таким образом, **время и пространство существуют вне и независимо от человека**. Новейшие открытия радиоастрономии и астрофизики показывают, что в мире постоянно происходят процессы возникновения новых звездных миров и исчезновения старых. Нет никаких оснований думать, что эти процессы имеют начало и конец во времени или ограничены в пространстве. Поэтому диалектический материализм в соответствии с данными современной науки утверждает, что *время и пространство неотделимы от движущейся материи, а она бесконечна во времени и пространстве*.

В основе механистических взглядов лежало представление о том, что время и пространство не зависят от свойств материальных тел и особенностей их движения. Для описания всех механических передвижений использовалась созданная еще в античной Греции геометрия Евклида. Согласно ей через каждую точку на плоскости можно провести только одну линию, параллельную данной. Сумма внутренних углов любого треугольника равна 180° и не зависит от его размеров, а все пространство как бы пронизано гигантскими незримыми плоскостями, через любые две точки которых можно провести идеально ровную прямую линию. Однако еще в первой половине XIX века русский математик Н. И. Лобачевский (1792—1856) открыл новую, неевклидову геометрию. Он показал, что возможно такое пространственное построение, при котором через точку вне прямой можно провести пучок не пересекающихся с ней линий, а сумма углов треугольника зависит от его размеров и может быть меньше 180° . Образно говоря, такое пространство является как бы «искривленным». Некоторое время считалось, что геометрия Лобачевского не имеет отношения к объективной реальности. В начале XX века были созданы специальная и общая теории относительности. В соответствии с этими теориями время, пространство и движение объективны и неразрывно связаны. Связь их мало заметна при обычных скоростях движения, с которыми человек имеет дело в повседневной жизни. Однако **при скоростях, приближающихся к скорости света (она равна 300 тыс. км/сек.), размеры движущихся тел сокращаются, а время замедляется**. Эти факты были проверены экспериментально на современных ускорителях элементарных частиц.

Кроме того, характер пространства изменяется в зависимости от массы тела: чем больше масса, тем больше пространство отклоняется от евклидового и приобретает свойства, описываемые в неевклидовой геометрии. Одновременно с «искривлением» пространства изменяется и течение времени. Эти результаты нашли и практическое, экспериментальное подтверждение. С их помощью были рассчитаны траектории космических лабораторий, направленных на Венеру и совершивших точную посадку на ее поверхность. Связь пространства, времени и движения настолько тесна и неотделима от материальных явлений, что физики часто говорят о едином пространстве-времени и измеряют движение не тремя пространственными координатами, а четырьмя, добавляя к ним временную координату. Отсюда и возникает представление о четырехмерном пространстве. Таким образом, время и пространство оказываются объективными свойствами материи, зависящими от характера ее движения.

Научное понимание взаимосвязи движения, времени и пространства дает прочное обоснование материалистическому ответу на основной вопрос философии, позволяя убедительно доказать утверждение философского материализма о том, что сознание вторично и является продуктом длительного развития и усложнения движущейся материи.

2.2.6. Причина и следствие

Все явления, события или процессы в природе, обществе и мышлении вызываются или обуславливаются другими явлениями, событиями, процессами, то есть более или менее определенными причинами. *Явление (процесс, событие) называется причиной другого явления (процесса, события), если:*

- 1) первое предшествует второму во времени;*
- 2) первое является необходимой предпосылкой или основой возникновения, изменения или, развития второго.*

Иными словами, первое порождает, вызывает второе.

Причина и следствие существуют объективно. Отношения между ними называются причинно-следственной связью. Категории «причина» и «следствие» отражают объективные причинно-следственные связи, имеющие универсальное значение и существующие во всех формах движения материи. Изучение этих связей — важнейшая задача естествознания, общественных и технических наук.

Каждое явление имеет свою причину. И наоборот: каждое изменение в материальном мире вызывает то или иное следствие. Из этого, однако, не следует, что одни явления всегда являются только причиной, а другие — только следствием. Материалистическая диалектика, опираясь на опыт, историческую практику людей и достижения науки, показывает, что определенное явление, например, скопление влаги в дождевых облаках, являясь следствием другого, скажем, испарения воды с земной поверхности, само может быть причиной нового явления — дождя. В этом смысле можно сказать, что причина и следствие как бы меняются местами: **то, что в данный момент является следствием, в следующий момент может стать причиной другого явления.**

Это положение имеет большое значение в личной жизни и общественной деятельности. Так, повышение уровня образованности, информированности и профессиональной подготовки позволяет человеку лучше работать, продвинуться по службе и, как правило, ведет к повышению его благосостояния. Такого наиболее возможное следствие повышения образования и профессиональной подготовки. Но в свою очередь более высокое благосостояние позволяет и дальше заниматься повышением своего профессионального уровня, образования и информированности, а это снова создает новые возможности в личной и общественной жизни и т. д.

Категории «причина» и «следствие» тесно связаны с категорией «условие». *Условие — это совокупность различных материальных явлений и процессов, без которых данная причина не может вызвать данное следствие.* Вместе с тем условия не играют активной, решающей роли в возникновении данного следствия.

Одно и то же действие в разных условиях приводит к разным следствиям. Так, химизация производства может приводить и к созданию эффективных лекарств, повышению урожайности, созданию новых искусственных материалов, но может иметь своим следствием и загрязнение окружающей среды, вод, атмосферы и т. д. С другой стороны, одно и то же следствие может быть вызвано разными причинами. Так, рост урожайности может вызываться использованием высокоурожайных сортов семян, внесением удобрений в почву, улучшенной обработкой земли и т. д. Поэтому понимание взаимосвязи условий, причин и следствий крайне важно для правильной оценки явлений, особенно если учесть, что окружающие нас явления, как правило, вызываются не одной-единственной причиной, а множеством причин.

Идеалисты и материалисты, метафизики и диалектики придерживаются противоположных взглядов на причинно-следственные отношения. Метафизики считают, что каждое явление имеет свою особую причину и, наоборот, каждая причина порождает строго определенное следствие. Такая точка зрения, называемая механистическим детерминизмом, характерна для метафизических материалистов. Агностики и субъективные идеалисты придерживаются противоположных взглядов. Они рассуждают следующим образом. Никогда нельзя точно сказать, вырастет ли из данного семени растение, или в силу неблагоприятных условий это семя погибнет. Современная наука, продолжают они, часто рассматривает такие сложные системы со множеством взаимосвязанных процессов и явлений, влияющих друг на друга, что невозможно со всей определенностью сказать, каким из них вызвано данное новое явление. Поэтому сторонники такого взгляда склонны утверждать, что существуют беспричинные явления, возникающие самопроизвольно, не вызванные, не порожденные с необходимостью какими-то другими явлениями и процессами. Такой подход называют индетерминизмом.

Механистический детерминизм является крайне ограниченным. В действительности жесткой однозначной связи между причинами и следствиями не бывает. Диалектический материализм доказывает, что в процессе развития причины и следствия меняются местами. Каждое явление может вызываться целым рядом самых различных причин в зависимости от различия условий. И точно так же одна и та же причина приводит к различным следствиям. Поэтому мы придерживаемся точки зрения, которую можно назвать диалектическим детерминизмом и которая учитывает сложность причинных связей и отношений, их постоянное изменение и развитие.

Еще более не правы представители индетерминизма. Как показывает современная наука, особенно квантовая физика, в мире элементарных частиц и внутриатомных явлений причинные взаимодействия носят не строго однозначный, а многозначный характер. Следствие каждой отдельной причины трудно предсказать с определенностью. Описывая такие явления, ученым приходится пользоваться теорией вероятностей, которая помогает оценить степень этой неопределенности. Но это означает, что причинность в мире атомной физики носит вероятностный, или статистический, характер, а вовсе не то, что здесь отсутствуют причинные связи. Если бы это было так, ученые вообще не могли бы предсказывать новые явления, открывать новые частицы, а тем более управлять атомными и другими энергетическими процессами.

2.3. Отражение как всеобщее свойство материи

2.3.1. Основной вопрос познания в «эру» ЭВМ

В целях научного эксперимента был построен небольшой, но достаточно запутанный лабиринт, в который по очереди запускали искусственных электронных мышей, снабженных искусственными органами восприятия и интеллектом. Эти устройства могли решать определенные задачи и исправлять допущенные ошибки. Целью электронных мышей было выбраться из лабиринта. Победителем считалась та из них, которая затратит на это наименьшее время и совершит минимум ошибок. Ко всеобщему удивлению, победителем оказалась самая примитивная, самая простая из «мышей».

Подобные эксперименты заставляют задуматься над следующими вопросами: что такое сознание, мышление, обладает ли им электронная машина, может ли она заменить человеческий разум, интеллект?

Все эти вопросы бурно обсуждаются в научной, философской литературе уже несколько десятилетий. Многие интеллектуальные операции действительно выполняются электронно-вычислительными машинами (ЭВМ), которые от поколения к поколению становятся все более быстродействующими и компактными. Представители различных идеалистических школ и учений делают из этого вывод, что сознание и мышление могут существовать независимо от человека. Некоторые из них договариваются даже до того, что бог или абсолютный разум есть не что иное, как универсальная машинная программа, предшествующая созданию мира, а Вселенная, наша Солнечная система и сам человек — лишь устройство, реализующее эту программу.

В эпоху великих социальных преобразований и научно-технической революции, связанной с созданием сверхмощных вычислительных устройств, старый философский вопрос о взаимоотношении сознания и материи приобретает, таким образом, новое звучание, новый социальный смысл и особую мировоззренческую и методологическую важность. От его решения зависит понимание социальных проблем, определение направлений научных исследований. Какую же позицию занимает во всех этих вопросах диалектический материализм, какой ответ на них он дает?

2.3.2. Что такое отражение?

Еще в XVIII веке в философии шел острый спор по поводу того, возможно ли сознание без материи, интеллект без материального носителя и, если нет, откуда берется сознание. Возражая против утверждений английского епископа Дж. Беркли (1685—1753) о том, что внешний материальный мир — это только комбинация наших ощущений и существует лишь в нашем воображении, французский материалист Д. Дидро сравнивал субъективных идеалистов с «сумасшедшим фортепиано». Фортепиано (человек) издает звуки и воспроизводит гармоническую музыку (ощущения и мышление), когда по его клавишам (органы чувств) ударяет пианист (природа). Сумасшедшее же фортепиано (то есть субъективный идеалист) считает, что все звуки, вся музыка порождены им самим. Отвечая на вопрос субъективных идеалистов, откуда же берется сознание, если материя неодушевлена, **Дидро высказал догадку, что в самом фундаменте материи есть особое свойство, по существу сходное с ощущениями.** Из него-то и возникает способность **к ощущениям**, а затем и **к мышлению**. Для подтверждения своей догадки он приводит пример с куриным яйцом и цыпленком. Яйцо не обладает способностью к ощущению и восприятию мира, тогда как живой цыпленок ею обладает. Следовательно, рассуждал Дидро, **способность к ощущениям возникает из неодушевленной материи.** Так как в сравнении с нашим временем наука XVIII века располагала очень незначительным объемом сведений о происхождении жизни и сознания, то Дидро не мог создать законченную, обоснованную теорию о связи материи и сознания.

Такую теорию на основе современных научных знаний создал и разработал В. И. Ленин, ссылавшийся на Дидро как на своего предшественника. Она получила название теории отражения.

Отражение — это всеобщее фундаментальное, неотъемлемое и объективное свойство материи. Оно столь же объективно, как и другие ее свойства: **движение, время и пространство.** Более того, **отражение невозможно без движения материальных явлений во времени и пространстве.** Что же такое отражение? **Отражение есть особое свойство каждого материального предмета (субъекта отражения) определенным образом реагировать на воздействие других взаимодействующих с ним материальных предметов (объектов).** Это свойство в процессе длительного развития материального мира и усложнения форм

движения материи в конечном счете приводит к возникновению сознания, мышления человека. **Сознание есть высшая форма отражения.**

В теории отражения тесно и неразрывно связаны учение о материальности мира и о его диалектическом развитии. Идеалисты, так же как и метафизики, не в состоянии понять этой связи и поэтому не могут дать правильного, согласованного с современной наукой ответа на вопрос о происхождении сознания.

2.3.3. Отражение в неорганическом мире

Простейшим видом отражения является отражение в неорганическом мире, охватывающем механическую, физическую, химическую и некоторые другие формы движения материи. Чтобы понять, в чем заключается особенность этого вида отражения, рассмотрим четыре примера.

По бильярдному шарiku ударяют кием. Шарик катится в строго определенном направлении со скоростью, зависящей от силы удара, и на определенное расстояние.

Две элементарные физические частицы — **электрон**, заряженный отрицательно, и **позитрон**, заряженный положительно, **сталкиваясь** при определенных условиях, аннигилируют, то есть **превращаются в два фотона, два световых кванта.**

При попадании воды на не защищенную антикоррозийным покрытием железную деталь она ржавеет в результате химической реакции окисления.

Под воздействием солнца, воды и ветра, несущего отдельные песчинки и камешки, а также природных окислителей и щелочей даже самые твердые скалы, состоящие из горных пород, постепенно разрушаются, трескаются, выветриваются, превращаясь в маленькие осколки, а затем и песчинки.

В этих примерах мы сталкиваемся с разными формами движения материи: механической, физической, химической и так называемой геологической, которая представляет собой как бы соединение трех предыдущих форм. В первом случае происходит простое перемещение шарика в пространстве. Сам субъект отражения (шарик) при этом не меняется. В трех других примерах субъект внешнего воздействия (одна из частиц, железная деталь, скала) не только определенным образом реагирует на воздействие объективных факторов, но и разрушается под их влиянием, превращаясь в нечто другое (в фотон, ржавчину, сыпучую породу). Во всех случаях субъект

отражения реагирует на внешнее воздействие вполне определенным образом. Происходящие с ним изменения соответствуют характеру внешнего воздействия. Так, если бы по железной детали ударили кием, то она не покрылась бы ржавчиной, а костяной шарик, облитый водой, не сдвинулся бы с места. ***То, как реагирует субъект отражения на внешнее воздействие, зависит не только от характера объекта, но и от свойств субъекта отражения, от его физических, механических и химических особенностей.*** С точки зрения различных наук в приведенных примерах мы имеем дело с проявлениями тех или иных форм движения материи. С точки же зрения познавательной эти примеры объединяет одна черта, а именно то, что **субъект определенным образом отвечает на воздействие объекта, то есть участвует в процессе отражения**. При этом он либо меняет свое место (первый пример), либо подвергается глубоким качественным изменениям, превращаясь в нечто другое (элементарные частицы — в квант света, железо — в ржавчину, скала — в гравий и песок). **Разрушение или качественное видоизменение субъекта в процессе отражения — характерная черта отражения в неорганическом мире.**

2.3.4. Усложнение отражения при переходе к живой природе

Примерно 3 миллиарда лет назад на Земле возникла жизнь. В этом не было ничего чудесного. В горячем мировом океане и в атмосфере Земли, насыщенной водяными парами, в избытке имелись углерод, водород, азот, кислород и другие элементы. Из них в результате сложных физико-химических процессов возникли органические соединения. Благодаря трудам А. Н. Баха, Н. Д. Зелинского и А. И. Опарина, а также других ученых современная наука разработала методы получения этих соединений в лабораторных условиях. Под воздействием солнечной энергии, энергии вулканов и под влиянием электрических разрядов в атмосфере и других природных факторов наша Земля на протяжении миллиардов лет сама была как бы огромной естественной лабораторией, в которой методом «проб и ошибок» создавалось множество различных соединений.

К их числу относились и сверхсложные молекулы. Одни из них быстро распадались, другие существовали продолжительное время.

Такие молекулы, прежде всего белковые, входящие в состав всех живых организмов, обладают чрезвычайно важным для нас свойством. Под воздействием внешних объектов они не разрушаются,

не превращаются в качественно другие системы, но сохраняются, продолжают существовать. При этом изменяются лишь отдельные их структуры. Это значит, что происходит изменение во взаимном внутреннем расположении частей или элементов данной сложной молекулы или составленного из таких молекул вещества; изменяются энергетические связи между частями и элементами, но сама данная система (субъект воздействия) не распадается на составные части и элементы. Когда вызвавший подобные изменения фактор перестает действовать, субъект возвращается в исходное состояние.

Таким образом, мы можем охарактеризовать период перехода от неорганического мира, от неживой природы к органическому миру, к живой природе как особый этап развития и усложнения отражения. На уровне сложных органических систем отражение проявляется в том, что на воздействие объекта субъект отвечает обратимым изменением некоторых своих внутренних структур. С прекращением воздействия эти структуры возвращаются в исходное состояние, обеспечивая тем самым возможность существования и развития субъекта отражения.

2.3.5. Эволюция жизни и возникновение нервной системы

Дальнейшее развитие отражения связано с развитием и совершенствованием жизни. Жизнь — это особая форма существования и движения материи. Ее основными материальными носителями являются белки и нуклеиновые кислоты, обеспечивающие управление живыми организмами, воспроизводство и передачу наследственности. Отличительные признаки живых организмов — обмен веществ, обмен энергией, рост, раздражимость, способность к размножению, самовоспроизведению, саморегуляции и приспособляемости к окружающей среде. Простейшими живыми организмами явились одноклеточные. Дальнейшее совершенствование жизни осуществлялось в процессе длительного сложного и противоречивого развития, называемого биологической эволюцией.

В ходе эволюции живые организмы усложнялись и совершенствовались. Так как окружающая среда и все условия жизни постепенно изменялись, то выживали лишь те виды живых организмов, которые лучше приспосабливались к этим изменениям. В основе приспособления к окружающей среде лежат два процесса: сохранение

свойств и особенностей организма, передаваемых от поколения к поколению (наследственность), и изменчивость (мутация). Под действием различных причин отдельные признаки организмов могут внезапно скачкообразно измениться. С точки зрения всего вида такие изменения могли быть случайными. Если неожиданное изменение оказывалось полезным (способствовало лучшему приспособлению к внешней среде и передавалось затем по наследству), то потомки данного организма легче выживали в борьбе за существование с другими видами растений или животных. Таким образом, **случайность перерастала в необходимость.**

Живые организмы не только подвергаются воздействию внешней среды, но и сами на нее влияют. В процессе жизнедеятельности, приспосабливаясь к окружающей среде, **они осуществляют вполне определенные действия или функции.** С точки зрения теории отражения это положение особенно важно, так как процесс отражения у живых организмов связан не только с обратимыми изменениями внутренних структур, но и с их **жизненными функциями.**

По мере усложнения и совершенствования организмов в борьбе за выживание совершается переход от одноклеточных к многоклеточным организмам. В свою очередь группы клеток и отдельные органы многоклеточных организмов специализируются на выполнении отдельных функций. Одни из них выполняют функцию передвижения, другие — функцию питания, третьи — функцию размножения и т. д. *Со временем появляются особые группы клеток, называемых нервными, которые специализируются на выполнении функции отражения.* У живых организмов отражение проявляется как свойство раздражимости, то есть как способность организма в ответ на воздействие внешней среды видоизменяться в определенном интервале времени таким образом, чтобы лучше приспособиться к воздействию, выжить и сохранить себя. В основе раздражимости лежат материальные биофизические и биохимические процессы.

На следующем этапе эволюции у более развитых животных — рыб, насекомых, земноводных, млекопитающих — появляется уже сложная разветвленная нервная система. Новая специализация и «разделение обязанностей» приводят к тому, что **одни нервные клетки начинают воспринимать лишь световые воздействия внешней среды, другие — звуковые ее воздействия, третьи — механические и т. д.** Особая группа клеток осуществляет связь между остальными и выполняет особые функции: передает нервные импульсы

другим органам, хранит (запоминает) информацию о предыдущих воздействиях, перерабатывает и видоизменяет сигналы, полученные из внешней среды. Из этих особых нервных клеток впоследствии и возникает у высших животных особый орган, управляющий всей деятельностью по отражению и взаимодействию с внешней средой.

Этот орган — мозг.

С возникновением нервной системы, и особенно мозга, отражение поднимается на новую, более высокую ступень. Обратимые структурные изменения как реакция на объективное воздействие внешнего мира дополняются функциональными изменениями, способствующими не только сохранению, но и лучшему приспособлению организма к среде обитания и взаимодействию с ней.

2.3.6. Активное и пассивное отражение действительности

Означает ли возникновение нервной системы и мозга, что высшие животные обладают мышлением и разумным, сознательным поведением? Один современный натуралист рассказывает в своей книге, как большие рыжие муравьи — амазонки похищают маленьких черно-бурых муравьев, поселяют их в своих муравейниках и превращают в «рабов». Но и «рабы» проявляют особую активность в своем поведении. «Как-то утром пришел я к муравейнику амазонок и смотрю: два черно-бурых «раба» волокут за ноги амазонку — из входа наружу, а она сопротивляется. Однако не кусает их. Оказывает пассивное сопротивление. Выволокли на пядь от дома и отпустили. Амазонка сейчас же резво устремилась назад. Они догнали ее, схватили за ноги и опять потащили подальше от входа. Отпустили. На этот раз амазонка, видимо, примирилась с необходимостью. Посидела немного на месте, почистилась и направилась куда-то в джунгли трав — как я решил, на промысел, на охоту за пропитанием. Потому что иначе все эти странные действия черно-бурых муравьев (а они повторялись много раз) объяснить не могу; наверное, «рабы» выгоняли так «господ» на работу — в набеги по окрестным землям, чтобы не бездельничали, а пищу искали». Приведенное описание на первый взгляд как будто бы дает повод считать, что у муравьев и других насекомых имеется разумное, сознательное поведение. В действительности же это не так.

У простейших одноклеточных организмов отражение действительности существует в крайне примитивной форме. Если концентрация кислоты в одной части сосуда, где находится

одноклеточный организм — амеба, увеличивается, то амеба удаляется туда, где эта концентрация ниже. Если амеба случайно натывается на пищу, то она втягивает ее любым участком своего тела. Амеба не выбирает определенного направления движения, не ставит определенных целей. На основе раздражимости возможно лишь пассивное приспособление к действительности. *Пассивное приспособление* означает, что живой организм лишь выбирает более благоприятные условия своего существования среди тех, которые имеются в окружающей среде, но не ищет их, а тем более не создает. Раздражимостью обладают и многоклеточные организмы, в том числе растения. Герань, стоящая на окне, благодаря перемещению гормонов от освещенной солнцем стороны ствола к затемненной поворачивает свои листья так, чтобы на них падало больше солнечного света, необходимого для их жизнедеятельности. Это тоже форма избирательного, но все же пассивного приспособления, ибо герань не передвигается в поисках света, а тем более не создает сама необходимое освещение, когда его не хватает.

По мере усложнения и развития нервной системы и возникновения мозга наблюдается постепенный переход от пассивного избирательного приспособления к *активному приспособлению*. У высших животных — насекомых, птиц и особенно млекопитающих активное приспособление связано с поисками благоприятных условий для обитания и приводит к выработке довольно сложных форм поведения. Еще более сложные формы поведения мы находим у высших млекопитающих. Волки, например, метят свои охотничьи угодья, запрещая другим волкам ловить в них дичь. Один исследователь наблюдал, как голодная волчица, чтобы привлечь к себе внимание «любопытных» диких гусей и завлечь их на берег, подальше от воды, устроила на берегу озера «самодеятельный концерт»; подпрыгивая, катаясь по траве, пританцовывая, она уводила гусей все дальше от берега и, лишь когда расстояние между ними сократилось, внезапно бросилась на добычу. Муравьи и пчелы, как известно, создают очень сложные сооружения, а бобры не только строят хатки с крышами и подземными ходами, ведущими в водоем, но и сооружают настоящие плотины; загоняя в дно реки или ручья специально заостренные колья, они переплетают их ветками, засыпают камнями и обмазывают илом, причем оставляют проход для стока воды и регулируют его в зависимости от ее уровня в водоеме. Все это дает повод говорить о якобы разумном, сознательном поведении животных. В действительности речь может идти лишь об активном приспособлении высших животных к окружающей среде на основе

высокоразвитых форм отражения. Активное приспособление заключается в том, что высшие животные активно используют элементы окружающей среды для своего обитания, ищут наиболее благоприятные условия и приспособливают окружающую среду, хотя и в ограниченных масштабах, к своей жизнедеятельности. Однако при этом они не имеют плана деятельности и не преобразуют окружающую действительность коренным образом. Многие сложные формы поведения животных являются врожденными. Они вырабатываются в течение миллионов лет эволюции и передаются по наследству. Такие врожденные формы поведения называются инстинктами и могут быть очень сложными, однако при резком изменении условий жизни животные оказываются «пленниками» своих инстинктов и не в состоянии их изменить, приспособляясь к новым условиям, а тем более не в состоянии решительно изменить эти условия и приспособить их к своим потребностям. Чтобы проиллюстрировать это, приведем еще один пример из жизнедеятельности высокоорганизованных насекомых. «Сомкнутой колонной маршируют в поисках корма гусеницы соснового походного шелкопряда. Каждая гусеница идет за предыдущей, касаясь ее своими волосками. Гусеницы выпускают тонкие паутинки, которые служат путеводной нитью для шагающих сзади товарищей. Головная гусеница ведет всю голодную армию к новым «пастбищам» на вершинах сосен. Знаменитый французский натуралист Жан Фабр приблизил голову передовой гусеницы к «хвосту» последней в колонне. Она схватилась за путеводную нить и тотчас же из «полководца» превратилась в «рядового солдата» — пошла следом за той гусеницей, за которую теперь держалась. Голова и хвост колонны сомкнулись, и гусеницы стали бесцельно кружиться на одном месте — шли по краю большой вазы. Инстинкт оказался бессильным вывести их из этого нелепого положения. Рядом был положен корм, но гусеницы не обратили на него внимания. Прошел час, другой, прошли сутки, а гусеницы все кружились и кружились, словно заколдованные. Они кружились целую неделю! Потом колонна распалась: гусеницы обессилели настолько, что не могли уже двигаться дальше». Таким образом, на вопрос, стоящий в начале этого параграфа, можно дать лишь отрицательный ответ.

2.3.7. Отражение и информация

В связи со стремительной компьютеризацией всех сфер производственной и духовно-культурной деятельности резко возрос

интерес к природе и сущности информации, так как **компьютеры представляют собой особые электронные быстродействующие устройства, используемые для передачи, хранения, кодирования, декодирования и преобразования информации.** На их основе создаются особые базы данных и знаний, используемые для решения многих задач, которые раньше были доступны лишь человеку. В связи с этим возникает вопрос, **в каком отношении между собой находятся знания, мышление, информация и отражение.** Это особенно важно потому, что **отражение рассматривается как фундаментальное свойство материи, а знания — как его высшая форма.**

Говоря о том, что **вся материя обладает свойством отражения,** имеют в виду, что определенные изменения в явлении, выступающем в качестве субъекта взаимодействия, вызываются соответствующими изменениями в другом явлении, выступающем в качестве объекта. **Возможны два типа взаимодействия. При первом (физическом) воздействие объекта на субъект осуществляется непосредственно. При этом структурные и функциональные изменения в субъекте, а также количество затрачиваемой для этого энергии сопоставимы с энергией взаимодействия и функционально-структурными изменениями в объекте. Примерами могут служить процесс выветривания горной породы (субъект) под воздействием внешней среды (объект); прогибание металлического стержня (субъект) под воздействием подвешенного к нему груза (объект); изменение светочувствительной молекулы родопсина, точно определяемое энергией попадающих в нее фотонов. При втором типе взаимодействия (информационном) изменения в объектах передаются субъекту и вызывают в нем отражающие изменения не путем непосредственного взаимодействия, а опосредованно, через особые материальные носители — сигналы. Сигналы, испускаемые объектом, воспринимаются субъектом и вызывают в нем изменения, обусловленные изменениями в объекте.** Как правило, ни физико-химические свойства сигнала, ни энергия, затрачиваемая на его передачу, несопоставимы с количественными и качественными характеристиками вызываемых изменений. Так, энергия электрического импульса, вызывающего взрыв атомного устройства, несопоставима с энергией взрыва; физико-химические свойства телеграфного бланка и чернил, которыми написан текст, а также энергия, затраченная на его пересылку, несопоставимы с изменениями, которые он может вызвать в жизни человека или деятельности целого коллектива. **Информация как раз и**

представляет собой процесс передачи изменений от объекта воздействия к субъекту посредством сигналов и их фиксации.

Важно подчеркнуть, что субъект, воспринимающий сигнал, по мере усложнения своей внутренней структуры и функций подвергает получаемую информацию особой, подчас довольно сложной переработке в соответствии с внутренними законами своего функционирования и структурной организации. Так, поток фотонов, падающих на светлюбивое растение в виде солнечных лучей, нагревает освещенную часть стебля, вызывая перемещение ряда гормонов в затененную его часть. В результате активизируются определенные биологические структуры: мембраны клеток меняют свою геометрию, и стебель изгибается таким образом, что на листья падает большее количество света, чем раньше. В таких случаях говорят, что цветок тянется к свету, хотя в действительности перед нами сложный процесс отражения, в котором фотоны выполняют разные функции. Их **физическая функция** заключается в «передаче» растению энергии, необходимой для его жизнедеятельности; их **информационная функция** состоит в «передаче» изменений положения источника света (солнце), что отражается в соответствующих движениях растения. Здесь следует четко разграничивать биофизические и биохимические процессы, с одной стороны, от информационных — с другой, хотя в обоих случаях эти процессы связаны с одними и теми же материальными носителями.

Чем сложнее структурная и функциональная организация субъекта, воспринимающего и перерабатывающего информацию, тем в большей степени она используется как средство реализации все более сложных форм отражения, обеспечивающих сохранение, развитие, приспособление, а в случае живой природы и размножение организмов в среде обитания. В живых организмах и некоторых технических системах информация перерабатывается по особым правилам или закономерностям, обеспечивающим наиболее эффективное ее использование. Одним из таких правил является сохранение переработанной информации в особых подсистемах, называемых памятью, что допускает многократное ее использование. **Чем больше информации в состоянии накопить и использовать живой организм или техническая система, тем эффективнее могут они приспособиться к окружающей среде и активнее выполнять свои функции.** Это означает, что информация как бы увеличивает способность воспринимающей ее системы к более правильному, точному и определенному отражению окружающей среды и, следовательно, уменьшает неопределенность, неточность,

ошибочность отражения. Информацию, следовательно, можно рассматривать и как меру неопределенности: чем больше информации, тем она точнее, тем меньше неопределенность в отражении субъектом окружающей среды.

Термин «информация» многозначен. Его нередко отождествляют с терминами «сведения» или «знания», говоря, например, что «информация — это сведения или знания, необходимые для принятия решений». Такие утверждения верны лишь отчасти. Дело в том, что информация, как видно из приведенных примеров, существует и в неживой, и в живой природе (передача сигнала, взрывающего атомное устройство, поток фотонов, вызывающих движение, или тропизм, растений). Однако неверно думать, будто бы неодушевленные предметы или технические устройства вырабатывают и принимают решения. Гораздо точнее считать, что они осуществляют отражение внешних воздействий на основе получаемой и перерабатываемой ими информации. «Сведения» и «знания», безусловно, представляют собой особый, притом наиболее сложный и совершенный, вид информации. В чем именно заключается эта особенность, мы рассмотрим в далее. Сейчас же важно понять, **что не всякий вид информации достигает уровня знаний и не все субъекты воздействия, получающие информацию, вырабатывают или принимают решения, а затем сознательно и целесообразно действуют на их основе. Предметы неживой природы, технические устройства и даже живые организмы, например растения, не принимают решений, не действуют по целям.** Они изменяют свое положение, характер функционирования и развития под воздействием получаемой информации, но эти изменения не являются сознательными. Информация превращается в знания лишь при очень сложных формах психической деятельности, которая складывается и формируется у человека в процессе социальной и трудовой деятельности.

2.3.8. Психическое и физическое, идеальное и материальное

Нервная система и мозг — материальны. В них происходят различные физические и химические процессы: осуществляется обмен веществ, распространяются биоэлектрические импульсы и т. д. **Результат взаимодействия мозга с внешним материальным миром называется психикой** (от греч. psychikos — душевный), а сам процесс функционирования психики — психической деятельностью. Психика

включает в себя:

- 1) наглядно-чувственные, зрительные, слуховые, осязательные и ароматические образы вещей и процессов, происходящих в объективном материальном мире;
- 2) способность выбирать цели и добиваться их осуществления, что присуще лишь высшим животным, обладающим целенаправленным поведением (из этой способности у человека вырабатывается воля и волевое поведение);
- 3) эмоции, переживания, чувства, которыми животные непосредственно отвечают на воздействия внешней среды (например, гнев, радость, страх, привязанность и т. д.);
- 4) способность хранить и передавать информацию, прежде всего правила, нормы и стандарты, регулирующие поведение и позволяющие приспосабливаться к окружающей среде (из этой способности у человека возникают сознание и мышление).

Очень важно понять, что **психика, будучи продуктом жизнедеятельности мозга**, не сводится к простому пассивному отражению внешней реальности и не является точным, зеркальным ее образом. Она обладает способностью получать и преобразовывать информацию, позволяющую вырабатывать правила поведения, способностью к активному комбинированию и перестройке психических образов и реакций. В результате длительной эволюции с появлением человека эти способности превращаются в сугубо человеческую способность к творчеству. Однако ее зачатки можно усмотреть уже в психической деятельности высших животных. Даже с возникновением человеческого сознания остается ряд уровней и форм психической деятельности, которые не охватываются сознанием, не подчиняются сознательному контролю и пребывают в сфере бессознательной психической деятельности. Происхождение и функционирование психики, а также соотношение сознательного и бессознательного в психической деятельности изучается особой наукой — психологией.

Понятия «сознание» и «мышление» обычно употребляются как синонимы. Однако между ними есть и некоторое различие. **Мышление обозначает в основном процесс выработки знаний об окружающей действительности, процесс создания понятий, суждений и умозаключений**, начальным этапом которого служит формирование ощущений и чувственных восприятий, тогда как **сознание обозначает результат этого процесса и деятельность по применению и использованию уже созданных понятий, суждений и**

умозаключений к окружающему миру в целях его познания и преобразования.

Таким образом, **мышление и сознание представляют собой высший уровень психики и психической деятельности. Они присущи лишь человеку.** Животные же обладают лишь зачатками, простейшими элементами, или, точнее, способностями, из которых в процессе длительного развития возникают человеческое мышление и сознание.

Психика, включая мышление и сознание человека, идеальна. Хотя она возникает в результате материального взаимодействия материального мозга с материальным внешним миром, **она не обладает свойствами и признаками, присущими всем материальным явлениям (протяженностью в пространстве, геометрической формой, объемом, массой покоя или движения).** Психические явления не обладают никакими физическими или химическими характеристиками. Они не содержат в себе электрических зарядов, атомов, молекул, элементарных частиц, кварков, физических полей и т. д. Эти явления не подчиняются законам физического, химического или биологического движения. Материальные явления находятся в непрерывном и постоянном движении независимо от того, изменяется ли психика того или иного животного. Напротив, изменение психики зависит от изменений материального мозга и внешних материальных объектов.

Психика вторична по отношению к материальному физическому миру, тогда как он от нее не зависит и является первичным. **Психика — результат развития свойства отражения, присущего всей материи, но сама психика вырабатывается не всей материей, а лишь наиболее сложной формой живой материи — мозгом.** Этот вывод теории отражения позволяет полностью опровергнуть гилозоизм (от греч. hyle — вещество и zoe — жизнь), согласно которому вся материя одушевлена и обладает психическими свойствами.

Противопоставляя человека, обладающего якобы бессмертной божественной душой, «бездушным» животным, французский философ Декарт, стоявший на позициях дуализма, утверждал, что животные — это просто сложные машины, которые своим поведением лишь механически реагируют на воздействия внешней среды. Французский материалист-механицист Ж. Ламетри распространил этот механистический взгляд и на поведение человека, который, по его мнению, также является не чем иным, как чрезвычайно сложной машиной, подобной гигантскому часовому механизму. Вульгарные

материалисты XIX века (К. Фохт, Л. Бюхнер и Я. Молешотт) утверждали, что мышление и сознание представляют собой материальный и даже вещественный продукт деятельности организма. Мышление, полагали они, вырабатывается мозгом подобно тому, как желчь вырабатывается печенью.

Конечно, во второй половине XX века столь откровенный вульгарный материализм уже не встречается. Однако и сейчас довольно широко распространены механистические и физикалистские воззрения, отрицающие качественную специфику психической деятельности, и в частности мышления. Так, австралийский философ Д. М. Армстронг прямо утверждает, что разум — это не что иное, как мозг, и что мышление можно свести к описанию физических свойств мозга.

Как взгляды механистических материалистов, так и взгляды вульгарных материалистов полностью опровергаются данными современной науки. Опираясь на них, современная теория отражения дает неопровержимый аргумент и против идеализма. Она показывает, что психика не может существовать без своего материального носителя, без вырабатывающего ее мозга. Этим одновременно опровергаются и объективный идеализм, утверждающий, что сознание, мировой разум существуют вечно, вне, до и независимо от материи, и субъективный идеализм, отрицающий само существование материи и допускающий возможность мысли без порождающей ее нервной деятельности.

Опираясь на данные современной науки, диалектический материализм вместе с тем утверждает, что, будучи вторичной, психика развивается и действует по своим собственным законам и не может быть механически сведена к физическим, химическим или биологическим явлениям и процессам.

Таким образом, рассмотрев развитие и усложнение отражения, мы вплотную подходим к вопросу о специфике человеческого сознания как высшей формы отражения действительности.

2.4. Сознание человека

2.4.1. Мозг — материальный орган психической деятельности

Мозг кита примерно в 500 раз легче его тела, мозг льва — примерно в 150 раз, а мозг человека легче его тела лишь в 50—60 раз. Это показывает, что в жизни высших млекопитающих «удельный вес»

психической деятельности или психических функций в сравнении с другими функциями организма совершенно разный. Дело, разумеется, не в том, каковы объем и вес мозга, а в том, какую деятельность он осуществляет. Между психической, умственной или душевной деятельностью человека и высших животных существует принципиальное, качественное различие. Человек способен создавать вещества, которых нет в природе, доказывать математические теоремы, заниматься искусством, сооружать машины и даже выходить в космос далеко за пределы Земли. Все это не по силам животным, и в то же время все это совершается благодаря деятельности мозга. Мозг является высшей, наиболее сложной и организованной формой живой материи.

Как показали И. П. Павлов (1849—1936) и его последователи, в основе психической деятельности лежат безусловные и условные рефлексы головного мозга. Если на нервные окончания воспринимающих органов действуют какие-либо внешние объекты, то по нервной системе в мозг передаются строго определенные биоэлектрические импульсы. Они вызывают ряд сложных физико-химических преобразований, в ходе которых полученный импульс (сигнал) преобразуется и вызывает ответную реакцию организма. Мозг на основе этого сигнала посылает ответный импульс в соответствующие внутренние органы или органы движения, вызывая наиболее целесообразное действие. Так, при виде пищи у животного в ротовой полости выделяется слюна; человек, схватившись за раскаленный предмет, мгновенно отдергивает руку. Такой процесс называется безусловным рефлексом или инстинктом.

Сигналами, вызывающими безусловный рефлекс, являются предметы и процессы объективной действительности, жизненно важные для всей деятельности организма. На основе безусловных рефлексов формируются условные рефлексы. Так, если перед кормлением собаки постоянно давать звонок, со временем ее организм будет выделять слюну и при отсутствии пищи в ответ на подачу звонка. В природе подобные условные рефлексы помогают животным приспосабливаться к быстро меняющимся условиям среды. В повседневной жизни их используют для дрессировки животных. В приведенном примере звонок выступал «заместителем» мяса, был условным сигналом жизненно важного предмета.

Условные и безусловные рефлексы вырабатываются корой больших полушарий мозга высших животных и человека. Сейчас достаточно точно известны участки мозга, воспринимающие зрительные, слуховые, осязательные и обонятельные раздражения, а

также участки, руководящие работой различных органов (рук, ног, языка и т. п.). При их поражении у экспериментальных животных или у человека (в результате болезни или травмы) соответствующие функции резко нарушаются. Этим неоспоримо доказывается, что идеальная по своей природе психическая деятельность является результатом работы материального мозга.

Мозг высших животных и особенно человека представляет собой невероятно сложную многоструктурную систему. Он состоит из 15—17 миллиардов нервных клеток, связанных между собой множеством специальных нервных отростков, получающих и передающих нервные импульсы, несущие различные сигналы. Каждая клетка может осуществлять тысячи нервных контактов (синапсов) с другими клетками. Эти контакты передают различные виды информации от одной нервной клетки (нейрона) к другой, от одного функционального участка мозга к другим. Носителями такой информации могут быть не только биоэлектрические импульсы, но и различные химические соединения, например нейропептиды или нейrogормоны — особые активные химические вещества. Нейроны мозга и особенно коры больших полушарий объединены в особые функциональные группы и постоянно заняты обработкой и преобразованием информации, поступающей в мозг извне — от окружающей человека среды и от внутренних органов его тела. На основе этой информации мозг осуществляет деятельность по управлению всеми органами тела и вырабатывает решения, лежащие в основе действий человека. С помощью современных компьютеров можно построить некоторые модели, имитирующие деятельность мозга. С их помощью удастся понять отдельные процессы, связанные с его функционированием. **Однако до выяснения полной картины деятельности мозга еще очень далеко, и анalogии между работой мозга и компьютера являются в настоящее время слишком упрощенными, не позволяющими проникнуть во все тонкости и детали работы этого сложнейшего органа человека. Тем не менее компьютерное моделирование высшей нервной деятельности - один из важнейших методов изучения материальных механизмов, участвующих в выработке сознания.**

Установлено, что правое и левое полушария мозга высших животных и человека выполняют разные функции. В правом скапливается, обрабатывается и хранится в виде памяти образная, чувственная информация о внешнем мире (ощущение звуков, запахов, зрительные образы и т.п.). В левом же хранятся своего рода правила и нормы деятельности. Наши знания о мозге и психической

деятельности, таким образом, углубляются и будут углубляться в дальнейшем.

2.4.2. Язык и мышление

Другим мощным средством развития сознания является язык. Язык представляет собой непосредственную действительность мысли. Иначе говоря, мысль всегда выражается в языке. И наоборот: **язык — это форма выражения мысли.**

Язык — это особая знаковая система. Любой язык состоит из различных слов, то есть условных звуковых знаков, обозначающих различные предметы и процессы, а также из правил грамматики, позволяющих строить из слов предложения. Именно предложения являются средствами выражения мысли. С помощью вопросительных предложений люди спрашивают, выражают свое недоумение или незнание; с помощью повелительных отдают команды и распоряжения; повествовательные предложения или высказывания служат для описания окружающего мира, для передачи и выражения наших знаний о нем.

Совокупность слов того или иного языка образует его словарь. Словари наиболее развитых современных языков насчитывают десятки тысяч слов. С их помощью благодаря правилам комбинирования и объединения слов в предложения можно написать или произнести неограниченное количество разных осмысленных фраз, заполнив ими сотни миллионов книг и статей. В силу этого язык позволяет выражать самые различные мысли, описывать чувства и переживания людей, формулировать математические теоремы, создавать научные и технические знания.

Хотя мышление и сознание идеальны, выражающий их язык материален. Устный или письменный язык может быть воспринят органами чувств человека. Возникнув и развившись в процессе коллективной трудовой деятельности, язык явился важнейшим средством развития мышления. С его помощью осуществляется хранение, переработка и передача знаний от человека к человеку, от поколения к поколению. Язык возникает в обществе, является общественным явлением и выполняет две важнейшие функции — выражения сознания и передачи информации.

У высших животных имеются зачатки звуковой сигнализации. Куры издают несколько десятков звуков, выражающих чувство опасности, подзывающих цыплят, сигнализирующих о наличии или отсутствии пищи. У таких высокоразвитых млекопитающих, как

дельфины, имеются уже сотни звуковых сигналов. Но все же это не язык в подлинном смысле слова. Сигнализация животных основана на ощущениях и элементарных представлениях. И. П. Павлов называл их первой сигнальной системой. Такая сигнализация не имеет правил комбинирования. Поэтому передаваемая ею информация очень ограничена. Сигнализация животных способна выразить столько же единиц информации, сколько имеется отдельных сигналов, тогда как любой человеческий язык может передать и выразить неограниченное число разнообразных знаний.

Язык человека — это вторая сигнальная система. Она возникла исторически в процессе трудовой и общественной деятельности людей и явилась важнейшим инструментом познания и преобразования окружающего мира и самого человека. Главная отличительная особенность этой сигнальной системы состоит в том, что, оперируя условными знаками-словами и составленными из них предложениями, человек может выйти за границы инстинктов и выработать неограниченные по объему и разнообразию знания.

Все попытки научить человекообразных обезьян звуковому языку были безуспешными, так как звуковой аппарат животных не в состоянии воспроизводить разнообразные членораздельные звуки человеческой речи. За последние годы удалось научить нескольких шимпанзе пользоваться для выражения простейших эмоций (голод, страх и т.п.) отдельными жестами из языка глухонемых. Самое большее, что способны выразить обезьяны на этом языке, передается жестами, обозначающими: «дай пить», «вынь куклу» и т. п. Более сложные предложения, включающие отвлеченные понятия, без которых невозможно развитие мышления, даются им с большим трудом. Непреодолимым препятствием для развития речевой деятельности обезьян оказывается то, что их мозг недостаточно велик и развит, чтобы усвоить язык человека. Проведение подобных исследований представляет определенный научный интерес и вместе с тем показывает, что высшие человекообразные обезьяны не в состоянии не только самостоятельно развивать, но и полностью усвоить вторую сигнальную систему, лежащую в основе умственной деятельности человека.

Языковая деятельность, возникшая в труде как основа и средство развития мышления и сознания, является отличительной чертой человека.

Именно в процессе труда появилась потребность взаимного понимания, обмена производственным опытом, потребность слаженно выполнять команды, накапливать и передавать жизненно необходимую

информацию. Это и привело к постепенному развитию и усложнению языка, который первоначально был непосредственно вплетен в трудовую деятельность.

Труд и язык явились основными факторами, содействовавшими появлению сознания человека как высшей формы отражения действительности.

2.4.3. Могут ли компьютеры мыслить?

Вернемся теперь к вопросам, поставленным в начале предыдущего раздела. В середине XX века возникли и начали быстро развиваться новые научные дисциплины: кибернетика, теория информации, теория искусственного интеллекта и др. Их появление было связано с созданием быстродействующих электронно-вычислительных машин — компьютеров, предназначенных для того, чтобы облегчить не физический, а умственный труд человека. Уже первые компьютеры могли выполнять по несколько тысяч арифметических и логических операций в секунду, превосходя человека в скорости. Современные компьютеры при весьма малых размерах в тысячи раз превосходят своих предшественников по мощности и могут выполнять несколько миллиардов операций в секунду. Разработаны миниатюрные по размерам и вместе с тем невероятно мощные электронно-интегральные схемы, позволяющие разместить на одном кристалле площадью 2—3 квадратных сантиметра 16—20 миллионов элементов. Созданы кристаллы, способные хранить до 256 миллионов бит информации. Это означает, что число операций, приходящихся на единицу объема компьютера и человеческого мозга, становится однопорядковым. Существуют самопрограммирующиеся компьютеры, которые на основе заложенных в них программ создают новые, более совершенные и сложные программы, исправляют ошибки, допущенные программистами, и даже конструируют другие автоматически действующие электронные устройства. В мире работают миллионы электронных автоматов-роботов, заменивших на некоторых заводах рабочих у конвейеров и полностью автоматизировавших ряд тяжелых работ. Роботы выполняют сложную работу в банках, конторах, сберегательных кассах. В связи с этим существует вопрос: могут ли компьютеры мыслить? Не вытеснят ли они человека как мыслящее существо, не заменят ли его со временем на нашей планете? Этот вопрос имеет не только философский, но и общественно-политический смысл. Мы обсудим этот вопрос в форме диалога и введем двух персонажей А и В,

достаточно хорошо знакомых с проблемой и способных взглянуть на нее с различных точек зрения.

А. Современные компьютеры способны производить очень сложные вычисления. Они обладают гигантской памятью, позволяющей поместить на магнитных или оптических носителях информацию, содержащуюся в миллионах книг, и разыскать каждое слово или отдельную фразу в этом массиве за доли секунды.

В. Но означает ли это, что машина обладает разумом?

А. Философы и естествоиспытатели до сих пор не пришли к единому мнению, что следует называть разумом или умом. Существуют сотни определений, каждое из которых схватывает какую-то одну сторону вопроса, но общепринятого определения нет до сих пор.

В. Можно ли в таком случае найти ответ на наш вопрос?

А. Надеюсь, что можно. Совершенно четкие однозначные определения вообще большая редкость. Они оказываются полезными лишь в относительно простых случаях и достаточно формализованных теориях, например в математике или теоретической физике. Да и там такая однозначность довольно условна. До сих пор, например, не существует единого определения числа и даже того, что такое математика. Один ученый в шутку сказал, что без этого можно обойтись, так как интуитивно это понятно, ибо математика — это все то, чем занимаются математики.

В. Может быть, и мы обратимся к опыту и скажем, что под мышлением и познанием мы будем подразумевать всю известную нам интеллектуальную и особенно познавательную деятельность, результатом которой является преобразование получаемой человеком информации и знания.

А. К этому я хотел бы добавить, что Р. Декарт считал важнейшими признаками разума память, набор выполняемых операций (утверждения, отрицания, сравнения, различения, отождествления, выводы и т.п.) и быстродействие. Впоследствии этот подход получил подтверждение в трудах многих современных философов и психологов.

В. Но в таком случае современные компьютеры, реализующие большой набор операций со скоростью несколько миллиардов операций в секунду, должны мыслить и познавать мир гораздо успешнее человека.

А. Уже сейчас они способны доказывать некоторые теоремы; выполнять вычисления, недоступные человеку; вести с ним диалог на естественном языке; автоматически управлять производственными

системами; руководить деятельностью роботов, обеспечивая им цветное и объемное зрение, понимание звуковой речи и принятие некоторых самостоятельных решений. Компьютеры в состоянии автоматически пилотировать боевой самолет, читать и переводить тексты.

В. Но тогда и спорить не о чем. Компьютеры, стало быть, способны к мышлению и познанию.

А. Напротив. Тут только мы и коснулись острых углов проблемы. Дело в том, что информационная деятельность компьютеров основана на взаимодействии технического устройства и программы, составляемой человеком. Компьютер, следовательно, просто реализует программу, созданную программистом. Он выполняет его указания, а не мыслит самостоятельно.

В. Но ведь и ребенок, который учится говорить и действовать, по существу, программируется взрослыми в процессе обучения и воспитания. Сообщая ему правила арифметики или грамматики, мы создаем для него вычислительную или речевую программу. Если бы мы не программировали детей и друг друга на протяжении всей жизни, мы бы не могли понимать друг друга, взаимодействовать, поступать слаженно и организованно.

А. Между деятельностью компьютера и человека есть аналогия, но полного совпадения нет. Каждый компьютер представляет собой техническое устройство, состоящее из ряда блоков: устройства для ввода сигналов и для их кодирования в доступной для него форме, устройства внешней и внутренней оперативной памяти, блока управления и, наконец, устройства для вывода информации в виде текста, изображения или звуковых сигналов. Нечто подобное мы находим и в устройстве высшей нервной деятельности, то есть в мозгу человека. Однако качественные различия между мозгом и компьютером невероятно велики и останутся непреодолимыми даже с учетом самых фантастических достижений научно-технического прогресса.

В. Что вы имеете в виду?

А. Человеческий мозг, несмотря на меньшую скорость переработки информации, способен совершать то, что не способны делать компьютеры, а может быть, и никогда не будут способны.

В. Но почему? Ведь уже сейчас говорят о квантовых компьютерах и о биокomпьютерах, в которых носителями информации будут отдельные электроны или фотоны, а роль микропроцессоров станут выполнять сконструированные с помощью генной инженерии и биотехнологии молекулы. Не значит ли это, что ваши возражения учи-

тывают лишь сегодняшнее и завтрашнее состояние компьютеров, но не имеют в виду более длительную перспективу?

А. Отнюдь нет. Я думаю, что мы находимся лишь в самом начале новой компьютерной эры. И все же суть моих возражений в другом. Во-первых, человек каким-то способом умеет оперировать целостными образами, а не отдельными описаниями воспринимаемой ситуации. Гроссмейстеру иногда достаточно бросить взгляд на шахматную доску, чтобы оценить ситуацию. Компьютер же должен просчитывать тысячи и даже миллионы вариантов. При этом объем расчетов нарастает как снежный ком. Во-вторых, мы не знаем, каким именно способом мы оперируем сложнейшими образами, а следовательно, не можем составить набор необходимых правил для компьютера. В-третьих, в переработке информации, получаемой человеком, участвуют не только клетки коры больших полушарий мозга, но и триллионы клеток других его органов, молекулы ДНК, находящиеся во всех клетках организма, и огромное количество нервных и других клеток, расположенных во всех органах человеческого тела.

Наконец, между нервными клетками существует прямо-таки астрономическое число различных связей, и поэтому реализация на компьютерах всех возможных взаимодействий, осуществляемых в ходе переработки информации человеком, вряд ли возможна.

В. Итак, вы утверждаете, что мышление доступно лишь человеку в силу его телесной организации.

А. На этот счет имеются разные точки зрения. Некоторые ученые полагают, что компьютеры никогда не смогут мыслить именно в силу того, что мышление присуще особой человеческой телесности. Напротив, кибернетики и специалисты по информатике считают, что в принципе мышление доступно компьютерам, поскольку сущность мышления определяется не тем, кто мыслит и каков материальный субстрат познания — мозг, кремниевый или биологический микропроцессор, а в том, какие при этом выполняются операции. Если мы сможем изучить эти операции, то сможем найти соответствующие алгоритмы и построить программы для компьютеров.

В. А сможем ли мы это сделать?

А. Считать, что само мышление не может быть изучено и познано и что выполняемые им операции не могут быть изучены, значило бы впадать в особый, «компьютерный агностицизм». Мы слишком часто в прошлом накладывали те или иные запреты, которые

наука впоследствии преодолевала. Теперь такие ошибки не следует повторять.

В. На чем же в таком случае основано ваше соображение о том, что компьютеры не смогут во всем объеме воспроизвести человеческое мышление?

А. Дело в том, что процесс познания включает в себя момент творчества, то есть внерациональные действия, осуществляемые не по правилам. Впрочем, для них и нельзя сформулировать правила. Они рассчитаны на познание человеком всего своеобразного, неповторимого, индивидуального и в окружающей действительности, и во внутреннем, духовном мире самого человека. Именно к творчеству компьютеры и не приспособлены, и пока не видно, каким образом это затруднение можно было бы обойти. Однако и на этом основании я не хотел бы делать слишком категоричных заключений. **Задача науки не в том, чтобы диктовать условия или устанавливать пределы науки, а в том, чтобы очерчивать действительно сложные, действительно неясные проблемы и нацеливать ученых на их решение.** Именно в этом смысле она не раз оказывала стимулирующее влияние на прогресс человечества и научного познания. Сможем ли мы найти способ создавать правила, а следовательно, и программы для решения индивидуальных, чисто ситуационных, не повторяющихся, нестандартных задач — открытый вопрос, а поскольку сегодня не видно путей его решения, я и говорю о том, что в обозримом будущем компьютеры вряд ли смогут соревноваться с человеком.

В. Но вы согласитесь с тем, что развитие теории искусственного интеллекта и новые открытия в области информационной технологии могут оказать стимулирующее влияние и на человеческое познание. Освобождая нас от рутинных, стандартных и трудоемких операций, разгружая память от ненужной информации и открывая доступ к новой и нужной, компьютеры позволят нам все в большей степени развивать наши собственные творческие возможности.

А. Безусловно. Компьютеры уже сейчас способны выполнять ряд интеллектуальных операций. Это должно нас радовать. Вместе с тем это показывает, как важно глубокое научное понимание структуры и содержания мышления и для совершенствования информационной технологии, и для совершенствования познавательных способностей человека.

Мы обсудили здесь, в чем сходство и отличие обработки информации и ее преобразования человеческим мозгом и компьютером. Несмотря на то что в этом вопросе еще много

неясностей, наука стремительно преодолевает одно препятствие за другим, делая компьютеры полезным инструментом человеческой деятельности.

2.4.4. Количество, качество, мера и скачок

Сталкиваясь с различными вещами и процессами в быту, на производстве, в общественной жизни, люди научились отличать эти вещи друг от друга, отождествлять или противопоставлять их. Это оказывается возможным потому, что в самой объективной действительности различные явления обладают некоторой устойчивостью. На протяжении большего или меньшего промежутка времени те черты, которыми они отличаются от других явлений и процессов, остаются неизменными, то есть равными самим себе. Эту особенность явлений объективного мира обычно обозначают при помощи понятия «качество». Будучи в известном смысле постоянными и неизменными, те же самые явления и процессы могут изменяться, не превращаясь тем не менее в нечто другое, оставаясь по-прежнему самими собой. Эта их особенность обозначается понятием «количество». Так, внешность человека на протяжении его жизни претерпевает различные изменения: изменяется цвет кожи, седеют или редеют волосы, меняется вес, число и расположение морщин на лице и т. д. Эти изменения можно назвать количественными. И все же, разглядывая такого человека или его фотографии, сделанные в разное время, можно утверждать, что это одно и то же лицо, одни и тот же человек и что, следовательно, качественные его характеристики в основном сохраняются.

Понятия «качество» и «количество» играют решающую роль для изучения всех форм движения и развития и поэтому входят в число важнейших категорий. Однако теория познания не была бы научной дисциплиной, если бы она просто заимствовала свои категории из повседневной жизни, не углубляя и не уточняя их. Каков же научный смысл этих категорий?

Каждое явление, с которым мы имеем дело, можно рассматривать как систему. Для врача системой является человеческий организм, состоящий из десятков органов, их частей и различных связей и отношений между ними; для рабочих и инженеров системой является данное предприятие, включающее в себя множество цехов, бригад, поточных линий, станков и объединяющих их технологических связей и отношений. На протяжении определенного времени основные подсистемы, элементы и связи, обеспечивающие

жизнедеятельность и существование каждой такой системы, остаются более или менее устойчивыми, сохраняют свои основные признаки и характеристики и этим обеспечивают ее целостность, равенство самой себе. ***Совокупность основных элементов, связей и отношений, обеспечивающих в определенном промежутке времени устойчивость и существование данной системы, ее тождественность самой себе и вместе с тем отличающих ее от других систем, отражается категорией «качество», или «качественная определенность».***

Отдельные ***проявления качества называются свойствами***, поэтому нередко говорят, что качество есть устойчивая совокупность определенных свойств. Так, органическое вещество «сахар» представляет собой вполне определенное качество, а белый цвет, присущий сахару, или способность вызывать сладкий вкус, способность растворяться в воде и т. п. — его отдельные свойства.

Хорошо известно, что любые явления и процессы претерпевают со временем более или менее заметные изменения. С возрастом меняется состав крови человека, появляются и исчезают различные физиологические функции, изменяются размеры различных органов и т. д. На предприятии появляются новые и исчезают старые станки, поточные линии, целые цехи и бригады. При этом и человек, и предприятие сохраняют свою качественную определенность. ***Те связи и отношения, изменения которых в определенных границах меняют отдельные свойства и характеристики данной системы, но не нарушают ее качественной определенности, называются количественными, а отражающая их категория — количеством, или количественной определенностью.***

Количественная определенность так же ***объективна***, как и качественная. Внутри данного качества могут происходить постепенные количественные изменения отдельных признаков или характеристик. Их можно измерить и сравнить по степени или интенсивности нарастания или убывания. Результаты измерений всегда можно выразить с помощью чисел, поэтому ***для изучения и описания количественных изменений может быть применена математика***. Изучение количественных изменений составляет основу применения математики к самым различным процессам в природе, обществе и мышлении.

В приведенном определении количества встречается одно важное выражение: «определенные границы». Оно заслуживает особого внимания. Дело в том, что ***количественные изменения, то есть изменения связей, элементов и подсистем, не нарушающие***

качественную определенность данного явления, могут происходить лишь до определенных границ. За пределами этих границ количественные изменения приводят к разрыву качественных связей и отношений, к разрушению основных элементов и подсистем. Такие границы называются мерой. Каждое явление, обладающее особым качеством и отличающееся от других явлений, обладает своей особой мерой. Нарушение меры приводит к тому, что данное качество разрушается. Старые связи и отношения разрываются, частично или полностью исчезают, разрушаются и изменяются прежние элементы и подсистемы. Вместо них устанавливаются новые основные связи, отношения, подсистемы и элементы, а следовательно, возникает новое качество. *Такой разрыв старых качественных связей и отношений, разрушение или замена данных элементов и подсистем новыми называется скачком*. Понятие «скачок» также заимствовано из повседневной жизни, но в теории познания оно приобретает особый смысл. Главный смысл этого понятия состоит не в том, что совершается какое-то быстрое перемещение, перестановка или прыжок в пространстве, а в том, что имеет место разрыв, преобразование основных устойчивых качественных связей, элементов и подсистем данного явления. Конечно, чаще всего такой разрыв происходит относительно быстро, если сравнивать его с предшествующим периодом количественных изменений. Поэтому-то количественные изменения и воспринимаются нами как плавные, постепенные, «гладкие» или медленные, а скачки, или качественные изменения, воспринимаются как перерыв постепенности, как мгновенное, или «взрывное», изменение. В действительности же в конкретном случае скачок может быть более или менее продолжительным и сложным. Его «краткосрочность» условна, и о ней можно говорить лишь в сравнении с предшествующими количественными изменениями. Известно, например, что качественные изменения при переходе от одной геологической эпохи в истории земли к другой занимали миллионы лет. Они могут казаться краткосрочными, мгновенными лишь в сравнении с предшествующими этапами относительно медленных количественных геологических изменений, длившихся сотни миллионов лет. Крупные научные открытия, например открытие немецким физиком М. Планком квантов физического действия, кажутся иногда мгновенным озарением, некоторым моментальным скачком в научном познании. И действительно, сама формулировка идеи кванта заняла несколько дней, этот срок кажется коротким лишь в сравнении с годами упорной предшествующей работы, на протяжении

которых Планк подходил к выработке этой принципиально, качественно новой идеи современной физики. **Еще более краткосрочным кажется атомный взрыв, в котором происходит качественное преобразование энергии внутренней связи атомного ядра в лучистую и тепловую энергию.** Но с научной точки зрения очень важно понять, что **главной характеристикой процессов, отраженных в категориях «количественные изменения» и «качественные изменения» («скачок»), является не продолжительность процесса, а его содержание, его сущность**, ибо в первом случае происходит лишь изменение определенных связей элементов и подсистем в рамках данного качества, во втором же — они разрушаются, разрываются, образуется новое качество.

2.4.5. Некоторые выводы. Синтезирующая функция познания

Рассмотренные в этом разделе категории имеют важное методологическое значение. Они показывают, каково общее направление нашей познавательной деятельности. Изучая, исследуя окружающий мир, ученый, общественный деятель, любой активный сознательный человек должен рассматривать его не как хаотическое скопление случайностей, а как единый взаимосвязанный материальный процесс, существующий объективно и развивающийся по своим законам. **Не только мир в целом представляет собой гигантскую материальную систему, но и его отдельные части оказываются особыми системами, которым присущи необходимые устойчивые связи и которые обладают своими элементами и структурами.** Из этого следует, что к познанию мира нельзя подходить с позиций субъективного идеализма, поскольку он отрицает объективный характер окружающих нас явлений. К познанию мира нельзя подходить и с позиций объективного идеализма, который во всех окружающих явлениях видит лишь проявление сознания и находит лишь закономерности мысли, не понимая того, что мышление и сознание сами представляют собой продукт сложного развития материального мира.

Наконец, и метафизический материализм, отрицающий всеобщий характер изменения и развития, не может ответить на вопрос, как возникают мышление и сознание, не может нацелить наш разум на изучение объективных законов движения, развития, а ведь именно это и составляет важнейшую задачу всей современной науки.

Тот, кто не замечает всеобщего, универсального характера изменения, движения и развития природы и общества, тот будет ошибаться и в решении практических общественно-политических задач. В быстро меняющемся современном мире знание объективных законов изменения общественных систем и структур — необходимое условие успешной деятельности.

Рассмотренные в данном разделе категории диалектического материализма помимо мировоззренческой и методологической функций выполняют еще одну важную функцию. С помощью этих категорий осуществляется синтез, объединение самых различных научных знаний в единую картину мира, что позволяет рассмотреть в целом все формы движения материи — от простейшей, механической, до высших и сложнейших. Неодушевленные предметы и одушевленные существа, низшие формы отражения и его высшая форма — сознание, процесс возникновения жизни, труд как общественная деятельность и язык как материальный носитель мысли — все это оказывается «вписанным» в единую картину, объединено, синтезировано в едином мировоззрении.

Физика, химия, биология, астрономия, история, кибернетика и другие науки решают свои задачи своими особыми методами и вырабатывают свои особые, более или менее широкие понятия и представления об изучаемых предметах. Но ни одна из них не может синтезировать и объединить в рамках единой картины мира результата других наук. Теория познания не заменяет и не подменяет другие науки, вырабатывая категории, позволяющие синтезировать главные и основные выводы остальных наук, относящиеся к общей картине мира и дающие представление о нем как о чем-то целом. При этом удастся синтезировать, объединить в рамках единого мировоззрения самые различные явления. Это позволяет понять их место в изменяющемся мире, их взаимосвязь и правильно предвидеть их дальнейшее развитие. Таким образом, теория познания выполняет еще и функцию синтеза знания.

3. Познание и действительность

В предыдущих разделах мы рассмотрели материалистическое решение первой стороны основного вопроса теории познания, выяснили, как возникло сознание, каковы его особенности, как проявляется взаимодействие общественного бытия и общественного сознания в историческом развитии. Теперь нам следует перейти ко

второй стороне основного вопроса теории познания, то есть к вопросу о том, как человек познает окружающий мир, чем проверяется правильность наших знаний о природе, обществе и самом человеческом мышлении.

3.1. Диалектика процесса познания

3.1.1. Что значит знать?

Современный человек располагает обширными знаниями и самыми разнообразными навыками. Одни знают, как управлять автоматическими станками, другие умеют строить космические корабли и совершать на них полеты, третьи в состоянии расщепить атомное ядро и использовать его энергию. Каждому хорошо известно, что знания, особенно научные, являются важной движущей силой производства. Только на их основе можно устранить острые противоречия между природой и обществом и разумно преобразовать само это общество, сделать человеческую жизнь более интересной, здоровой и осмысленной. Однако далеко не каждый может ответить на вопрос, что такое знание, как оно возникает, где его источник, как отличить правильное знание от неправильного и есть ли у нас гарантии, что мы вообще в состоянии познать самих себя и окружающий мир.

500 лет назад люди считали, что Земля находится в центре мира, а планеты и Солнце вращаются вокруг нее. Теперь любой школьник знает, что Земля и другие планеты вращаются вокруг Солнца. Но наши ежедневные наблюдения по-прежнему свидетельствуют о том, что Солнце восходит на востоке, а заходит на западе. До конца XIX века ученые считали, что атомы — мельчайшие неделимые частицы вещества. До середины XX века они думали, что неделимыми являются элементарные частицы. Но и эти представления тоже неверны. И элементарные частицы имеют внутреннюю структуру. До полетов на Луну многие ученые думали, что она возникла в результате отрыва от Земли огромного куска раскаленной массы под воздействием какого-то гигантского небесного тела, пролетавшего мимо. Данные, доставленные с Луны, показали, что прежние гипотезы неудовлетворительны и требуются дополнительные исследования, чтобы составить более верное представление о происхождении Луны. Все это заставляет задуматься над тем, существуют ли какие-либо прочные и надежные знания. Сегодня мы считаем, что хорошо знаем какое-нибудь явление, а завтра окажется, как это не раз бывало в прошлом,

что наши знания ошибочны. Ответить на вопрос, что такое знания, непросто, и эту мысль отчетливо сформулировал гётевский Фауст:

Что значит знать? Вот, друг мой, в чем вопрос.

На этот счет у нас не все в порядке.

Немногих, проникавших в суть вещей

И раскрывавших всем души скрижали,

Сжигали на кострах и распинали,

Как вам известно, с самых давних дней.

В этих словах верно подмечено, что знания, особенно если они расшатывают устоявшиеся предрассудки, противоречат идеологии господствующих научных кланов и религиозному мировоззрению или обосновывают необходимость общественных преобразований, нередко встречаются в штыки, вызывают острое сопротивление противников научного прогресса. Мы знаем, что церковники сожгли на кострах Джордано Бруно, проповедовавшего учение Коперника, и Сервета, открывшего кровообращение, реакционеры всех мастей преследовали учение Дарвина о происхождении человека, а приход к власти гитлеровского фашизма сопровождался преследованиями прогрессивных ученых.

Что такое знание, как оно возникает, как изменяется и развивается, как устанавливается его соответствие объективной действительности — все это не праздные вопросы. Решение их — одна из важнейших и специфических задач теории познания, так как другие научные дисциплины изучением особенностей процесса познания не занимаются. Теория познания, или гносеология, как раз и составляет тот раздел общей науки, который отвечает на только что перечисленные вопросы.

3.1.2. Познание как отражение

Все материалисты исходят из того, что познание представляет собой особую форму отражения действительности. В чем же эта особенность? Мы уже знаем, что **отражение — всеобщее свойство материи**. Однако из этого не следует, что на всех уровнях отражения существует познание. Оно возникает лишь с возникновением человека. Но и там, где речь идет о деятельности человека, понятие «отражение» употребляется по-разному. Вот несколько примеров:

1. Наши войска успешно отражают атаки противника.
2. Зеркало отражает лицо девушки.
3. Эта картина отражает русскую природу.
4. Эта симфония отражает переживания композитора.

5. Законы науки отражают глубинные связи объективных явлений.

В первом случае отражение понимается как сопротивление войскам противника. Слово «отражают» можно заменить словом «сопротивляются». Во втором случае такая замена невозможна, ибо зеркало не сопротивляется лицу девушки. В третьем случае речь идет о наличии зрительно воспринимаемого сходства между некоторым явлением природы и изображением на картине. В отличие от случая с зеркалом, здесь важен не физический процесс отражения световых лучей, а наличие некоторого геометрического и цветового подобия. В четвертом случае под отражением понимается способность музыки вызывать у слушателей те психические переживания, которые хотел вызвать у них композитор, сходные с его собственными. Лишь в пятом случае понятие «отражение» употребляется в том смысле, в каком это принято в теории познания. Каков же этот смысл? Что имеют в виду, когда говорят, что наши знания отражают те или иные явления?

Все знания, которыми мы располагаем, относятся либо к определенным явлениям и процессам, либо к определенным действиям и видам деятельности человека. Говоря о необходимости сложить или умножить два числа, мы должны знать не только, что такое число, но и как производятся действия сложения и умножения. Приступая к строительству здания, мы должны знать не только, что такое кирпич, строительная конструкция и т. д., но и как осуществляются строительные работы.

Знания всегда выражаются в языке в виде отдельных слов и групп слов, с помощью которых формулируются понятия, а также в виде предложений, посредством которых описываются свойства и отношения между предметами или различные виды человеческой деятельности. Те или иные предложения могут описывать также внутренние переживания человека или психические процессы. Между отдельными словами, группами слов или предложениями, с одной стороны, и явлениями окружающего нас мира — с другой, не существует какого-либо внешнего сходства или подобия, которое можно было бы установить с помощью органов чувств. Поэтому, говоря, что наши знания отражают действительность, мы имеем в виду особое соответствие понятий и суждений (высказываний) явлениям окружающего мира и определенным действиям, осуществляемым человеком. Это означает, что определенным понятиям соответствуют вполне определенные явления, процессы или виды действий. Это означает также, что с помощью определенных суждений мы можем описать и распознать вполне

определенные свойства и отношения между явлениями и процессами объективной действительности. Это, наконец, означает, что, формулируя определенные правила деятельности, отдавая или получая приказания и распоряжения, мы знаем (понимаем), какие действия и поступки следует или не следует совершать, чтобы добиться тех или иных целей. Именно таков смысл утверждения, что наши знания являются отражением объективной действительности.

Знания не существуют сами по себе. Они представляют собой результат особого процесса — процесса познания, или познавательной деятельности человека. Следовательно, для того, чтобы глубже и правильнее понять сущность знаний, чтобы ответить на вопрос, что значит знать, необходимо изучить *процесс познания, его источники и основные этапы*, на которых формируется, создается человеческое знание. Важно также понять, каким образом проверяется и подтверждается соответствие наших знаний объективной действительности, что необходимо сделать, чтобы оно было более полным и глубоким.

3.1.3 Беседа об источниках познания

Вопрос об источниках наших знаний, о том, с чего начинается познание действительности, обсуждался в истории философии с глубокой древности. Материалисты, например Демокрит и Эпикур, считали, что знания возникают в результате воздействия материальных атомов на наши органы чувств. Идеалист Платон полагал, что человек заключен как бы в пещеру, перед входом в которую проплывают фигуры, отбрасывающие тень на ее заднюю стену. Рассматривая эти тени, которые он отождествлял с материальными вещами, мы пытаемся припомнить, восстановить отбросившие их фигуры, то есть идеи. Именно вечные и неизменные идеи и есть, согласно ему, источник знаний. В Новое время четко оформились два направления: эмпиризм и рационализм. Сторонники первого считали, что источником знаний являются чувственные ощущения и построенный на них опыт. Сторонники второго полагали, что знания порождаются самим человеческим разумом, самой способностью к мышлению, якобы изначально присущей человеку. С эмпиризмом тесно связан сенсуализм (от лат. *sensus* — восприятие, чувство, ощущение). Представители сенсуализма зачастую отрицали значение теоретических и отвлеченных форм познания и целиком сводили все знания к чувственности. Среди сенсуалистов было немало ма-

териалистов, считавших, что чувственные ощущения вызываются внешним миром, но крайние формы сенсуализма, исходившие из того, что единственная реальность — это ощущения, непосредственно приводили к субъективному идеализму и агностицизму). Чтобы ознакомиться с доводами эмпириков и рационалистов, прислушаемся к беседе, участниками которой являются условные персонажи, выражающие позицию рационализма, эмпиризма, а также диалектического материализма.

Эмпирик (Э). Каждый нормальный человек на вопрос, откуда известно, что роза красная и прекрасно пахнет, сошлется на свои ощущения. Я вижу, скажет он, красный цветок и ощущаю его аромат. Следовательно, ощущения — подлинный источник знаний.

Рационалист (Р). Но ведь мы имеем дело не только с тем, что можно ощущать и наблюдать. Откуда, например, берутся знания о том, что сумма углов треугольников равна двум прямым, знания об элементарных частицах или знания о законах общественного развития? Мы не можем их увидеть, понюхать, потрогать.

Э. Мы можем начертить несколько разных треугольников, несколько раз измерить их углы, а потом обобщить и сформулировать теорему о сумме внутренних углов. Что касается элементарных частиц, то мы видим показания разных приборов и совокупность этих показаний в одном случае называем электрон, в другом — протон, в третьем — позитрон и т. д. Реально существуют лишь чувственные впечатления от стрелок прибора, а понятия «электрон», «протон» и т. д. лишь слова, обозначающие эти ощущения. Что касается законов общественного развития (например, классовой борьбы), то это тоже понятия, которые обозначают разнородные чувственные впечатления. Люди выходят на баррикады, устраивают забастовки, демонстрации, при этом они испытывают какие-то ощущения, впечатления и называют их словами «классовая борьба» и т. п. Никакой другой реальности за этими словами нет, и в этом следует честно признаться.

Р. Но тогда мы оказываемся просто в плену различных ощущений. Ведь среди них бывает много ошибочных. Известно, что бывают разные галлюцинации, обман органов зрения или слуха и т. д. Если мы будем всему этому доверять, то мы постоянно будем впадать в противоречия. Как же мы сможем отличить верные ощущения от неверных? Ведь нельзя же одни ощущения проверять при помощи других, столь же ненадежных.

Диалектический материалист (Д.м.) (вступая в спор). К этому следует добавить, что в науке, да и в обыденной жизни есть немало

понятий и утверждений, которые нельзя сколько-нибудь простым способом свести к чувственным восприятиям и ощущениям. В физике, например, говорят о скорости света, равной 300 тысячам километров в секунду. Мы можем понять, что это такое, но ощутить такую скорость мы не в состоянии, так как наши органы чувств к этому не приспособлены. Известно, что дальтоники не отличают красный цвет от зеленого, а мы с вами отличаем. Чьим же ощущениям нужно верить? В математике доказываются теоремы о фигурах в многомерных пространствах. И хотя эти теоремы безукоризненно точны, создать чувственный образ такого пространства невозможно.

Э. Но какое же значение имеют такие теоремы, если они несводимы к ощущениям?

Д. м. С их помощью и с помощью многих других утверждений, несводимых к ощущениям, можно получить важные практические результаты, научиться управлять физическими и химическими процессами. То же самое происходит и в общественных науках. Если бы понятия «классовая борьба» и «законы общественного развития» были бы простыми названиями для совокупности ощущений, то от них можно было бы легко отделаться, изменив впечатления и ощущения. Но в том-то и дело, что классовая борьба и развитие общества происходят независимо от воли и сознания, ощущений и впечатлений отдельных людей.

Р. В таком случае я предлагаю считать источником наших знаний человеческий разум.

Э. Что это значит?

Р. Следует признать, что человеку присуща врожденная способность мыслить. Он в состоянии выявить основные глубинные знания о мире, заложенные богом или природой в его душу. Декарт, например, считал, что такие знания создал бог, а материалист Спиноза считал их порождением материальной субстанции. Но как бы то ни было, найдя, придумав или открыв эти знания, мы можем все остальное вывести из них по законам логики, а уж потом, при помощи эксперимента или наблюдения, проверить, насколько они применимы к миру. Главное — выводить знания друг из друга, шаг за шагом, последовательно, ничего не пропуская.

Э. Но ведь так любая сказка может сойти за науку. Достаточно последовательно и логично рассказать про колдунов, ведьм, летающих на помеле, и т. д. и сказать, что исходные знания вы усмотрели в своей душе, чтобы принять на веру любую выдумку.

Р. Но ведь я говорил еще и о проверке с помощью эксперимента и наблюдения.

Э. В этом ваша непоследовательность, ведь вы же сами говорили, что ощущения, а следовательно, и основанные на них наблюдения могут быть обманчивы. Я не вижу, какие преимущества дает рационализм.

Д. м. Обе ваши точки зрения односторонни, и обе они рано или поздно могут привести к идеализму. Эмпиризм, утверждая, что единственный источник знаний — ощущение, скатывается к субъективному идеализму и агностицизму. Получается, что за ощущениями ничего не скрывается, материальный мир исчезает. Рационализм же ведет к объективному идеализму, так как признает существование извечных врожденных знаний, не зависящих от реальных социальных условий, от предшествующего опыта и практической деятельности людей.

Э. Что же вы предлагаете?

Д. м. Обе точки зрения — результат метафизического разрыва и противопоставления чувственного (эмпирического) и рационального познания. Но главная ошибка в том, что вы придаете всему познанию упрощенную двучленную форму: «человек — противостоящий ему мир» — и не видите никакой связи между этими двумя членами. В действительности же между человеком и внешним миром существует сложная связь. Она проявляется в особой человеческой деятельности — практике, основу которой составляет материальное производство, предметно-орудийная деятельность. **Именно практика и является основой и источником нашего познания и средством проверки его правильности.** Чтобы убедиться в верности данной точки зрения, необходимо более подробно рассмотреть, как происходит процесс познания: какую роль в нем играют ощущения, как возникают абстрактные понятия и знания и какова роль в этом процессе материальной деятельности людей.

3.1.4. Роль ощущений в процессе познания

Ощущения возникают в результате воздействия объектов внешнего мира на наши органы чувств. Рассмотрим этот процесс на примере образования зрительных ощущений.

Солнечный свет, состоящий из потоков электромагнитных полей (фотонов), обладающих определенной энергией, падая на какой-то предмет, допустим яблоко, частично отражается от его поверхности, частично же поглощается ею. Отраженные (отброшенные) поверхностью яблока лучи попадают в глаз человека. В зависимости от физического и химического строения поверхности энергия отбро-

шенных лучей меняется. В глазу человека они претерпевают ряд превращений и преобразований. Преломляясь в хрусталике по законам оптики, световые волны оставляют на сетчатке глаза в сотни, а то и в тысячи раз уменьшенное изображение предметов, которыми они отброшены. Клетки сетчатки передают через нервные волокна биоэлектрические импульсы, вызывающие в клетках зрительного центра мозга особое преобразование, результатом чего и являются **различные зрительные ощущения цвета и формы**. Эти ощущения объединяются в нечто целое, или, как говорят, синтезируются в то, что мы называем зрительным образом предмета (например, яблоко).

Размышляя над процессом возникновения зрительного образа, мы приходим к следующим выводам: зрительный образ существует в мозгу человека, следовательно, он субъективен. Он возникает в результате многочисленных преобразований и превращений **материальных световых волн**, отбрасываемых поверхностью предмета. **Волны фокусируются в особые биоэлектрические импульсы, которые вновь преобразуются в цветовые и пространственные геометрические ощущения в клетках мозга. В результате полученный в мозгу образ строго соответствует именно данному объекту, помогает отличить его от всех других.** В этом смысле мы и говорим, что зрительное ощущение есть отражение объективного предмета. В. И. Ленин, характеризуя роль ощущений в процессе познания, указывал, что ощущения есть «субъективный образ объективного мира» и вместе с тем «превращение энергии внешнего раздражения в факт сознания».

Другой важный вывод состоит в том, что характер ощущений зависит не только от устройства зрительного аппарата, то есть глаза человека, и не только от особенностей объекта, но и от их взаимодействия. Само же это взаимодействие осуществляется в форме практической материальной деятельности и без нее вообще не приводит к формированию правильного образа вещи. Изображение Останкинской башни на сетчатке глаза занимает всего несколько миллиметров, тогда как наш мозг, создавая зрительный образ этого гигантского здания, автоматически бессознательно соотносит его с другими предметами, и мы получаем правильное представление о его размерах. Эта способность мозга не прирождена нам. Новорожденные дети ею не обладают. Она вырабатывается в процессе длительного практического обучения на основе личного опыта и общественной практики. А вот и другой пример. В темной комнате человеку без предупреждения показывают с помощью перевернутой киноленты

горящую свечу. Язычок пламени и дым направлены вниз, однако мозг, в который наша практическая жизнь заранее заложила необходимую информацию, автоматически исправляет «ошибку» киномеханика, и мы видим нормальное привычное изображение свечи с устремленным вверх язычком пламени. Известно, что верхолазы и люди, впервые поднявшиеся на большую высоту, по-разному определяют размеры находящихся на земле предметов. Жители лесов и степей по-разному воспринимают пространственную перспективу. Это зависит не от устройства их органов зрения, а от той личной и общественной практики, от культуры восприятия, которую они усваивают с воспитанием и в процессе своей жизни.

Что же можно теперь сказать о роли ощущений в познании?

Ощущения представляют собой субъективный образ, отражающий объективный мир. Однако это не простой зеркальный, как считали эмпирики, а очень сложный процесс отражения, включающий в себя ряд качественных преобразований и диалектических отрицаний. **Ощущения дают нам исходную, изначальную информацию об отражаемых объектах.** Но зависит она не только от особенностей объектов и нашей нервной системы. Важный вклад в формирование ощущений вносят опыт человека, общественная практика, вся исторически сложившаяся культура, обобщающая историческое развитие. Это положение диалектического материализма имеет основополагающее значение для понимания роли ощущений в процессе познания.

3.1.5. Роль абстракций в процессе познания. Метод восхождения от абстрактного к конкретному

Человек в своей деятельности не может пользоваться лишь ощущениями и чувственными образами. Для того чтобы понять, а тем более преобразовать мир, их явно недостаточно. Но почему? Во-первых, потому, что мы не можем передать другим людям свои ощущения, хотя можем о них рассказать, не в состоянии мы и ощутить образы, существующие в мозгу других людей, хотя можем узнать о них в беседе или читая книги. Во-вторых, и в повседневной жизни, и в науке нам приходится сталкиваться с такими знаниями, которые нельзя получить или выработать с помощью чувственного восприятия, то есть процесса ощущений. Нельзя, например, увидеть, услышать, понюхать или потрогать число, исторический процесс, материю и т. д., хотя можно увидеть два яблока, быть свидетелем таких исторических со-

бытий, как война, запуск первого искусственного спутника, или потрогать и понюхать определенный материальный предмет, например цветок или чашку кофе. Для того чтобы выработать сложные знания о мире в целом, о происходящих в нем процессах, чтобы передавать, хранить и создавать новые знания, нам необходимы понятия и связанные с ними логические процессы. В каком же отношении эти виды знаний находятся к ощущению? Как они возникают?

Процесс создания понятий часто называют процессом абстрагирования (от лат. *abstractio*—отвлечение), а понятие поэтому называют также абстракцией. Процесс абстрагирования проходит несколько этапов. **На первом этапе** происходит как бы группировка различных предметов, вызывающих у нас сходные ощущения и чувственные образы. Например, спелое яблоко, цветок гвоздики, морковь и кровь млекопитающего, несмотря на все различия, имеют общее свойство, благодаря которому вызывают у нас сходное цветовое ощущение — красный цвет. От того, что отличает один предмет от другого, мы отвлекаемся, то есть абстрагируемся, как бы отбрасывая все различия. **На втором этапе** мы как бы приравниваем, отождествляем различные оттенки или варианты одного и того же признака. Например, мы можем отождествить все оттенки одного и того же цвета. Сравнивая отношение между рабочим Джоном и владельцем завода Смитом, между арендатором Францем и владельцем земли господином Мюллером, между бедным рыбаком Жаком и владельцем рыбозавода месье Донжем, мы можем отвлечься от различий и возрасте, характере, национальности, языке и т. д. и выделить общее — то, что один человек извлекает прибыль из труда другого. При этом размеры и форма прибыли, а также другие детали нас не интересуют. Мы сравниваем и отождествляем лишь тип общественных отношений. **На следующем этапе** мы как бы закрепляем выделенные свойства и отношения в «чистом», так сказать, идеальном виде, в каком они в самой природе или в обществе, быть может, и не встречаются. Поэтому этот этап иногда называют процессом идеализации. Наконец, **на четвертом этапе** выделенные свойства закрепляются в языке. Это — этап наименования. Данному свойству с помощью отдельного слова или группы слов присваивается название. Так возникает понятие, выраженное в языке. Совокупность предметов, к которому оно относится, образует его значение, а свойство или отношение, закрепленное и отраженное в понятии, образует его смысл. Смысл понятия «красный цвет» — это способность световых лучей определенной энергии вызывать у нас вполне определенное цветовое

ощущение. Значение этого понятия — предметы, отбрасывающие лучи данной энергии. Смысл понятия «эксплуатация» — извлечение выгоды из чужого труда, значение же — определенный тип производственных отношений.

Абстракции, так же как и ощущения, представляют собой отражение объективной действительности. В реальной жизни они вырабатываются и уточняются на протяжении длительного времени. Их исходным пунктом являются ощущения и чувственные образы. Но абстракции, в отличие от них, отражают не только и не столько внешнюю, чувственно воспринимаемую сторону материальных вещей и процессов, **сколько их внутренние связи и отношения, недоступные непосредственному чувственному восприятию.** Абстракции отражают действительность глубже, вернее, полнее. В видно их главное назначение.

Каким же образом абстракции, или абстрактные понятия, помогают понять внутреннее, глубинные связи окружающих нас явлений и процессов?

Вещи в реальном материальном мире обладают бесконечным множеством свойств, сторон и связей. Каждая отдельно взятая абстракция отражает какую-то одну связь или одно свойство, например цвет, форму, причинную зависимость одного явления от другого и т.д. Зато эти отдельно взятые свойства или связи отражаются с максимальной полнотой и точностью. Для того чтобы глубже познать, то есть отразить в нашем сознании, реальные, конкретные вещи, имеющие неограниченное множество связей и свойств, необходимо соединить, связать определенным образом отдельные абстракции в новое, *конкретное* понятие, дающее наиболее полное для данного времени и данной эпохи знание о *конкретной* вещи. **Конкретное понятие, следовательно, есть своего рода сумма, совокупность различных абстракций, или абстрактных понятий, отражающих определенные свойства, стороны и связи данного предмета.** По мере развития нашего познания отражающие объективный мир понятия становятся все более конкретными. Так, понятие о Луне в эпоху античной астрономии было очень абстрактным. Оно включало в себя несколько признаков. Луна вращается вокруг Земли, диск Луны немногим более ладони. Луна светит в ночное время. В XIX веке благодаря развитию астрономии и созданию оптических телескопов было уже известно о существовании гор на Луне, существовании лунных кратеров, были вычислены подлинные размеры Луны, установлено ее расстояние от Земли, выяснено, как она влияет на морские приливы и т.д. В наши дни благодаря посадке на

поверхность Луны автоматических луноходов сведения о лунном грунте, о его химическом строении, о лунных минералах и многих других особенностях естественного спутника Земли колоссально увеличились. Понятие о Луне стало очень богатым, содержательным, более конкретным, чем это было 100 и даже 20 лет назад. **Развитие науки всегда сопровождается возрастанием конкретности научных понятий.**

Необходимо различать и не смешивать конкретные вещи и конкретные понятия. Первые существуют в самой объективной действительности, вне и независимо от сознания, вторые же — результат познавательной деятельности людей. Конкретные понятия возникают в результате последовательного дополнения и уточнения, расширения и синтеза отдельных абстракций, отражающих различные стороны и связи конкретных вещей. Переход от отдельных абстракций к конкретным понятиям называется *методом восхождения от абстрактного к конкретному*. Это восхождение совершается не как попало, а по определенным правилам, законам. Важнейшим из них является требование, чтобы связь между отдельными абстракциями, входящими в более полное, точное и конкретное понятие, отражала объективную реальную связь между свойствами, сторонами и характеристиками явлений и процессов, отражаемых в конкретном понятии. Если связь абстракций внутри конкретного понятия соответствует реальной связи свойств и характеристик изучаемого явления или процесса, то мы получаем наиболее верное и глубокое знание, соответствующее самой объективной реальности.

Понятия, следовательно, не прирождены человеку от природы, не созданы богом. **Они возникают исторически и формируются в процессе абстрагирования. Их исходным пунктом являются ощущения, а средством материального выражения — язык.** Процесс абстрагирования включает в себя и определенные элементы фантазии, творчества. Отвлекаясь от одних признаков, выделяя и группируя другие, человек проявляет определенное активное отношение к действительности. Он руководствуется при этом целями и задачами, которые ставит перед ним жизнь, объективными потребностями, возникающими в его производственной, бытовой и общественной деятельности. Поэтому понятие не только отражает объективную действительность, но и запечатлевает в себе следы человеческой активности, творческой деятельности. Если творческая активность, способная сконструировать понятие, вступает в противоречие с объективными свойствами и связями вещей, то в процессе абстрагирования могут возникнуть и неверные понятия, искаженно,

превратно отражающие объективную действительность. Возможность возникновения подобных понятий существует всегда, и при определенных условиях это может привести к идеализму.

3.1.6. Что такое истина?

В процессе познания мы пользуемся не изолированными, а взаимосвязанными понятиями. Эта взаимосвязь осуществляется с помощью суждений и умозаключений. Посредством суждений и умозаключений мы что-либо утверждаем или отрицаем относительно свойств, взаимосвязей или взаимодействий в окружающем нас мире. Отдельные понятия «дом», «расположение», «гора» мало что говорят нам о том, где находится нужный нам дом. Напротив, суждение или высказывание «дом расположен на горе» дает нам нужную информацию. **Умозаключение — это цепочка суждений, построенных так, что одно из них, по законам логики, следует из других.** Так, например, узнав нужный адрес, мы можем построить умозаключение: «Если нужный нам дом расположен на горе, то нам следует подняться в гору». Однако суждения и умозаключения, при помощи которых человек формулирует самые важные и ценные сведения об окружающем мире, также могут отражать этот мир правильно или неправильно. Для того чтобы отличать суждения, правильно отражающие мир, от тех, которые отражают его неверно, мы пользуемся особыми понятиями: «истина» и «ложь». Что же такое истина?

Вопрос этот очень сложен и является одной из центральных проблем теории познания. Он по-разному решается в идеалистической и материалистической философии. Еще Аристотель считал, что истина — это знания, в которых верно судят об окружающем мире. Впоследствии многие философы соглашались с тем, что истина — это соответствие мысли с действительностью, знаний с тем, о чем мы знаем. Но эту формулировку принимали и идеалисты, и материалисты, потому что, по-разному отвечая на основной вопрос философии, по-разному понимали и соответствие мысли и действительности. Объективный идеалист Платон, например, считал, что истина заключается в соответствии наших знаний вечным и неизменным идеям. Знание о материальном мире, о его точки зрения, не может быть истинным, так как материальный мир изменчив. Истина же должна относиться к чему-то вечному и неизменному. Объективный идеалист Гегель считал, что истина — это соответствие наших знаний абсолютному духу, абсолютной идее. Цель человеческого познания —

полное совпадение с абсолютной идеей. Именно в таком совпадении, по его мнению, и заключается истина. Большинство домарксистских материалистов считали, что истина заключается в соответствии наших знаний объективному материальному миру. Но тут-то и возникала главная трудность. Как проверить, как установить это соответствие? Если средством, мерилom или критерием (от греч. *kriterion* — мерило) является ощущение, то возникает много трудностей. Ведь ощущения сами бывают обманчивы. Если же критерий истины заложен в самом человеческом разуме, то это приводит рано или поздно к идеализму.

Только диалектический материализм, совершив революционный переворот в теории познания, выдвинул принципиально новое учение об истине, ее основах и критериях. Что же это за учение?

Понятия, суждения и умозаключения, с помощью которых мы выражаем наши знания об окружающем мире и о самих себе, являются не только отражением этого мира, но и продуктом нашей деятельности, следовательно, в знаниях есть нечто, зависящее от человека, который их вырабатывает, то есть субъекта познания. Поскольку же они отражают объективный мир, есть в них и такое содержание, которое ни от человека, ни от человечества в целом не зависит и, следовательно, зависит лишь от объективного мира. *Вот это, не зависящее ни от отдельного человека, ни от человечества в целом содержание наших представлений и знаний будем называть объективной истиной.*

Так, утверждение, что вода при нормальном давлении и температуре +100° по Цельсию кипит и превращается в пар, является объективной истиной. Хотя то, что мы измеряем температуру кипения по шкале Цельсия, а не по шкале Фаренгейта или Реомюра, зависит от человека, самый факт кипения и превращения воды в пар ни от человека, ни от человечества не зависит.

Истинное знание, как и сам объективный мир, развивается по законам диалектики. В средние века люди считали, что Солнце и планеты вращаются вокруг Земли. Было ли это ложью или истиной? То, что человек наблюдал движение светил из единственного «наблюдательного пункта» — Земли, приводило к ложному выводу о том, что Солнце и планеты вращаются вокруг нее. Здесь видна зависимость наших знаний от субъекта познания, но было в данном утверждении и содержание, не зависящее ни от человека, ни от человечества, а именно знание о том, что светила Солнечной системы двигаются. В этом заключалась крупница объективной истины. В учении Коперника утверждалось, что центром нашей планетарной системы является Солнце, а планеты и Земля вращаются вокруг него по концентрическим окружностям. Здесь уже доля объективного

содержания была гораздо выше, чем в прежних представлениях, но далеко не все полностью соответствовало объективной реальности, так как для этого не хватало астрономических наблюдений. Кеплер, опираясь на наблюдения своего учителя Тихо Браге, показал, что **планеты вращаются вокруг Солнца не по окружностям, а по эллипсам**. Это было еще более истинным, еще более верным знанием. Современная астрономия вычислила траектории и законы вращения планет еще точнее. Из данных примеров явствует, что *объективная истина исторически развивается*. С каждым новым открытием ее полнота возрастает.

Форму выражения объективной истины, зависящую от конкретных исторических условий, характеризующую степень ее точности, строгости и полноты, которая достигнута на данном уровне познания, называют относительной истиной. Таким образом, все развитие человеческого познания, в том числе и науки, есть постоянная смена одних относительных истин другими, более полно и точно выражающими объективную истину. Процесс познания есть все более полное и точное познание объективной истины.

Совершенно полное, точное, всестороннее, исчерпывающее знание о каком-либо явлении называют абсолютной истиной. Часто спрашивают, можно ли достичь и сформулировать абсолютную истину? Агностики на этот вопрос отвечают отрицательно. В доказательство они ссылаются на то, что в процессе познания мы имеем дело лишь с относительными истинами. Каждая из них, рассуждают они, оказывается со временем не вполне точной и полной, как в примере с Солнечной системой. Следовательно, полное, исчерпывающее знание недостижимо. Это рассуждение ошибочно, метафизично. Метафизики считают, что абсолютную истину можно познать и выразить в какой-то момент нашей деятельности раз и навсегда. Часто кажется, что в очень простых случаях достичь абсолютного знания можно. Разве не абсолютная истина утверждение: «Москва — столица России»? Но дает ли это утверждение исчерпывающее знание о численности населения Москвы, о ее площади, количестве зданий, о том, когда Москва стала столицей России, и т.д.? Даже если такие сведения указать на 1 января какого-либо года, спустя год или два они окажутся неточными. Вот и получается, что абсолютная на первый взгляд истина на самом деле является истиной относительной, так как не содержит в себе полного, исчерпывающего, раз и навсегда верного знания о нашей столице. Чем сложнее то или иное явление, тем труднее достичь абсолютной

истины, то есть полного, исчерпывающего знания о нем. И тем не менее **абсолютная истина существует, ее надо понимать как тот предел, ту цель, к которой стремится человеческое познание.** Каждая относительная истина — это ступенька, шаг, приближающий нас к этой цели.

Следовательно, **относительная и абсолютная истины — это лишь разные уровни, или формы, объективной истины.** Наше знание всегда относительно, так как зависит от уровня развития общества, техники, состояния науки и т. д. Чем выше уровень нашего познания, тем полнее мы приближаемся к абсолютной истине. Но процесс этот может длиться бесконечно, ибо на каждом этапе исторического развития мы открываем новые стороны и свойства в окружающем нас мире и создаем о нем все более полные и точные знания. Этот постоянный процесс перехода от одних относительных форм объективной истины к другим — важнейшее проявление диалектики в процессе познания. Таким образом, **каждая относительная истина содержит в себе долю абсолютной.** И наоборот: **абсолютная истина — это предел бесконечной последовательности истин относительных.**

Теперь мы вправе спросить, как устанавливается, как проверяется и откуда берется объективная истина, что позволяет отличить истинное знание от ложного?

3.1.7. Роль практики в процессе познания

Важнейшим видом человеческой деятельности является *практика*. Она представляет собой *чувственную материальную деятельность, направленную на преобразование окружающего нас мира, природы и общества, лежит в основе всех других видов общественной и духовной деятельности, в том числе и процесса познания.* Практика, следовательно, *включает в себя не только процесс труда, но и всю общественную, преобразовательную деятельность людей.* Если до сих пор мы рассматривали практику главным образом с точки зрения того, как она влияет на развитие и совершенствование способности человеческого мышления и общественной деятельности, то теперь мы подходим к ней с новой стороны. *Важнейшим вкладом диалектического материализма в теорию познания является постижение основополагающей роли практики в познавательной деятельности, открытие того, что именно практика делает возможной эту деятельность и позволяет отделить истинное знание от ложного.*

Представители всех школ и направлений домарксистской философии не понимали роли практики в процессе познания. Одни из них считали источником познания разум, врожденные или дарованные богом идеи и принципы. Другие считали единственным источником знаний ощущения. Мы уже видели, к каким неразрешимым трудностям и противоречиям приводили эти взгляды. Даже домарксистские материалисты, включая Л. Фейербаха, не смогли подняться до понимания роли практики в процессе познания. Они считали, что знания возникают на основе «чистых» чувственных ощущений в процессе пассивного наблюдения, созерцания действительности. Главный недостаток созерцательного материализма К. Маркс видел в его неспособности понять активную творческую роль человека как субъекта познания. В чем же эта роль состоит? Да в том, что человек не просто наблюдает или созерцает окружающий мир, но в процессе своей жизнедеятельности, и прежде всего в труде, переделывает его. Именно благодаря этому и происходит наиболее глубокое познание тех свойств и связей материального мира, в том числе и общества, которые были бы просто недоступны человеческому познанию, если бы оно ограничивалось простым созерцанием, пассивным наблюдением. Так как практика человека подвижна, изменчива, постоянно развивается, то и знания, которые мы получаем в практической деятельности, усложняются, уточняются и развиваются. **Практика, следовательно, не только источник получения знаний, но и основа их развития и совершенствования.**

Обсуждая роль ощущений в процессе познания, мы установили, что само образование чувственных образов объективного мира в значительной степени зависит от практической деятельности человека и от культуры в целом. **Следовательно, практика вторгается в процесс познания и оказывает на него влияние уже на самых первых ступенях, на уровне, когда формируется чувственное, или эмпирическое, знание. Еще заметнее влияние практики в процессе образования понятий и суждений.** Ведь сами процедуры группировки предметов по отдельным свойствам, выделение и сравнение данных свойств представляют собой определенный вид деятельности. Правда, это умственная, духовная или интеллектуальная деятельность, но складывается и развивается она под влиянием деятельности материально-предметной, то есть практики. Когда же процесс формирования понятий (абстракций) и содержащих их суждений завершен и нам необходимо решить, какие из суждений являются истинными, а какие ложными, мы вновь обращаемся к практике, которая на этот раз выступает как средство проверки истинности

наших знаний, то есть как **критерий истины**. Вот почему В. И. Ленин писал: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины...» *Таким образом, живое созерцание, абстрактное мышление и практическая проверка полученных знаний образуют основные ступени процесса познания.* Именно поэтому «точка зрения жизни, практики должна быть первой и основной точкой зрения теории познания», ибо «практикой своей доказывает человек объективную правильность своих идей, понятий, знаний, науки».

Практика является специфически человеческим видом деятельности. Даже самая сложная деятельность животных не может расцениваться как практика, ибо основой, сердцевинкой практики является труд. Именно поэтому животным доступно лишь знание поверхностных предметно-ориентировочных связей, но недоступно познание глубинных связей, то есть объективных законов. Известно, что муравьи обладают очень сложным поведением. Они, в частности, защищают и даже разводят других насекомых — тлей и питаются выделяемым тлями питательным нектаром. Однако муравьи за многие миллионы лет такого «содружества», называемого биоценозом, не вывели более продуктивные породы тлей, именуемых иногда «муравьиными коровами». Люди же, начав заниматься земледелием и скотоводством всего несколько тысяч лет назад, благодаря активной практической деятельности и путем многочисленных проб и ошибок, опытов и экспериментов убедились в том, что на продуктивность домашних животных и растений можно влиять. Они открыли, сформулировали правила культурного земледелия и животноводства и благодаря этому научились создавать совершенно новые породы и виды, которых нет в дикой природе. Так на практике были открыты, а также проверены и использованы новые объективные истины, касающиеся сельского хозяйства.

Сколько бы вы ни наблюдали за твердыми телами и особенностями жидкостей, например воды, это пассивное наблюдение не позволит сказать, как изменяется вес тела, погруженного в воду. Сталкиваясь в практической деятельности тысячи раз с телами, случайно или нарочно погруженными в воду, люди в конце концов открыли, что их вес становится тем меньше, чем больше вес вытесненной ими воды (закон Архимеда). Это открытие было затем с большим успехом использовано в практике кораблестроения.

Таким образом, и в познании природы, и в познании общества практика оказывается источником и основой развития познания, критерием истинности полученных знаний.

3.1.8. Факторы, влияющие на искажение истины

Истинные знания представляют одну из высших ценностей человеческой культуры. Только с помощью истинных знаний, например медицинских, можно поставить правильный диагноз и вылечить больного. Только с помощью научных истин можно сконструировать машины и приборы, позволяющие резко интенсифицировать и одновременно облегчить труд человека. Только с помощью истинных знаний о законах общественного развития можно сформулировать стратегию построения общества, основанного на социальной справедливости. Почему же так часто встречаются заблуждения и ошибки в индивидуальном и общественном познании? Почему за истину приходится бороться, а те, кто такую истину открывает и отстаивает, нередко расплачиваются за нее жизнью, благополучием или свободой?

Дело в том, что знание вырабатывается человеком, живущим не на необитаемом острове, а в определенном обществе, в определенной социальной среде. Совокупность уже существующих общественных установлений, способов производственной и общественной деятельности, привычек, ранее накопленных знаний, политических установок, ценностей культуры, норм поведения образует социальный контекст познания, ту среду, в которой вырабатываются знания. Различные социальные слои и группы, классы и партии преследуют различные, а иногда прямо противоположные цели. Одним из них выгодны те или иные изменения в обществе, другим — нет. Одни смело идут навстречу новому, другие во что бы то ни стало стремятся сохранить старое. Ясно, что между сторонниками разных взглядов и убеждений всегда существуют противоречия, ведется более или менее острая борьба, принимающая самые разные формы.

На процесс познания влияют и мощные психологические факторы. Радость и гнев, трусость и смелость, недоверчивость и открытость, лень характера и трудолюбие, страсть к переменам и любовь к покою могут по-разному сказываться на поиске истины. Коперник, бывший глубоко религиозным человеком, очевидно, догадывался, что его открытие может поколебать устои религии, и поэтому в предисловии к своему научному трактату сделал множество оговорок, чтобы смягчить разрушительный эффект новой гелиоцентрической системы. Боясь войти в конфликт с господствующей религией и церковью, он, как подчеркивал Ф.

Энгельс, согласился опубликовать свой великий труд, лишь стоя на краю могилы.

Новые идеи нередко встречаются «в штыхы» сторонниками тех или иных научных взглядов. И не только потому, что им трудно отрешиться от старых взглядов, но и из корыстных соображений, из боязни быть оттесненными на второй план, лишенными привилегий, связанных с определенным положением в научной иерархии. Еще большее влияние на отношение к научным истинам могут оказывать различные политические мотивы.

Возникает вопрос: каким же образом вообще возможно отступление от истины, хотя бы и под влиянием определенных искажающих факторов, сложившихся в данной социально-культурной обстановке, если критерием истины является практика? Разве она не гарантирует нас от ошибок, заблуждений и искажений? Оказывается, такой примитивной, однозначной гарантии нет. Диалектики материализма подчеркивают подвижный, диалектически противоречивый характер самой практики. Практика ведь тоже может быть как прогрессивной, так и консервативной. В ней содержатся и позитивные и негативные моменты.

3.1.9. Знание и информация

Познание представляет собой процесс получения знаний. **Сознание** — это совокупность всех знаний, которыми располагает индивид (индивидуальное сознание) или общество (общественное сознание) на данном этапе исторического развития. Но в каком отношении находятся знания и информация? Мы установили, что знание является особым видом информации, хотя не всякая информация поднимается до уровня знания. Когда и при каких условиях информация превращается в знание?

Получаемая на основе чувственного восприятия мира или на основе передачи уже сформированных знаний **информация выражается с помощью языка в форме особых знаковых структур, которые могут выступать в качестве понятий или высказываний.** На этой основе появляется возможность выработки новых знаний. Для того чтобы эти знаковые структуры превратились в знания, они должны быть построены с помощью определенных **синтаксических, семантических и прагматических правил. Синтаксические правила**, определяющие правильные языковые выражения и указывающие, как их нужно строить, обычно «впитываются», так сказать, с молоком матери в процессе языкового воспитания, хотя до

поры до времени не осознаются с необходимой четкостью и определенностью. Отказ или неумение пользоваться такими правилами не позволяет придать языковым выражениям смысл и значение, а следовательно, превратить их в форму знания. Так, предложение «Герань цветет на окне» имеет определенный смысл и значение и вместе с тем построено по правилам русского языка и логического синтаксиса. Если бы оно было написано на английском, немецком или каком-либо другом языке, то входящие в него понятия выражались бы с помощью других слов и при этом использовалась бы грамматика другого языка. **Логический же синтаксис не зависит от естественных языков и выражает логические связи и отношения между понятиями, позволяющие отображать объективные свойства и связи явлений, о которых идет речь.** Если логический синтаксис нарушен, то даже предложение, состоящее из понятий с достаточно четкими значениями, оказывается бессмысленным и не выражает знаний. Языковое выражение «Цветет окне на герань» не соответствует логическому синтаксису, не имеет смысла и не выражает знаний.

Однако одной синтаксической правильности мало. Предложение «Корень квадратный из Наполеона приводит к оранжевой мелодии, используемой в химических реакциях» соответствует и правилам русской грамматики, и правилам логического синтаксиса, но ее выражает никакого знания, так как значения и смыслы входящих в него понятий не связаны между собой. Чтобы высказывания или понятия были осмысленны, они должны подчиняться правилам семантики. **Семантика** — это сложная логико-познавательная наука, изучающая вопросы о том, как конструируются смыслы и значения языковых выражений, содержащих знания о реальном мире. Только выражения, обладающие более или менее определенным смыслом и значением, могут выступать как знания. Но и этого мало.

Знания нужны человеку, чтобы действовать. А для этого необходимы особые правила, позволяющие определенным образом связывать знания и действия, соединять их в особое диалектическое единство, другими словами, из любого знания как бы вычитывать, извлекать нормы и правила действия, и наоборот, обобщать деятельность, превращать действия в особую информацию. **Этот круг задач решается с помощью прагматики, то есть дисциплины, вырабатывающей правила и изучающей способы взаимодействия знаний и деятельности.**

Таким образом, знания оказываются чрезвычайно сложной системой. За каждым отдельным высказыванием или понятием, выражающим знание или передающим его, скрывается сложная система синтаксических, семантических и прагматических правил и длинная цепочка других знаний, используемых для того, чтобы установить смысл и значение отдельных выражений, входящих в данное высказывание или данное понятие. Знания оказываются как бы включенными в обширный, по существу, неограниченный социально-культурный контекст. На них через систему других знаний, через соответствующие правила влияют общество, человеческие страсти, цели, личные и групповые интересы, предрассудки, открытия и заблуждения, исторический опыт народа и его культура.

Подытоживая сказанное, мы можем утверждать, что информация лишь тогда превращается в знание, когда она претерпевает целый ряд серьезных преобразований. Эти преобразования включают в себя выражение информации в языковой знаковой форме, представление ее в соответствии с правилами логического синтаксиса и истолкование на основе соответствующей семантики и прагматики. При этом происходит включение информации в широкий социально-культурный контекст и она становится мощным фактором активизации человеческой деятельности и преобразования действительности.

3.1.10. Явление и сущность. Диалектика процесса познания

Чтобы подытожить сказанное в этом разделе, нам следует рассмотреть две важные категории — «сущность» и «явление».

Рассматривая яблоко, обоняя, осязая, пробуя его на вкус, человек получает различные ощущения, из которых складывается определенный чувственный образ. То, каким представляется нам объективный предмет, данный нам в ощущении, называется явлением данного предмета. Явление несет в себе информацию об объективных свойствах окружающих нас предметов и процессов. То, каким предмет нам кажется, каким он нам является, зависит, как уже говорилось, не только от его объективных характеристик, но и от устройства органов восприятия, нервной системы, включая и мозг, наконец, от практической деятельности. Рассматривая яблоко глазом, мы видим, что оно красное и округлое. Это, так сказать, явление первого порядка. Рассматривая срез яблока в микроскоп, мы уже видим его клеточное строение. Это уже явление второго

порядка. Последовательно применяя рентгеновский аппарат, электронный микроскоп и т.д., мы можем увидеть внутреннее строение клеток яблока и происходящие в них молекулярные процессы. **Это можно назвать явлениями третьего, четвертого порядка и т. д.** Следовательно, категория **«явление» отражает объективную внешнюю сторону окружающих нас процессов и предметов, с которой мы сталкиваемся в практической, экспериментальной деятельности.** Эта внешняя сторона воспринимается нами непосредственно или через посредство приборов, инструментов, различной аппаратуры и т. д.

Ну, а что отражает категория «сущность»?

Получая зрительные ощущения, мы узнаем об индивидуальных особенностях: цвете, форме и размере данного яблока. Это признаки, отличающие его от других предметов. Затем мы узнаем о клеточном строении, характерном для всех плодов этого вида. Двигаясь дальше, мы получаем представление о физических и химических процессах в клетках, характерных не только для растений, но и живых организмов вообще. Проникая все глубже и глубже во внутреннее строение яблока, мы познаем все более устойчивые и необходимые связи, управляющие ростом, развитием и физиологическими процессами этого вида плодов. **Иными словами, двигаясь от явления первого порядка к явлению второго порядка и т. д., познавая их внутреннюю сторону, мы открываем объективные закономерности данных явлений, они-то и образуют его сущность.** Категория «сущность», следовательно, отражает внутренние, глубинные свойства и связи, регулирующие процессы функционирования и развития изучаемых предметов и процессов. Она отражает всю совокупность внутренних закономерностей данного явления или группы явлений. Категории «сущность» и «закон» являются понятиями однопорядковыми. Это особенно важно иметь в виду при изучении сложных явлений.

Таким образом, за многообразием внешних явлений скрывается их единая объективная сущность. Как видно, между явлениями и сущностью нет непроходимой грани. То, что сегодня недоступно наблюдению и является сущностью данного предмета, завтра может стать доступным наблюдению и превратиться в явление. Категории «явление» и «сущность», с одной стороны, как бы противоположны, поскольку отражают внешнюю, более изменчивую и внутреннюю, более устойчивую сторону каждого предмета, в то же время они диалектически связаны и переходят друг в друга. **Явления и сущность в самой действительности не существуют раздельно,** поэтому В. И. Ленин отмечал, что сущность является, а явление существенно. Он

хотел сказать, что внутренняя, скрытая сторона всегда обнаруживается через внешнюю, доступную наблюдению, а внешняя обуславливается внутренней, имеет ее своей причиной. Вместе с тем категории «явление» и «сущность» выражают связь и зависимость этапов познания. **Явление познается нами на уровне чувственного познания, живого созерцания. Сущность же открывается на этапе абстрактного мышления с помощью понятий и суждений.**

Немецкий философ И. Кант, пытаясь примирить эмпиризм и рационализм, утверждал, что с помощью наших органов чувств мы можем познать лишь явления — то, какими вещи нам кажутся. Сущность вещей, которую он называл «вещью в себе», мы познать не можем. Употребляя термин «вещь в себе», Кант как бы подчеркивал, что объекты внешнего мира существуют независимо от нашего познания. Этим он делал определенный шаг в сторону материализма, но, утверждая, что «вещь в себе» непознаваема, он делал уступку агностицизму и субъективному идеализму и впадал в неразрешимое противоречие. Как, спрашивается, можно говорить о том, что «вещь в себе» существует объективно, если познать ее нельзя? Чтобы уйти от этого противоречия, Кант обращался к вере, к высшему разуму, стоящему над чувственным познанием. Мы знаем о существовании «вещей в себе», потому что мы в них верим. За эту непоследовательность Канта критиковали и материалисты, и идеалисты. Первые упрекали его за то, что он считал «вещь в себе» непознаваемой и вырывал непроходимую пропасть между явлением и сущностью. Вторые же упрекали Канта за то, что он признает объективность «вещей в себе», то есть материальных предметов, не зависящих от сознания. Теория познания диалектического материализма, опираясь на опыт и достижения всей современной науки, считает, что **непознаваемых «вещей в себе» не существует. Есть лишь различные предметы, события и процессы, которые познаны недостаточно полно и которые могут быть познаны по мере углубления и расширения нашей практической и познавательной деятельности.**

Подлинная диалектика познания исходит из того, что развивающийся мир отражается в развивающемся познании благодаря постоянному изменению и развитию нашей общественно-производственной практики. В процессе познания мы постоянно переходим от явления к сущности, от одних относительных истин к другим, более глубоким, постоянно проверяя их на практике, безжалостно отбрасывая ошибочное, ложное суждение или умозаключение. Характеризуя диалектику познания, В. И. Ленин писал: «В теории познания, как и во всех других областях науки,

следует рассуждать диалектически, т. е. не предполагать готовым и неизменным наше познание, а разбирать, каким образом из незнания является знание, каким образом неполное, неточное знание становится более полным и более точным».

3.2. Формы и методы научного познания

3.2.1. Теория и гипотеза

Наука является высшей формой познания. Ее влияние на все стороны жизни общества в наши дни непрерывно возрастает. Основой этого влияния является применение научных достижений в производстве и управлении обществом, приводящее к научно-техническому прогрессу. В чем же заключается наиболее важная, наиболее характерная особенность научного познания?

Древние вавилонские астрономы, если верить преданиям, хорошо знали расположение звезд и планет. Они наблюдали десятки затмений Солнца и Луны. А вот вычислить траектории их движения, точно предсказать будущие затмения и тем более ответить на вопросы, почему двигаются небесные светила и происходят затмения, они не могли. Сейчас не только студенты, но даже школьники из старших классов легко ответят на эти вопросы, а ученые-астрономы могут с огромной точностью предсказать движение не только отдельных планет, о целых звездных систем и объяснить происходящие в далеких звездах физические процессы. Как же это удастся? Это удастся благодаря тому, что **современная наука опирается на научные теории.** Именно они **позволяют объяснять уже существующие и предсказывать новые явления.** Во времена же вавилонских астрономов научных теорий не было и создавать их еще не умели. Что же такое научная теория?

Развитая научная теория представляет собой систему или цепочку взаимосвязанных законов науки. При этом одни законы могут с помощью правил логики и математических преобразований выводиться из других. Благодаря таким преобразованиям мы в конце концов получаем знания о тех или иных явлениях природы, которые существуют в данный момент или будут существовать в будущем. Простейший пример научной теории — это теория вращения планет вокруг Солнца, сформулированная Кеплером. В нее входят три закона, выраженные в математической форме. Располагая некоторыми начальными данными, полученными с помощью наблюдений, астроном уже не должен проводить новые наблюдения, как это делали

древние вавилоняне. Он может включить эти данные в формулы, выражающие законы Кеплера, проделать вычисления и точно сказать, где в каждый данный момент будет находиться та или иная планета. Если к законам Кеплера присоединить законы классической динамики и тяготения, открытые Ньютоном, то мы получим новую, более мощную теорию — небесную механику, с помощью которой можно не только объяснить и предсказать расположение светил, но и указать на причины их движений и т. д. Теории, следовательно, могут охватывать более или менее обширные области явлений материального мира и давать о них очень глубокие и надежные знания, которые позволяют нам получать всю необходимую информацию, не обращаясь до поры до времени к сложным и утомительным наблюдениям.

Научные теории обладают и другими преимуществами. Они как бы дают нам инструкции, надежные правила для практической деятельности, **позволяют систематизировать и классифицировать явления объективного мира**. Благодаря чему же законы, входящие в научные теории, обладают такими возможностями? Дело в том, что *законы науки являются отражением законов объективной действительности*. **Законы действительности существуют объективно, независимо от того, открыты они человеком или нет.** Но пользоваться ими, опираться на них в своей деятельности, использовать их на благо общества человек может лишь после того, как эти законы открыты, познаны и сформулированы в виде законов науки. Проиллюстрируем это примером знаменитого менделеевского закона.

Периодический закон химических элементов отражает объективную необходимую внутреннюю связь физического строения и химических свойств атомов различных элементов. Опираясь на этот закон, можно *объяснить* химические свойства любого элемента, зная его место в таблице. С помощью этого закона можно *предсказать* свойства еще неизвестных химических элементов. **Сам Менделеев таким образом предсказал свойства алюминия, который в его время еще не был известен.** Группа советских ученых, опираясь на закон Менделеева и теорию квантовой механики, сумела создать новый искусственный, не существующий в природе элемент, получивший название «курчатовий». Его свойства и структура были заранее объяснены и предсказаны. Кроме того, научная теория дала как бы инструкцию для экспериментальной деятельности по синтезу нового химического элемента. Методом проб и ошибок, как поступали люди тысячелетиями при решении более простых и обыденных задач, в данном случае пользоваться было нельзя. К современным открытиям

можно прийти лишь с помощью серьезной научной теории. Без квантовой механики и специальной теории относительности нельзя создать управляемые термоядерные процессы, необходимые для нашей энергетики. Без теоретической молекулярной биологии невозможна генная инженерия и создание новых биологических видов. Таким образом, научная теория в десятки и сотни раз облегчает и ускоряет процесс познания, делает наши знания более глубокими и надежными, позволяет строить на ней как на фундаменте всю нашу практическую деятельность. Вот почему один из крупнейших физиков XIX века, Л. Больцман, с полным правом мог сказать: «Нет ничего практичнее хорошей теории». Как же создаются научные теории и образующие их законы науки?

Важнейшей формой возникновения научных законов и теорий является гипотеза (от греч. hypothesis — основание, предположение). **Научная гипотеза отличается от обычных догадок и предположений тем, что она должна быть хорошо обоснована объективными фактами, наблюдениями, экспериментами и соответствовать уже имеющимся твердо установленным научным достижениям.** Гипотезы могут возникать двумя способами. В первом случае гипотеза возникает как обобщение более или менее значительного числа накопленных наблюдений, которые почему-либо не могут получить объяснения в прежних теориях. Такие гипотезы называются **эмпирическими (основанными на опыте) обобщениями**. Наблюдая тысячи раз морские приливы и отливы, ученые уже давно высказывали гипотезу, что данное явление зависит от расположения Луны. **Впоследствии эта гипотеза на основании точных расчетов и наблюдений была проверена и приобрела силу научного закона.** Во втором случае гипотезы возникают как творческие догадки ученого, учитывающие другие прочно установленные законы и теории. Так, в общей теории относительности была выдвинута гипотеза о том, что пространство меняет свою кривизну в зависимости от массы движущихся тел. Долгое время проверить ее не удавалось, так как в околоземном пространстве было трудно измерить изменения его кривизны. Однако точная посадка космических лабораторий на Венеру, рассчитанная на основе этой гипотезы, послужила одним из доводов, чтобы рассматривать эту гипотезу в качестве прочно установленного объективного закона. Мы видим, что *само возникновение гипотез, проверка и отбор наиболее точных и верных из них осуществляются с помощью научных наблюдений и экспериментов.* Гипотеза, подтвержденная и проверенная экспериментами и наблюдениями, перестает

рассматриваться как простая догадка, как более или менее правдоподобное предположение. Ученые начинают рассматривать ее как закон науки, то есть как объективную истину, отражающую устойчивые и необходимые связи самой изучаемой действительности. **«Превращение» гипотезы в закон науки — важный этап научного познания мира.** Само такое превращение возможно лишь на основе практики, существенными элементами которой являются научные наблюдения и эксперимент.

3.2.2. Эксперимент и наблюдение в научном познании

Если астроном с помощью радиотелескопа улавливает радиоволны или рентгеновское излучение, идущее из таинственной глубины космоса, то он может открыть звезду или скопление звезд, невидимых в обычный оптический телескоп. Наблюдая поведение животных в лаборатории или природных условиях, биолог может обнаружить неизвестные ранее закономерности этого поведения. Наблюдение основано на процессе получения чувственных впечатлений, зрительных, слуховых и других ощущений. Значительная часть информации, которую человек получает в обыденной жизни, на производстве и в научном исследовании, основана на наблюдении. Однако научные наблюдения качественно отличаются от повседневных. Они ведутся, **во-первых**, с помощью специальных приборов, инструментов и аппаратов; **во-вторых**, как правило, по специальной программе, по плану, над заранее определенными объектами; **в-третьих**, преследуют строго определенную цель — не простое накопление несвязанных фактов, а сбор таких фактов, которые позволяют выдвинуть новые гипотезы или проверить ранее выдвинутые; **в-четвертых**, часто производятся над предметами и процессами, как правило, не встречающимися в повседневной жизни. Наконец, **в-пятых**, они должны отвечать требованиям высокой точности, достоверности и т. д. И все же даже наиболее сложные и точные научные наблюдения не позволяют проникнуть в самую глубину, в самую сущность явления. Почему?

Любое наблюдение, хотя бы и выполненное с помощью самых совершенных приборов, оставляет изучаемое явление в том виде, в каком оно существует в природе, не изменяет, не преобразует его. Чтобы понять внутренние глубинные связи того или иного предмета, его нужно преобразовать, изменить и выяснить, как он ведет себя в процессе преобразования. Для этого данный предмет необходимо как

бы вырвать из обычных связей и условий, поместить в другие условия, изменить режим его деятельности, разложить на части, столкнуть с другими предметами, заставить работать и действовать в неожиданных обстоятельствах. Это и составляет содержание научного эксперимента, или экспериментального исследования. **Эксперимент, следовательно, есть особая научная форма практики.** В ходе эксперимента наблюдения уже проводятся не пассивно, а активно, в форме «живого созерцания». **Так как эксперимент проводится по точно установленным правилам, с заранее заданной целью — подтвердить или опровергнуть те или иные гипотезы, получить новые факты для формулирования новых законов и теорий, то он оказывается важнейшим средством научного познания.**

Принято различать несколько видов научных экспериментов:

- 1) *поисковые*, нацеленные на обнаружение новых явлений, новых свойств или ранее неизвестных связей между явлениями;
- 2) *проверочные*, целью которых является подтверждение или опровержение гипотез и оценка их точности;
- 3) *конструктивные*, в ходе которых создаются или конструируются новые вещества, новые устройства или материалы, не существовавшие ранее в природе;
- 4) *контрольные*, цель которых — проверка и отладка измерительных приборов, аппаратов и инструментов.

Довольно часто все эти виды экспериментальной деятельности переплетаются в одном эксперименте. Так, например, запуск космических лабораторий на Венеру позволил подтвердить правильность ряда положений общей теории относительности (проверочный эксперимент), обнаружить новые явления в атмосфере и на поверхности планеты (поисковый эксперимент), при этом были созданы совершенно новые устройства и аппараты (конструктивный эксперимент) и проверена точность и надежность действующей аппаратуры (контрольный эксперимент). Отличительная особенность современной науки состоит в том, что эксперимент как общенаучный метод познания находит теперь широкое применение не только в естествознании и технике, но и в общественной жизни.

В условиях научно-технического прогресса экспериментальные методы познания и преобразования действительности получают широкое распространение во всех сферах промышленности, сельского хозяйства и управления. Научно организованные эксперименты все чаще проводятся заводами, фабриками, агропромышленными комплексами и производственными объединениями для того, чтобы найти или проверить новые формы организации труда, управления, внедрить

новую технику и передовую технологию. В этом обнаруживается один из мощных механизмов влияния науки на общественную практику. И этим же объясняется, почему понимание роли эксперимента в познании и практической деятельности необходимо каждому сознательному человеку.

3.2.3. Динамические модели. Познаваемость и наблюдаемость объектов

Здесь мы рассмотрим начала теории познания, которую можно назвать «чистой» теорией познания. Будем рассматривать только линейные, стационарные объекты с одним входом и одним выходом и введем новые понятия функционируемости и наблюдаемости. Решение ряда задач познания существует тогда и только тогда, когда объект полностью познаваем и полностью наблюдаем.

Связь между наблюдаемостью и функционируемостью формулируется при помощи принципа дуальности, на основании которого видно, что винеровская задача фильтрации и прогноза является частным случаем теории оптимизации детерминированных систем.

Прогресс в области теории познания в немалой степени зависит от прогресса и усовершенствования математических методов познания объектов.

Несмотря на постановку и эффективное решение многих новых проблем познания, понимание фундаментальных аспектов познания остается недостаточным.

Значительным серьезным шагом в развитии теории познания стала *теория информации*, созданная Шенноном. Основное значение его работы в нынешнем толковании заключается в открытии общих «законов» передачи информации, которые совершенно не зависят от частного вида рассматриваемых систем и методов, используемых для их описания и анализа. Эти результаты можно сравнить с «законами» физики с той разницей, что «законы», управляющие объектами, созданными человеком, нельзя открыть прямым экспериментированием — они обнаруживаются лишь при помощи чисто абстрактного анализа, опирающегося на интуицию, приобретенную в процессе наблюдения за техникой и экономикой. Таким образом, результаты Шеннона можно классифицировать как принадлежащие к *чистой теории* связи и управления, а остальное можно отнести к *прикладной теории*; эта терминология отражает известные различия между чистой и прикладной физикой и

математикой. По указанным причинам в своей методологии чистая теория связи и управления напоминает математику гораздо больше, чем физику, однако она не является разделом математики, так как в настоящее время мы еще не можем не считаться с вопросами физической реализуемости при изучении математических моделей.

В настоящем разделе излагаются начала «чистой» теории познания. Наша конечная цель — ответить на следующие вопросы: какой и сколько информации необходимо иметь для познания объекта с желаемой степенью (уровнем)? Какие внутренние свойства характеризуют данную неизменную часть системы (объекта) с точки зрения его познания? Пока что, на наш взгляд, на эти вопросы дать полные ответы весьма затруднительно, за исключением частных случаев.

Результаты, которые представлены в этом разделе, еще далеки от той степени общности, которая присуща работе Шеннона. В противоположность работе Шеннона здесь, тем не менее, используются только *конструктивные* методы, которые дают определенную надежду, что удастся избежать известной трудности теории Шеннона — методов доказательства, являющихся малопрактичными для решений задач познания. Настоящий подход обусловлен необходимостью лучшего понимания ряда вычислительных методов, используемых при познании объектов.

При изложении данного материала, предполагается, что читатель знаком с элементами линейной алгебры в объеме высшей школы.

Рассмотрим действительное n -мерное пространство векторов X . Базисом в X является набор векторов $\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n$ такой, что любой вектор $\mathbf{x}$ в X можно записать единственным образом в виде

$$\mathbf{x} = x_1 \mathbf{a}_1 + \dots + x_n \mathbf{a}_n, \quad (1)$$

где действительные числа x_i — *компоненты*, или *координаты* $\mathbf{x}$. Векторы будут далее везде обозначаться строчными буквами жирного шрифта.

Множество X^* всех линейных действительных функций переменного $\mathbf{x}^*$ (*ковекторов*, т. е. ковариантных векторов), определенных на X с естественным определением операций сложения и скалярного умножения, представляет n -мерное векторное пространство. Значение ковектора $\mathbf{y}^*$ для любого вектора $\mathbf{x}$ обозначим через $[\mathbf{y}^*, \mathbf{x}]$. Мы будем называть это *скалярным произведением* (inner product) $\mathbf{y}^*$ на $\mathbf{x}$. Векторное пространство X^* имеет естественный базис $\mathbf{a}^*_1, \dots, \mathbf{a}^*_n$, связанный с данным базисом в X ; он определяется условием

$$[a_i^*, a_j] = \delta_{ij}. \quad (2)$$

Используя «ортогональность» выражения (2), уравнение (1) можно записать в следующем виде:

$$x = \sum_{i=0}^n [a_i^*, x] a_i, \quad (3)$$

что будет часто использоваться в дальнейшем.

Для вычисления вектор можно считать однострочковой матрицей, а ковектор однострочной матрицей. Тогда прямое произведение выражается произведением этих двух матриц.

При помощи дуального базиса можно установить изоморфизм между X и X^* ; каждому элементу x в X соответствует один и только один элемент x^* в X^* такой, что x^* имеет те же координаты по отношению к $a_1^*, \dots, a_n^*$, что и x по отношению к $a_1, \dots, a_n$. Нужно, однако, заметить, что это соответствие не «естественное», так как оно зависит от конкретно выбранного базиса.

Таким образом, ясно, что $[x^*, x]^{1/2}$ определяется для каждого x в X , что является *евклидовой нормой* x (по отношению к фиксированному базису в X).

Линейные преобразования X в самого себя или их матричные представления будут обозначаться жирным шрифтом. Особым случаем является *положительно определенное* (неотрицательно определенное) преобразование, или матрица Q , которая определяется требованием, чтобы квадратичная форма $[x^*, Qx]$ была положительная (неотрицательная) для каждого $x \neq 0$. Если Q положительно

определенное, то $[x^*, Qx]^{1/2}$ является нормой, которая называется *обобщенной евклидовой нормой* x (опять определенной по отношению к фиксированному базису в X); чтобы подчеркнуть это, введем специальное обозначение

$$[x^*, Qx] = \|x\|_Q^2, \quad (4)$$

подразумевая, что Q положительно определенное или неотрицательно определенное.

При любом математическом исследовании познания необходимо ограничиться рассмотрением определенного класса *моделей*, представляющих динамические явления, которые должны быть изучены и познаны. Введем необходимую терминологию, относящуюся к моделям.

Физический объект, который необходимо познать, мы называем *познаваемым объектом*. В действительности это может быть

автомобиль, самолет, химический реактор. Для познания объекта должна быть возможность изменять определенные физические величины, называемые *входными воздействиями*. Это может быть акселератор или рулевое колесо автомобиля, рули самолета, количество вещества или тепла, подводимого к химическому реактору. Другое требование к познанию состоит в том, что необходимо иметь возможность определить поведение познаваемого объекта; физические переменные познаваемого объекта, которые можно непосредственно измерить, называются *выходными переменными*. Примерами могут служить скорость (измеряемая спидометром) или положение (определяемое на глаз) автомобиля, высота, скорость или ускорение самолета, температура, цвет, количество и т. д. химических веществ, образуемых в результате реакции. Следующая терминология является стандартной при описании *динамических систем* – *познаваемых объектов*.

Состояние динамической системы — это наименьший набор чисел, который необходимо точно определить в момент времени $t = t_0$, чтобы была возможность предсказать поведение системы в любой момент времени $t \geq t_0$. Другими словами, состояние — это кратчайшая «запись» прошлой истории, необходимая для прогнозирования будущего поведения. Тогда будущие состояния $x(t)$ системы, которая находилась в состоянии $x(t_0)$ в момент времени t_0 , задаются *переходной функцией* или уравнениями движения

$$x(t) = \varphi(t; x(t_0), t_0), \quad (t \geq t_0). \quad (5)$$

Чтобы это определение было справедливым, необходимо потребовать, чтобы выполнялись равенства

$$\varphi(t_0; x(t_0), t_0) = x(t_0); \quad (6)$$

$$\varphi(t_2; \varphi(t_1; x(t_0), t_0), t_1) = \varphi(t_2; x(t_0), t_0), \quad t_2 \geq t_1 \geq t_0. \quad (7)$$

При этом второе равенство обеспечивает единственность φ .

Исходя из принципа причинности, любую динамическую систему можно описать с точки зрения «состояния». Более того, ясно, что любая выходная переменная система должна быть функцией состояния. Переходная функция φ зависит от входных воздействий системы, при $t \geq t_0$, но, как правило, точно определять эту зависимость в явном виде нет необходимости.

Познаваемые объекты, рассматриваемые далее, являются динамическими системами, относительно которых делается два важных предположения (накладывающих весьма серьезные ограничения).

Пространство состояний X познаваемого объекта является

n-мерным векторным пространством. (8)

Переходная функция Φ зависит линейно от начального состояния $\mathbf{x}(t_0)$ и входных воздействий после $t = t_0$. (9)

Менее абстрактно эти предположения означают, что поведение познаваемого объекта описывается линейным векторным дифференциальным уравнением (*непрерывная динамическая система*)

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{F}(t) \mathbf{x} + \mathbf{D}(t) \mathbf{u}(t), \\ \mathbf{y}(t) = \mathbf{B}(t) \mathbf{x}(t) \end{cases} \quad (10)$$

или векторным разностным уравнением (*дискретная динамическая система*)

$$\begin{cases} \mathbf{x}(t_{k+1}) = \Phi(t_k) (\mathbf{x}(t_k) + \mathbf{A}(t_k) \mathbf{u}(t_k)), \\ \mathbf{y}(t_k) = \mathbf{B}(t_k) \mathbf{x}(t_k), \end{cases} \quad (11)$$

где $\mathbf{u}(t)$, соответственно $\mathbf{u}(t_k)$ — m -мерный вектор ($m \geq n$), обозначающий входные воздействия познаваемого объекта; $\mathbf{y}(t)$, соответственно — $\mathbf{y}(t_k)$, p -мерный вектор ($p \leq n$), обозначающий выходные переменные системы; координаты $x_i(t)$ состояния (по отношению к какому-нибудь фиксированному базису) называются переменными состояния.

Хотя рассматриваемая теория и распространяется на класс познаваемых объектов типа (5) или (11), для упрощения рассмотрения мы сделаем следующие предположения.

Познаваемый объект стационарный. (Другими словами,

$\mathbf{F}(t)$, $\mathbf{D}(t)$, $\Phi(t_k)$ и $\mathbf{A}(t_k)$ — постоянные матрицы). (12)

Познаваемый объект имеет один выход. (Другими словами, $m=1$).

(13)

Познаваемый объект имеет один выход. (Другими словами, $p=1$).

(14)

При этих предположениях процедуры познания объекта будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{F}\mathbf{x} - d\mathbf{u}_1(t), \\ \mathbf{y}_1(t) = [\mathbf{b}^*, \mathbf{x}(t)], \end{cases} \quad (15)$$

или

$$\begin{cases} \mathbf{x}((k+1)T) = \Phi(\mathbf{x}(kT) + \mathbf{a}u_1(kT)), \\ \mathbf{y}_1(kT) = [\mathbf{b}^*, \mathbf{x}(kT)]. \end{cases} \quad (16)$$

Желательно, хотя и не обязательно, предположить также, что

$$\Phi \text{ в выражении (16) является неособой матрицей.} \quad (17)$$

Сведение (3.11) к (3.12) путем операции *квантования* или дискретизации представляет тривиальную задачу. Этот шаг соответствует нахождению z -преобразования уравнений (15); тем не менее рассмотрение с точки зрения «состояния» и использование матричных обозначений устраняет необходимость рассмотрения с точки зрения преобразований.

Основное предположение заключается в том, что $u_1(t)$ —кусочно-постоянная функция на интервалах ..., $(-T, 0)$, $(0, T)$..., где T —величина положительная, но абсолютно произвольная в других отношениях. Воспользовавшись этим, получаем решение уравнения (15) в явном виде

$$\mathbf{x}((k+1)T) = (\exp TF) \mathbf{x}(kT) + \int_{kT}^{(k+1)T} (\exp(T-\tau)F) d\mathbf{u}_1(kT) d\tau.$$

Следовательно, если

$$\begin{aligned} \Phi &= \exp TF, \\ \mathbf{a} &= \left(\int_0^T \exp \tau F d\tau \right) \mathbf{d}, \end{aligned}$$

то (15) сводится к (16), (17), так как $\exp TF$ является неособой для любого T . Вычисления, необходимые для нахождения Φ и $\mathbf{a}$, легко можно выполнить либо методом преобразования Лапласа, либо оценкой при помощи записи в виде быстро сходящихся степенных рядов.

Векторы $\mathbf{d}$ и соответственно $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ точно определяют *ограничения*, накладываемые на познаваемый объект по отношению к сигналам на входе и на выходе. Если все состояния познаваемого объекта можно получить при помощи определенного входного воздействия, то такой познаваемый объект *не ограничен по отношению к входным воздействиям*; если каждую переменную состояния $x_i(t)$ можно измерить, то познаваемый объект *не ограничен по отношению к выходным переменным*. Познаваемый объект, на вход которого не подается никакого воздействия, называется *свободным или непознаваемым*.

Для удобства воспользуемся представлениями при помощи блок-схем. Рис. 1 соответствует уравнению (16). Единственная разница между этим обозначением и обычным заключается в том, что «блоки» представляют, вообще говоря, операцию матричного умножения, как показано широкими стрелками на рис. 1.

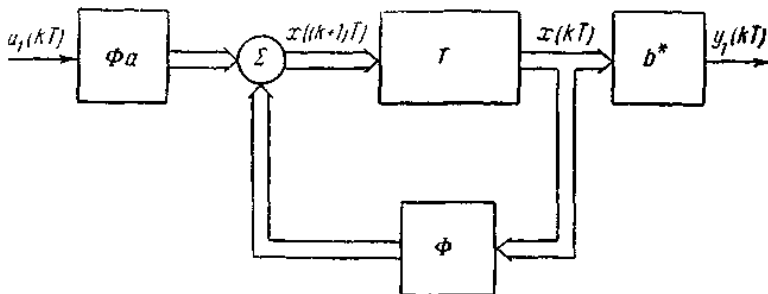


Рис. 1.

Для познания объекта типа (15) или (16) необходимо выразить входное воздействие $u_1(t)$ или $u_1(kT)$ в виде функции состояния всех настоящих и будущих требуемых состояний $x^d(t)$. Из определения состояния следует, что u_1 может не зависеть от любой другой функции времени, но непременно зависит от постоянных Φ , a , характеризующих познаваемый объект. Если состояние нельзя непосредственно измерить, т. е. если предполагается условие (14), то u_1 будет зависеть от всех настоящих и будущих требуемых состояний и всех настоящих и прошлых измеренных значений сигнала на выходе. Мы называем некоторую определенную зависимость такого рода *законом познания объекта*.

Понятие «требуемого состояния» — это обобщение того, что обычно в научной литературе называют «задающим входным воздействием (сигналом)» или «требуемым выходным сигналом». Для упрощения (для более детального изучения) предполагаем следующее.

Требуемое состояние системы — тождественный нуль для всех t . (18)

Другими словами, целью познания будет преобразование любого начального состояния в *равновесное состояние* 0. Эта терминология обязана тому, что если $x(t_0) = 0$ и $u_1(t) = 0$ для всех $t \geq t_0$, то $\Phi(t; 0, t_0) = 0$ для всех $t \geq t_0$, т. е. выходные координаты познаваемого объекта остаются равными нулю для всех $t \geq t_0$.

При этих предположениях закон познания будет выражен в непрерывном или дискретном случае следующим образом:

$$u_1(t) = \chi(x(t), t) \text{ или } u_1(kT) = \chi(x(kT), kT),$$

если познаваемый объект является не ограниченным по отношению к выходу, и в виде

$$u_1(t) = \chi(y_1(s), s \leq t; t) \text{ или } u_1(kT) = \chi(y_1(jT), j \leq k; kT),$$

если верно предположение (14). В этих соотношениях χ — произвольная функция; если χ линейна по x или y_1 , мы говорим, что *закон познания линейный*; если χ не зависит явно от t или kT , *закон познания стационарный*.

Будем называть $u_1(t)$ или $u_1(kT)$ познающей процедурой; моменты времени kT — *точками квантования*.

3.2.4. Познаваемость

Далее будем считать (за исключением пункта (11)), что познаваемый объект *линейный, стационарный, с одним входом*.

Наша первая задача заключается в том, чтобы найти характерные свойства, определяющие поведение познаваемого объекта при выполнении процедур познания.

Состояние x объекта считается **познаваемым**, если имеется процедура познания $u_1(t)$, определяемая на конечном интервале $0 \leq t \leq t_1$ так, что $\Phi(t_1; x, 0) = 0$. В общем случае момент времени t_1 будет зависеть от x . Если каждое состояние познаваемо, объект считается полностью **познаваемым**. (1)

Эта концепция исходит из следующего: возможно использование, для любой линейного стационарного объекта с одним входом и одним выходом, такой процедуры познания, что ошибка в реакции на скачкообразное входное воздействие тождественно была бы равна нулю через конечный отрезок времени. Такую процедуру познания будем называть **процедурой с конечной длительностью процесса познания**. Можно показать, что в любой системе с одним входом и одним выходом можно получить процесс познания с конечной длительностью. Эти результаты можно получить в оригинальных доказательствах при помощи метода «состояний».

Необходимое и достаточное условие полной познаваемости дискретного объекта состоит в следующем:

Теорема.

Дискретный объект полностью познаваем (1) тогда и (2) только тогда, когда векторы $a, \Phi^{-1}a, \dots, \Phi^{-n+1}a$, определяющие модель познаваемого объекта, линейно независимы. (2)

Перед доказательством этой теоремы введем несколько понятий. Для каждого положительного целого числа i мы обозначаем $\Phi^{-i+1}a$ через e_i . Это легко показать при помощи метода индукции, используя то обстоятельство, что Φ неособая матрица.

Совокупность $T(q)$ всех начальных состояний, которые могут быть приведены к нулю не более чем за q тактов применением соответствующих процедур познания, задается выражением

$$\Gamma(q) = \left\{ x; x = \sum_{i=1}^q \xi_i e_i \right\}, \quad (3)$$

где ξ_i — произвольные действительные числа.

Используем следующий доказанный фактом.

Если e_{k+1} линейно зависит от $e_1, \dots, e_k$, то тогда e_m тоже линейно зависит от $e_1, \dots, e_k$ для каждого $m > k$. Отсюда, в частности, если $\Gamma(k) = \Gamma(k+1)$, то $\Gamma(k) = \Gamma(m)$ для всех $m \geq k$. (4)

Пункт (2) доказывается следующим образом.

(1). Если совокупность $e_1, \dots, e_n$ линейно независима, то она образует базис в X . Следовательно, каждое состояние познаваемого объекта можно привести к нулю не более, чем за $q = n$ тактов процедур познания и, таким образом, познаваемый объект полностью познаваем.

(2). Наоборот, предположим, что только $k < n$ векторов $e_1, \dots, e_n$ линейно независимы, но объект полностью познаваем. Из (4) следует, что в действительности первые k этих векторов линейно независимы; отсюда $\Gamma(k) = \Gamma(m)$ для всех $m \geq k$. Следовательно, $\Gamma(k)$ — набор всех познаваемых состояний. Но $k < n$, где k — размерность $\Gamma(k)$, так что $\Gamma(k) \neq X$, что противоречит тому факту, что объект полностью познаваем.

Ясно, что $\Gamma(k)$ есть линейное пространство, образованное бесконечной совокупностью векторов $\{a, \Phi^{-1}a, \dots\}$; отсюда очевидно, что $\Gamma(k)$ инвариантно при преобразовании Φ^{-1} , т. е. что $\Phi^{-1}\Gamma(k) = \Gamma(k)$ или $\Phi\Gamma(k) = \Gamma(k)$. Но тогда (2) можно выразить следующим образом:

Дискретный объект полностью познаваем тогда и только тогда, когда единственное Φ -инвариантное подпространство X , содержащее a , есть само X . (5)

Для случая непрерывного объекта эквивалентны следующие предположения (теоремы):

а) объект полностью познаваем;

- б) векторы $d, Fd, \dots, F^{n-1}d$ линейно независимы;
 в) единственное F -инвариантное подпространство X , содержащее d , есть само X . (6)
 Из (5) и (6) следует:

Теорема.

Дискретный (непрерывный) объект является полностью познаваемым для некоторого a (некоторого d) в том и только в том случае, если в канонической форме Жордана $\Phi(F)$ ни одна пара элементов не связана с одним и тем же собственным значением. (7)

Доказательство (7) непосредственно следует из определения канонической формы Жордана. *Достаточное* условие для выполнения (7) состоит в том, чтобы все собственные значения были отличными друг от друга.

(4.8) *Пример.* Рассмотрим объект, не познаваемый ни при каком d . Возьмем две передаточные функции, соответствующие двум параллельно соединенным элементам, причем каждая имеет вид $\frac{1}{s+1}$. Тогда F — единичная матрица и $\Gamma(1) = \Gamma(2)$ — одномерное линейное пространство, образованное вектором d .

Предположим, что выходной сигнал y_1 познаваемого объекта представляет сумму $x_1 + x_2$ выходных сигналов элементов, соответствующих двум передаточным функциям. Общая передаточная функция тогда имеет вид $(d_1 + d_2)(s+1)/(s+1)^2$. При нестрогом рассмотрении можно сказать, что эта передаточная функция «такая же», как и передаточная функция $(d_1 + d_2)/(s+1)$, т. е. множитель $(s+1)$ можно сократить. В действительности же здесь применяется замена $x_1 x_2$ через y_1 ; тогда познается y_1 , а не $y_2 = d_2 x_1 - d_1 x_2$.

Таким образом, если сокращение возможно, то познающие процедуры перестают познавать некоторые переменные состояния.

Объединяя этот вывод с предложением (7), можно установить следующее положение:

(4.9) *Познаваемый объект с одним выходом и одним входом (непрерывный или дискретный) полностью познаваем тогда и только тогда, когда входная процедура познания познает возбуждаемые колебания объекта на всех собственных частотах объекта, другими словами, если невозможно сократить полюсы передаточной функции.*

Способ структурного представления и другие подобные методы получения передаточных функций, часто приводят к тому, что становится

неясным, было ли произведено сокращение членов. В сомнительных случаях нужно пользоваться условиями, изложенными в пунктах (2) или (6). В частности, может случиться, что запрещенное сокращение произойдет при переходе от непрерывного случая к дискретному. Вообще говоря, это может случиться только одним из двух возможных путей.

а) Рассмотрим передаточную функцию (непрерывного) объекта $G(s) = b^2 s / (s^2 + 2as + b^2)$. В этом случае z — преобразование (передаточная функция дискретного объекта) имеет вид:

$$Z[G(s)] = [e^{aT} z (e^{aT} z - \cos bT)] / [e^{2aT} z^2 - 2(e^{aT} \cos bT) z + 1].$$

Если $bT \neq r\pi$ (r — целое число), множитель $(e^{aT} z - \cos r\pi)$ появляется как в числителе, так и в знаменателе.

Другой случай запрещенного сокращения заключается в следующем.

б) Рассмотрим непрерывную передаточную функцию:

$$G(s) = 3/(s^2 + 1)(s^2 + 4).$$

Соответствующая дискретная передаточная функция

$$Z[G(s)] = (z \sin T) / (z^2 - 2z \cos T + 1) - \\ - (z \sin 2T) / 2 (z^2 - 2z \cos 2T + 1).$$

Далее, если период квантования $T = \frac{2\pi}{3}$, мы имеем, что

$$Z[G(s)] = 3 \sqrt{2} z / 4 (z^2 - \sqrt{2} z + 1),$$

а если $T = 2\pi$, то $Z[G(s)] = 0$, так что при таких периодах повторения объект, очевидно, не является полностью познаваемым.

Поэтому можно сделать следующее заключение (прямое строгое доказательство не представляет затруднений).

Полностью познаваемый объект при отсутствии квантования остается полностью познаваемым и после введения квантования тогда и только тогда, когда для каждого собственного значения $\lambda(F)$ из F выполняется условие $\{\text{Im}[\lambda_j(F) - \lambda_j(F)]\} T \neq 2\pi$ (r — положительное число). (10)

Определение множества всех познаваемых состояний можно рассматривать как основную проблему в теории познания. Если для линейных случаев эта задача в основном решена, для стохастических или нелинейных случаев имеются частные результаты. Один факт заключается в следующем:

Рассмотрим полностью познаваемый линейный объект. Введем идеальное насыщение, т. е. потребуем, чтобы $[u_1(t)] \leq 1$. Пусть X будет прямой суммой двух Φ -инвариантных (F -инвариантных) под-

пространств YFZ , так что собственные значения, ограниченные в Y , меньше или равны единице по абсолютному значению (собственные значения F , ограниченные в Y , имеют неположительные действительные части).

Совокупность всех познаваемых состояний при насыщении есть декартово произведение $Y \times W$, где W — выпуклое компактное подмножество Z , содержащее начало координат. (11)

Основное следствие полной познаваемости состоит в следующем.

Основная (фундаментальная) теорема для линейных познаваемых объектов.

Рассмотрим дискретный полностью познаваемый объект. Каждое состояние приводится к нулю за минимальное число ($\leq n$) периодов квантования тогда и только тогда, когда закон познания задан следующим образом. (12)

$$u_1(kT) = -[e_1^*, x(kT)]. \quad (13)$$

Здесь e_1^* — первый вектор в дуальном базисе $e_1^*, \dots, e_n^*$ базиса $e_1, \dots, e_n$.

«Векторная» блок-схема замкнутой системы познания изображена на рис. 2.

Познаватель

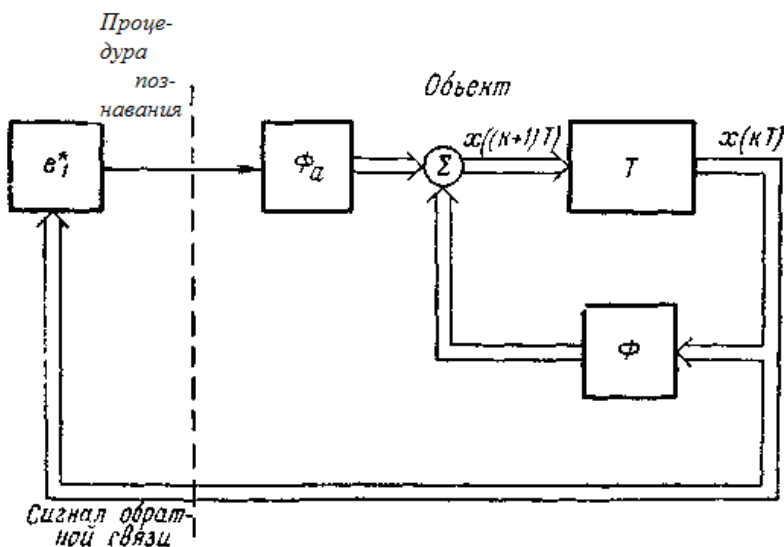


Рис. 2.

Мы видим, что закон познания (13) удовлетворяет принципу обратной связи, так как процедура познания определяется на основании измерений выходных сигналов, т. е. состояния. Характер закона познания, соответствующий наличию обратной связи, не есть априорное предположение; он определяется требованием, чтобы каждое состояние приводилось к нулю за минимальное время. Этот закон познания, тем не менее, может не быть *физически реализуемым*, так как наличие ограничений может помешать мгновенному измерению всех переменных, определяющих состояние познаваемого объекта.

Если линейный непрерывный познаваемый объект квантуется по времени, то период квантования выбирается произвольным. Отсюда мы на основании (12) можем заключить следующее.

В непрерывном полностью познаваемом объекте любое начальное состояние может быть приведено к нулю за произвольно короткий отрезок времени τ выбором $T = \tau/n$, квантованием по времени и использованием закона познания (13). (14)

Этот результат можно также получить и без квантования, но тогда закон познания становится нестационарным (коэффициенты обратной связи изменяются по времени), что может привести к физической нереализуемости процесса познания.

Доказательство (12). В любой момент времени kT любой вектор в $\Gamma(m)$ (где $1 \leq m \leq n$) можно представить в форме

$$x(kT) = \sum_{i=1}^m \xi_i e_i = \sum_{i=1}^m [e_i^*, x(kT)] e_i.$$

Отсюда, используя закон познания (13), получаем

$$\begin{aligned} x((k+1)T) &= \Phi \sum_{i=1}^m [e_i, x(kT)] e_i = \sum_{i=1}^{m-1} [e_{i+1}^*, x(kT)] e_i = \\ &= \sum_{i=1}^{m-1} [e_i^*, x((k+1)T)] e_i, \end{aligned}$$

так как

$$\Phi e_{i+1} = e_i.$$

Предположим теперь, что $\zeta_m \neq 0$, т. е. что содержится $x(kT)$ в $\Gamma(m)$, но не содержится в $\Gamma(m-1)$. Из предыдущих вычислений мы видим, что закон, определяемый формулой (13), является *единственным* законом познания, обеспечивающим то условие, что $x((k+1)T)$ будет содержаться в $\Gamma(m-1)$, что и требовалось доказать.

Из рассмотрения этого доказательства видно, что теорему (12) можно было бы сформулировать следующим образом.

Объект является полностью познаваемым в том и только в том случае, если существует процедура познания, обеспечивающая «конечную длительность переходного процесса». (15)

Если смягчить условия «минимальности», налагаемые теоремой (12), и требовать только, чтобы каждое состояние могло бы приводиться к нулю не более, чем за $p \geq n$ тактов, то можно определить закон познания, удовлетворяющий другим требованиям, например требованию минимальности процедур, необходимых для познания объекта.

Чтобы оправдать название «фундаментальная (основная) теорема» для теоремы (12), покажем, что этот результат включает и значительно улучшает теорию об оптимизации системы познания при отсутствии помех.

Мы и дальше познаваемый объект будем предполагать *линейным, стационарным с одним входом и дискретным*.

Для оптимизации системы познания введем понятие *критерия качества*. Под этим будем понимать проинтегрированную (или при дискретной системе просуммированную) *ошибку* на интервале времени движения системы. Будем определять ошибку как положительно определенную квадратичную форму $\mu \|x(kT)\|_Q^2$, где Q является положительно определенной матрицей, а μ — положительным числом. Тогда критерий качества есть функция начального состояния x и определяется выражением

$$V(x) = \sum_{i=1}^{\infty} \mu^i \| \varphi(kT; x, 0) \|_Q^2. \quad (16)$$

Теперь сформулируем следующую задачу:

Задача оптимального познавателя. *Найти такое познание, чтобы критерий качества, определяемый формулой (16), был минимальным для любого начального состояния x .* (17)

На первый взгляд может показаться, что эта задача вообще не имеет какое-нибудь значение, так как $V(x)$ может оказаться бесконечным, по крайней мере для некоторых начальных состояний. Поэтому нам понадобится следующая теорема.

Общая теорема существования и единственности. *Если Q в выражении (16) положительно определенная матрица, то решение задачи оптимального познавателя существует для любого $\mu > 0$ (1) тогда и (2) только тогда, когда объект полностью познаваем. Более того, получившаяся в результате система познания обладает сле-*

дующими свойствами: (3) ее закон познания единственный, стационарный и линейный; (4) если $\mu \geq 1$, замкнутая система асимптотически устойчива и $V_0(\mathbf{x})$ — одна из ее функций Ляпунова ($V_0(\mathbf{x})$ определяется на основании формулы (16), где Φ — переходная функция оптимизированной замкнутой системы). (18)

Доказательство. Пусть $V_N(\mathbf{x})$ обозначает $V(\mathbf{x})$, если суммирование, указанное в (16), производится в пределах $\{1, N\}$. Тогда ясно, что

$$V_{N+1}(\mathbf{x}) = \mu [V_N(\Phi(T; \mathbf{x}, 0)) + \|\mathbf{x}\|_Q^2]. \quad (19)$$

Пусть $V_N^0(\mathbf{x})$ будет значением $V_N(\mathbf{x})$ минимизированным по отношению к возможным процедурам познания в точках квантования $0, \dots, (N-1)T$.

Существование V_N^0 доказывается далее методом индукции.

Теперь прибегнем к интуитивно очевидному положению.

Принцип оптимальности. Для того, чтобы процедура познания, осуществляемая в точках квантования $0, \dots, (N+1)T$, была оптимальной, необходимо, чтобы процедуры познания, осуществляемые в точках квантования $T, \dots, (N+1)T$, были оптимальными независимо от состояния, в котором осуществляется первая процедура познания. (20)

При помощи этого принципа можно определить законы познания и значения критерия качества V^0 .

Так как мы считаем, что система стационарна, то оптимальный закон познания не зависит от того, в какое время имеет место начальное состояние $\mathbf{x}$; если $V_N^0(\mathbf{x})$ оптимален для интервала $(0, NT)$, то $V_N^0(\Phi(T; \mathbf{x}, 0))$ оптимален для интервала $(T, (N+1)T)$. Таким образом, из формулы (19) на основании принципа оптимальности мы получаем

$$V_{N+1}^0(\mathbf{x}) = \min_{u_1(0)} \mu [V_N^0(\Phi(T; \mathbf{x}, 0)) + \|\mathbf{x}\|_Q^2]. \quad (21)$$

Воспользовавшись этой основной рекуррентной формулой и линейным характером Φ , теперь можно легко показать при помощи метода индукции, что $V_N^0(\mathbf{x})$ задается квадратичной формой $\|\mathbf{x}\|_{P(N)}^2$; более того, если Q в (16) положительно определенная матрица, то $P(N)$ тоже положительно определенная матрица. Существование V_N^0 — тривиальное следствие этих вычислений.

Существенная оставшаяся часть доказательства заключается в том, чтобы показать, что последовательность $P(0), P(1), \dots$ сходится. Для этого мы используем топологию пространства всех положительно

определенных матриц, определяя норму $\|\tilde{P}\|$ положительно определенной матрицы следующим образом:

$$\|\tilde{P}\|^2 = \max_x \{ \|x\|_{\tilde{P}}^2; \|x\|^2 = 1 \}. \quad (22)$$

Из теории матриц известно, что $\|\tilde{P}\|$ является просто наибольшим собственным значением P .

Остается доказать сходимость последовательности чисел

$$\|\tilde{P}(0)\|, \|\tilde{P}(1)\|, \dots \quad (23)$$

(1) Предположим, что объект полностью познаваем. Тогда существует закон познания, задаваемый формулой (13), такой, что движения замкнутой системы удовлетворяют условию $\Phi(kT, x, 0) = 0$ для всех x и всех $k \geq n$. Для этого частного закона познания выражение (16) представляет сумму конечного числа членов и, таким образом, V существует; очевидно V — положительно определенная квадратичная форма, которую мы обозначаем через $V^1(x) = \|x\|_{P^1}^2$. Теперь $V_N^0(x) \leq V^1(x)$ для всех x и всех N , так как иначе V_N^0 не было бы оптимальным; из этого следует, что $\|\tilde{P}(N)\| \leq \|\tilde{P}\| \|\tilde{P}^1\| < \infty$, так что последовательность (23) ограничена.

Аналогично на основании формулы (16) и того факта, что Q положительно определенная матрица, получаем, что $V_N^0(x) \leq V_{N+1}^0(x)$ для всех x и всех N , так что $\|\tilde{P}(N)\| \leq \|\tilde{P}(N+1)\|$, откуда видно, что последовательность (23) *неубывающая*.

Неубывающая и ограниченная последовательность сходится и, следовательно, $\lim_{N \rightarrow \infty} \tilde{P}(N) = \tilde{P}^0$. Путем тривиального доказательства

получаем, что действительно $\lim_{N \rightarrow \infty} V_N^0(x) = \|x\|_{\tilde{P}^0}^2 = V^0(x)$;

другими словами, переход к пределу при $N \rightarrow \infty$ и минимизация могут взаимозаменяться. Таким образом, (1) доказано.

(2) Если объект не полностью познаваем, мы можем записать X как прямую сумму $Y + \Gamma(n)$, где $Y \neq 0$, так как $\Gamma(n) \neq X$. Этому прямому разложению X на сумму соответствует разбиение матрицы

$$\Phi = \begin{bmatrix} \Phi_{YY} & 0 \\ \Phi_{Y\Gamma} & \Phi_{\Gamma\Gamma} \end{bmatrix}, \quad (24)$$

где $\Phi_{Y\Gamma} = 0$, потому что $\Gamma(n)$ есть Φ -инвариант. Пусть теперь

$$v = \inf_y \|\Phi_{YY}y\| / \|y\|;$$

$v > 0$, так как в противном случае Φ_{YU} была бы особой; из формулы (24) видно, что Φ будет особой, а это противоречит предположениям п.3.2.4.

Пусть Y — проекция X на Y . Ясно, что если y содержится в Y , то

$$v^h \|y\| \leq \| \Phi_{YU}^k y \| \leq \| Y \Phi(kT; y, 0) \| \leq \| \Phi(kT, y, 0) \|;$$

если $\mu v < 1$, то сумма (16) будет расходиться для каждого x , проекция которого на Y не равна нулю, что и доказывает (2).

(3). На основании (1) можно записать, что

$$V^0(x) = \min \mu [V^0(\Phi(T, x, 0)) + \|x\|_Q^2], \quad (25)$$

а это указывает на то, что оптимальный закон познания стационарен. Непосредственное вычисление, основанное на формуле (25), показывает, что закон познания линеен, это является следствием того, что критерий ошибки $\|x\|_Q^2$ представляет собой квадратичную форму. Этим доказывается пункт (3).

(4) Очевидно, что вариация $V^0(x)$ вдоль всякой траектории движения оптимизированной системы имеет вид

$$\begin{aligned} V^0(x) &= T^{-1} [V^0(\bar{\Phi}(T; x, 0)) - V^0(x)] = \\ &= -T^{-1} [(\mu - 1)V^0(\Phi(T; x, 0)) + \mu \|x\|_Q^2] \end{aligned}$$

и является отрицательно определенной при $\mu \geq 1$, а Q — положительно определенной. Следовательно, применима обычная теория устойчивости Ляпунова, что доказывает пункт (18).

Мы опять имеем систему с обратной связью, как на рис. 2, но теперь линейный функционал, определяющий закон познания, не равен e^*_1 , а получается после вычислений, основанных на (21).

Этот результат можно обобщить в нескольких направлениях.

а) *Познание в заданный момент времени.* Верхний предел суммы (16) может быть ограниченным. В этом случае закон познания всегда нестационарен. В большинстве случаев система все же устойчива.

б) Критерий качества можно обобщить следующим образом:

$$V(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \mu^k [\|\Phi(kT; x, 0)\|_Q^2 + \|u(kT)\|_R^2], \quad (26)$$

так что он будет содержать цену «энергии познания».

в) Можно рассмотреть несколько переменных познания.

г) Нестационарные объекты могут рассматриваться аналогичным образом. Сюда относится также случай, когда $Q(kT)$ — некоторая более сложная функция времени, чем $\mu^k Q$. Нестационарность

значительно усложняет вычисления, необходимые для нахождения оптимального закона познания.

д) Можно рассмотреть неквадратичные критерии ошибки. Теоретически, это не приведет к новым результатам, но оптимальный закон познания почти всегда будет нелинейным и его точное вычисление может оказаться совершенно невозможным.

е) Требование, чтобы Q было положительно определенной матрицей, можно ослабить.

Сделаем замечание, касающееся пункта (е). Предположим, что $\|x\|_Q^2 = [q^*, x]^2$. Если $[q^*, \Phi a] \neq 0$, то оптимальное познания, минимизирующее $V(x)$ из выражения (16), очевидно, записывается в виде

$$u_1(t) = -[q^*, \Phi x]/[q^*, \Phi a], \quad (27)$$

так как $[q^*, \Phi(kT; x, 0)] = 0$ для всех $k > 0$.

Заметим, что закон *оптимального познания* (27) не обязательно приводит к *устойчивой* замкнутой системе. В действительности, если $[q^*, \Phi(T)a(T)]$ равно нулю для какого-то $T = T_0$, то для значений T , очень близких, но не равных T_0 , закон познания (27) будет требовать очень высокого коэффициента усиления разомкнутой системы, так что интуитивно следует ожидать неустойчивости системы. Это можно показать на числовых примерах. Гораздо легче найти подобные случаи в непрерывном познании.

Пока еще нам неизвестно, какие необходимые и достаточные условия, накладываемые на Q , обеспечивают выводы теоремы (18).

3.2.5. Наблюдаемость

Следуя методам п.3.2.4, найдем внутренние свойства, характеризующие познаваемые объекты, ограниченные по отношению к выходному сигналу. Далее познаваемый объект всегда будет считаться *линейным, стационарным, дискретным и с одним выходом*.

Пусть X^* — дуальное векторное пространство пространства состояний X , т. е. пространство всех линейных функций в X . Элемент z^* или x^* в X^* называется *косостоянием (сопряженным состоянием)*.

Косостояние z^* объекта считается наблюдаемым, если его точное значение $[z^*, x]$ для любого состояния x в момент времени 0 можно определить на основании измерений выходного сигнала $y_1(t) = [\Phi^*, \Phi(t; x, 0)]$ на конечном интервале $0 \geq t \geq t_2$. Момент времени t_2 вообще будет зависеть от z^* . Если каждое

косостояние наблюдаемо, мы будем говорить, что объект полностью наблюдаем. (1)

Если объект полностью наблюдаем, то его переменные состояния по отношению к любому базису $\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n$ можно определить на конечном отрезке времени; переменная состояния x_i по отношению к этому базису, который по предположению наблюдаем, равна $[\mathbf{a}_i^*, \mathbf{x}]$, где $\mathbf{a}_i^*$ — i -й член дуального базиса. Тем не менее, мы не можем назвать состояния сами по себе наблюдаемыми, так как естественного соответствия (т. е. не зависящего от конкретного используемого базиса) между состояниями и косостояниями не существует. Если $\mathbf{a}_j^*$ — ненаблюдаемое косостояние, то переменную состояния x_j нельзя определить; другими словами, эту сторону поведения объекта нельзя определить на основании измерений.

По аналогии с п.3.2.4. можно сказать следующее.

Объект полностью наблюдаем (1) тогда и (2) только тогда, когда совокупность ковекторов $(\Phi^*)^{-1}\mathbf{b}^*, \dots, (\Phi^*)^{-1}\mathbf{b}^*$ линейно независима. (2)

Пусть $\mathbf{f}_i^*$ для каждого положительного целого числа i обозначает ковектор $(\Phi^*)^{-1}\mathbf{b}^*$. Если косостояние $\mathbf{z}^*$ можно определить из прошлых q наблюдений выходного сигнала, то можно записать

$$[\mathbf{z}^*, \mathbf{x}] = \sum_{i=1}^q \xi_i^* [\mathbf{b}^*, \varphi(-iT; \mathbf{x}, 0)].$$

Так как объект свободный, то правая часть равна

$$\sum_{i=1}^q \xi_i^* [\mathbf{b}^*, \Phi^{-i}\mathbf{x}] = \sum_{i=1}^q \xi_i^* [\mathbf{f}_i^*, \mathbf{x}].$$

Поскольку это условие должно выполняться для каждого $\mathbf{x}$, то

$$\mathbf{z}^* = \sum_{i=1}^q \xi_i^* \mathbf{f}_i^*.$$

Отсюда при помощи простой индукции получаем следующее:

Совокупность $\Gamma^*(q)$ косостояний, точное значение которых при любом состоянии можно определить при помощи не более чем q последовательных измерений выходного сигнала, задается выражением

$$\Gamma^*(q) = \left\{ \mathbf{z}; \mathbf{z}^* = \sum_{i=1}^q \xi_i^* \mathbf{f}_i^* \right\},$$

где ξ_j^* — произвольные действительные числа.

(3)

Отсюда получаем следующее:

Если f_{k-1}^* линейно зависит от $f_1^*, \dots, f_k^*$, то и f_m^* при всех $m > k$ тоже линейно зависит от $f_1^*, \dots, f_k^*$. Следовательно, если $\Gamma^*(k) = \Gamma^*(k+1)$, то $\Gamma^*(k) = \Gamma^*(m)$ для всех $k \geq m$. (4)

Доказательство пункта (2) совершенно аналогично доказательству (2) п.3.2.4.

Форма и метод доказательства теоремы (2) ставит задачу: существует ли какой-либо аналог теоремы (12) п.3.2.4? Предполагаемую аналогию можно выразить различными способами. Оказывается, однако, что все такие аналогии, за исключением одной, приводят к неестественным ответам.

Правильная аналогия является ответом на следующий вопрос: если z^* содержится в $\Gamma^*(q)$, то существует ли «схема», обеспечивающая, чтобы значение z^* при любом состоянии $x(t)$ становилось (и оставалось) точно известным после не более чем q измерений выходного объекта? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо прежде всего дать подробное указание для вычисления фактического значения $[z^*, x(t)]$ в любой момент времени t на основании знания прошлых измерений выходного сигнала объекта. Нам не представляется возможным вывести такую схему при современном состоянии теории познания, тем не менее, следующие предположения обеспечат возможность получения такой схемы в будущих исследованиях по теории познания.

Пусть $\bar{x}(t)$ обозначает оценку состояния объекта в момент времени t . Эта величина будет определена, если мы условимся применять $[z^*, \bar{x}(t)]$ в качестве оценки фактического значения косостояния z^* в момент времени t . Назовем $\tilde{x}(t) = x(t) - \bar{x}(t)$ ошибкой оценки; это мотивировано тем, что мы замечаем в силу линейности, что ошибка оценки в значении косостояния есть $[z^*, x(t)] - [z^*, \bar{x}(t)] = [z^*, \tilde{x}(t)]$. При наличии таких условий и при рассмотрении только дискретного случая, ответ на вопрос, поставленный в п. 3.2.4, равносителен определению того, каким образом подсчитать $\bar{x}((k+1)T)$ на основании предшествующих измерений $y_1(0), \dots, y_1(kT)$ выходной переменной объекта. Теперь мы имеем аналог теоремы (12) п. 3.2.4.

(7). **Фундаментальная теорема для линейных наблюдаемых систем.** Рассмотрим дискретный полностью наблюдаемый объект. Схема наибоыстрейшего наблюдения (в том смысле, что точное значение каждого косостояния z^* при любом состоянии $x(t)$

обнаруживается при наименьшем числе ($\leq n$) измерений) однозначно определяется соотношениями

$$\bar{x}((k+1)T) = \Phi(\bar{x}(kT) - b[b^*, \bar{x}(kT)]), \quad (8)$$

где

$$b = \Phi^{-1}f_1, \quad b^* = \Phi^*f_1^*,$$

причем f_1 — первый элемент базиса, дуального базису $f_1^*, \dots, f_n^*$.

Схема оптимального наблюдения осуществляется при помощи системы с обратной связью, как показано на рис. 3.

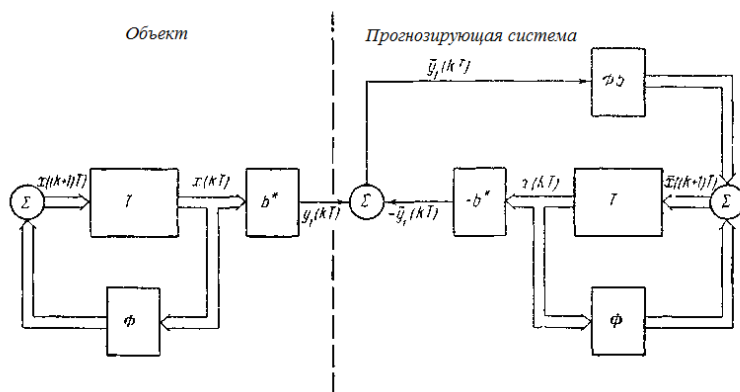


Рис. 3.

«Динамика» разомкнутой системы — точная копия динамики системы, состояние которой мы хотим наблюдать. Скалярный сигнал ошибки, записывающийся в виде

$$[b^*, \bar{x}(kT)] = [b^*, x(kT)] - [b^*, \bar{x}(kT)], \quad (9)$$

можно измерить непосредственно. Схема физически реализуема (например, при помощи непрерывного моделирующего устройства или цифрового вычислительного устройства), так как при вычислении следующей оценки имеется запаздывание, равное одному периоду квантования.

Доказательство (7). Пусть измерение выходного сигнала объекта начинается при $t=0$. Очевидно, достаточно показать, что схема, определяемая соотношением (8), является единственной схемой, гарантирующей для всех $k = 1, 2, \dots$ следующее:

$$\begin{cases} [z^*, \bar{x}(kT)] = [z^*, x(kT)] \text{ для всех } z^* \text{ в } \Gamma^*(k); \\ [f_i^*, \bar{x}(kT)] = 0 \end{cases} \text{ для всех } i > k. \quad (10)$$

Докажем это методом индукции. Первая оценка имеет вид

$$\bar{x}(T) = \Phi b [b^*, x(0)] = f_1 [f_1^*, x(T)],$$

откуда (10) получается тривиально.

Теперь предположим, что при $k = q$

$$[z^*, \bar{x}(qT)] = [z^*, x(qT)]$$

для каждого косостояния z^* в $\Gamma^*(q)$. Тогда

$$[\bar{w}^*, \Phi \bar{x}(qT)] = [\bar{w}^*, x(q+1)T],$$

где

$$\bar{w}^* = (\Phi^*)^{-1} z^*.$$

Таким образом, если z^* содержится в $\Gamma^*(q)$, то $\bar{w}^*$ есть такое косостояние, содержащееся в $\Gamma^*(q+1)$, что его первая координата исчезает, т. е. $\xi_1^* = [\bar{w}^*, f_1] = 0$. Следовательно, $\bar{w}^*$ ортогонально второму слагаемому в правой части уравнения (8) и мы получаем

$$[\bar{w}^*, \bar{x}((q+1)T)] = [\bar{w}^*, x((q+1)T)]. \quad (11)$$

По тем же самым причинам, если $[f_i^*, \bar{x}(qT)] = 0$ для всех $i > q$, то $[f_i^*, \bar{x}((q+1)T)] = [f_i^*, \Phi \bar{x}(qT)] = [f_{i+1}^*, x(qT)] = 0$ для всех $i > q+1$.

Остается доказать, что соотношение (11) верно для любого ковектора, содержащегося в $\Gamma^*(1)$.

Непосредственным вычислением получаем

$$[f_1^*, \bar{x}((q+1)T)] = [f_1^*, \Phi \bar{x}(qT) + f_1 [f_1^*, x((q+1)T) - \Phi \bar{x}(qT)]].$$

В силу линейности правую часть уравнения можно записать в виде:

$$[f_1^*, \Phi \bar{x}(qT)] + [f_1^*, x((q+1)T) - \Phi \bar{x}(qT)] = [f_1^*, \bar{x}((q+1)T)],$$

что показывает справедливость индукции. Тот факт, что доказательство верно только в том случае, когда схема оценки задается выражением (8), очевиден из вычислений, что и требовалось доказать.

Следствием этого результата является следующий аналог теоремы (12) п.3.2.4.

Быстрейшее познание объекта с ограниченным выходным сигналом. Рассмотрим полностью наблюдаемый объект, ограниченный по отношению ко входу. При заданном произвольном неизвестном начальном состоянии x_0 каждая переменная состояния

$X_i(kT; x_0, 0)$, сводится к нулю в минимальное число ($\leq n$) периодов квантования тогда и только тогда, когда замкнутая система описывается уравнением

$$x((k+1)T) = \Phi(x(kT) - b, b^*[x(kT)]). \quad (12)$$

Заменив e_i через b и e^*_i через b^* , получаем систему, аналогичную изображенной на рис. 2. Тем не менее, начальные ограничения, наложенные на объект, которые привели к этой системе, были отличными от (12) п.3.2.4.

Для доказательства (12) вычитаем (8) из (16) п.3.2.3. Видно, что ошибка $\tilde{x}(kT)$ в оптимальной наблюдаемой системе также подчиняется уравнениям (13) свободной динамической системы

$$\tilde{x}((k+1)T) = \Phi(\tilde{x}(kT) - b[b^*, \tilde{x}(kT)]). \quad (14)$$

Если x отождествить с $\tilde{x}$, то непосредственно последует желаемый вывод.

3.2.6. Принцип дуальности

Очевидную аналогию между познаваемостью и наблюдаемостью **можно** выразить при помощи принципа, который мы назовем *принципом дуальности*.

Рассмотрим дискретный с n входными и одним выходом объект. Наиболее общая форма уравнений *любой* системы с обратной связью и линейным (но не обязательно стационарным) законом познания, включающей этот объект, имеет вид

$$x((k+1)T) = \Phi\left(x(kT) + a\left(k + \frac{1}{2}\right)T [b^*, x(kT)]\right), \quad (1)$$

где $a\left(k + \frac{1}{2}\right)T$ — произвольный вектор; обозначение введено для того, чтобы отметить, что его величина фиксирована внутри каждого интервала квантования $kT \leq t \leq (k+1)T$.

Пусть $\Phi(kT; x, 0)$ описывает движения системы (1). При заданном произвольном состоянии x и произвольном косостоянии z^* для каждого $k = 0, 1, \dots$ мы определяем при помощи индукции единственную функцию Φ^* , удовлетворяющую уравнению

$$[z^*, \Phi(kT; x, 0)] = [\Phi^*(0; z^*, kT), x]. \quad (2)$$

Ясно, что Φ^* соответствует движению динамической системы, определенной в X^* и описываемой уравнением

$$x^*((k-1)T) = \Phi^* \left(x^*(kT) + (\Phi^*)^{-1} b^* \left[x^*(kT), \Phi a \left(\left(k - \frac{1}{2} \right) T \right) \right] \right). \quad (3)$$

Так как b^* фиксировано, а $a \left(\left(k + \frac{1}{2} \right) T \right)$ произвольно, то видно, что (3) определяет в X^* объект с одним входом и n выходами, который мы назовем *дуальным объектом*. Итак, мы получили следующее.

Принцип дуальности. Из рассмотрения класса систем с обратной связью и линейным законом познания, дуальный объект, определенный в X^* , получается следующим образом: ϕ заменяется его дуальным дополнением ϕ^* ; ограничения, накладываемые на входное воздействие и на выходной сигнал, меняются местами; изменяется направление оси времени (рис. 4). (4)

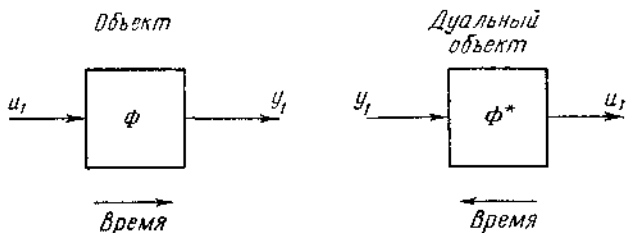


Рис. 4.

Далее сделаем некоторые замечания, поясняющие сформулированный принцип:

а) Принцип дуальности или *сопряженности* свободной линейной динамической системы хорошо известен в теории линейных дифференциальных уравнений. Сопряженным уравнением по отношению к уравнению свободной системы (10) п.3.2.3 является

$$\frac{dx^*}{dt} = F^*(t) x^*.$$

б) В рассматриваемом здесь смысле принцип дуальности был предложен при исследовании задачи фильтрации и предсказания Винера — Колмогорова. Важно то, что согласно принципу дуальности объект, ограниченный по отношению к сигналу на выходе, можно превратить в объект, ограниченный по отношению к входным воздействиям, так что теорию оптимального познания можно сравнить с теорией фильтрации Винера.

Двумя следствиями принципа дуальности являются следующие.

Объект полностью познаваем тогда и только тогда, когда его дуальный объект полностью наблюдаем, и наоборот. (5)

Для доказательства (5) достаточно отметить, что если $a_1, \dots, a_n$ — любой базис в X и $u_1^i(0), \dots, u_1^i(kT)$ — последовательность процедур познания, которая приводит a_i к нулю за конечный отрезок времени, то процедура познания, определяемая выражением

$$u_1(kT) = \sum_{i=1}^n u_1^i(kT) x_i(kT)$$

будет приводить каждое состояние к нулю за конечный отрезок времени. Следовательно, в вопросах познаваемости и наблюдаемости достаточно рассмотреть линейные системы с обратной связью.

Решение задачи минимального времени наблюдения идентично решению задачи минимального времени познания для дуального объекта. (6)

Исследуем теперь значение «дуализации» результатов п.3.2.4. Рассмотрим следующую задачу, касающуюся дуального объекта. Минимизируем

$$V'(z') = \sum_{k=1}^{\infty} \|\Phi^*(kT; z', 0)\|_Q^2, \quad (7)$$

где Q^* — положительно определенная матрица.

Это, конечно, абстрактная задача в X^* . Чтобы увидеть, что это действительно значит в X , заметим, во-первых, что любую положительную полуопределенную квадратичную форму в X^* можно представить в виде

$$\|z\|_Q^2 = \sum_{i=1}^m [z', q_i]^2, \quad m \leq n, \quad (8)$$

где q_i — совокупность таких ортогональных векторов, что

$$[q_i^*, q_j] = \delta_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, m$$

и $m=n$ тогда и только тогда, когда Q положительно определенная матрица. На основании (8)

$$V'(z) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{i=1}^m [\Phi^*(kT; z', 0), q_i]^2.$$

Далее, учитывая выражение (2) и изменение направления оси времени, получим

$$V(\mathbf{z}) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{i=1}^m |\mathbf{z}, \Phi(0, \mathbf{q}_i, -kT)|^2.$$

Здесь отметим важный факт, касающийся интерпретации членов последнего уравнения.

Пусть $\mathbf{v}$ — векторная случайная переменная величина со средним значением, равным нулю, подчиняющаяся закону распределения Гаусса. Как известно, такая случайная величина единственно определяется значением ее ковариантной матрицы $\mathbf{W} = \text{cov } \mathbf{v}$, которая в свою очередь характеризуется следующим тождеством:

$$E[\mathbf{z}^*, \mathbf{v}]^2 = \|\mathbf{z}^*\|_{\text{cov } \mathbf{v}}^2. \quad (9)$$

Так как ковариантная матрица всегда положительная полуопределенная, можно использовать представление (8). Таким образом,

$$E[\mathbf{z}^*, \mathbf{v}]^2 = \sum_{i=1}^m |\mathbf{z}^*, \mathbf{w}_i|^2,$$

где $\mathbf{w}_i$ — собственный вектор коектора $\mathbf{v}$. Содержание формулы (9) можно выразить также следующим образом:

Если $\mathbf{v}$ — случайный вектор со средним значением, равным нулю, с гауссовским законом распределения и ковариантной матрицей $\mathbf{W}$, то его можно выразить в виде суммы независимых случайных переменных $\mathbf{v}$:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_1 + \dots + \mathbf{v}_m, \quad (m \leq n),$$

где $\mathbf{v}_i = \alpha_i \mathbf{w}_i$, причем α_i — скалярные независимые случайные переменные, распределенные по гауссовскому закону со средним значением, равным нулю, и дисперсией, равной единице. (10)

Так как $\mathbf{v}_i$ независимы, их коварианты суммируются, так что достаточно доказать, что $\text{cov } \sum_i \mathbf{v}_i = \sum_i \text{cov } \mathbf{v}_i = \text{cov } \mathbf{v}$. Но

$$\begin{aligned} E[\mathbf{x}^*, \mathbf{v}] &= \|\mathbf{x}^*\|_{\text{cov } \mathbf{v}}^2 = \sum_{i=1}^m |\mathbf{x}^*, \mathbf{w}_i|^2 = \\ &= \sum_{i=1}^m E[\mathbf{x}^*, \mathbf{v}_i]^2 = \sum_{i=1}^m \|\mathbf{x}^*\|_{\text{cov } \mathbf{v}_i}^2 = \|\mathbf{x}^*\|_{\sum_i \text{cov } \mathbf{v}_i}^2 \end{aligned}$$

и так как это соотношение должно быть верно для любого косостояния $\mathbf{x}^*$, то утверждение (10) справедливо.

Наконец, пусть $\mathbf{v}(kT)$ такой случайный процесс, что его значения в различные моменты времени независимы и в каждый момент процесс $\mathbf{v}(kT)$ имеет ту же ковариантную матрицу $\mathbf{W}$.

Отождествляя q_i с w_i и используя предположение о независимости и о том, что среднее значение равно нулю, получаем

$$V^*(z^*) = E \left[z^*, \sum_{k=-1}^{\infty} \varphi(0, v(kT), kT) \right]^2. \quad (11)$$

Теперь, независимо от предшествующего рассмотрим *линейную дискретную динамическую систему с одним выходом*, находящуюся под действием случайных возмущений

$$\begin{cases} x((k+1)T) = \Phi x(kT) + v(kT), \\ y_1(kT) = [b^*, x(kT)]. \end{cases} \quad (12)$$

Эта система может рассматриваться как модель стохастического процесса, где $y_1(kT)$ — сумма сигнала и шума. Мы хотим получить оптимальную оценку каждого косостояния z^* таким образом, чтобы

$$E[z^*, \tilde{x}(kT)]^2$$

было минимальным.

Если *предположить*, что процесс оптимальной оценки соответствует процессу в линейной динамической системе, что для гауссовского случая доказывается, то оценку $\tilde{x}(kT)$ можно вычислить, как и в п.3.2.5, при помощи «искусственного» объекта, у которого входные и выходные сигналы не ограничены. Вычитая уравнения $\tilde{x}$ из уравнений x , получаем уравнение для оценки ошибки

$$\begin{aligned} \tilde{x}((k+1)T) &= \\ &= \Phi \left(\tilde{x}(kT) + a \left(\left(k + \frac{1}{2} \right) T \right) [b^*, \tilde{x}(kT)] \right) + v(kT). \end{aligned} \quad (13)$$

Так как φ в правой части уравнения (11) соответствует движению объекта, ограниченного по отношению к выходу, то φ может быть отождествлено с движением свободной системы (13). В силу линейности далее получаем, что суммирование в правой части уравнения (11) дает состояние системы (13) в данный момент времени благодаря суперпозиции воздействий всех предшествующих случайных возмущений. Короче

$$\begin{aligned} V^*(z^*) &= E[z^*, \tilde{x}(0)]^2 = \\ &= \min_{\tilde{x}(0)} E \{ [z^*, x(0) - \tilde{x}(0)]^2, y_1(-T), y_2(-2T), \dots \}, \end{aligned} \quad (14)$$

т. е. V^* — минимизированное условное ожидание ошибки в предсказании состояния при помощи $\tilde{x}(0)$, где $\tilde{x}(0)$ вычисляется на основании всех прошлых измерений суммы y_1 «сигнала и шума».

Подводя итоги, можно сказать следующее:

Задача оптимального познавателя в X^* есть винеровская задача фильтрации в X . (15)

В частности, принцип дуальности позволяет применить методы п.3.2.4, при помощи которых определялся закон познания оптимального познавателя, для получения уравнений оптимального винеровского фильтра. Этот важный результат обуславливает постановку многих задач познания, а также приводит к результатам, из которых мы укажем только один.

Система оптимального прогноза познания (13), которая решает винеровскую задачу фильтрации, является асимптотически устойчивой тогда и только тогда, когда процесс (12), представляющий комбинацию сигнала и шума, полностью наблюдаем. (16)

Мы должны помнить, что процесс, описываемый уравнением (12), есть математическая абстракция: просто представление (по-видимому, эмпирически полученное) автокорреляционных и взаимокорреляционных функций сигнала и шума. Это представление является обычным в теории фильтрации и предсказания.

Гипотезу в теореме (16) можно также выразить следующим образом. *Если фиктивное случайное возмущение $v(kT)$ в (12) «прекращается», то точное состояние системы можно определить при помощи конечного числа измерений суммы сигнала и шума.*

Для доказательства (16) необходимо убедиться лишь в том, что если (свободный) дуальный объект устойчив в X^* , то (свободный) объект устойчив в X .

Объединив результаты п.3.2.3—3.2.6, можно сделать очевидные выводы.

(1) Основная теорема существования. *Рассмотрим дискретный объект с одним входом и одним выходом. Задача оптимального познавателя имеет решение, обладающее свойствами, указанными в (18) п.3.2.4 тогда и только тогда, когда объект полностью познаваем и полностью наблюдаем.* (17)

Эта теорема может рассматриваться пока как основной результат чистой теории познания. Она тривиально вытекает из (18) п.3.2.4 и определения наблюдаемости. Действительно, при наличии наблюдаемости все переменные состояния можно точно определить за

конечное число шагов, после чего мы приходим к положению, описанному в пункте (18) п.3.2.4. И обратно, если некоторые переменные состояния не наблюдаемы, то критерий качества $V(x)$ будет расходиться для какого-то достаточно большого μ , если ненаблюдаемая координата начального состояния не равна нулю.

Легко ослабить требование «дискретности», «одного входа» и «одного выхода», содержащиеся в теореме (1).

Первое обобщение требует только предположения, что критерий качества задается выражением (26) п.3.2.4, где R положительно определенная матрица, так как в противном случае $V(x)$ может быть сделано произвольно малым для любого фиксированного x выбором малого T , в то время как $u_1(t)$ будет произвольно большим.

Абстрактные определения познаваемости и наблюдаемости не нуждаются в изменении при рассмотрении общего случая систем с большим числом входов и выходов. При этом точные условия (2) п.3.2.4 и (2) п.3.2.5 должны быть соответственно видоизменены. Основной новый факт состоит в том, что свойства полной познаваемости и наблюдаемости не очевидны из рассмотрения уравнений динамики, особенно когда они получены линеаризацией нелинейных уравнений. Следует отметить, что важность этих вопросов остается слабо излагаемыми в литературе, относящейся к многоконтурным системам.

Насколько принцип дуальности может быть отделен от предположения о линейности закона познания? В решении задачи оптимального познавателя, описанной в общих чертах в п.3.2.5, не было сделано априорных предположений о линейном законе познания, но это *следует* из использования квадратичного критерия качества. Подобным образом в прямом решении винеровской задачи фильтрации не делается никакого предположения о том, что закон управления является линейным (или даже, что оптимальным предсказывающим устройством является динамическая система), но это следует из предположения о гассовском законе распределения. Тогда принцип дуальности объединяет эти результаты и возникает вопрос, можно ли это сделать априорно. Можно показать, что свойства оптимальных винеровских фильтров, рассмотренные в п.3.2.6, можно связать со скоростью передачи информации (в смысле Шеннона), передаваемой измерениями $y(kT)$ о неизвестном состоянии $x(kT)$.

Исходя из принципа дуальности, можно было бы ожидать, что понятие информации также можно дуализировать. Но что это такое?

Следует изучить требования информации для познаваемого объектом, который подвержен случайным возмущениям. В частности, «качество познания» будет зависеть от ограничений, налагаемых как

на входной сигнал, так и на выходной. Мерой последнего является скорость информации, мера первого может быть двоякой, как и предполагается в предыдущем разделе. Можно ли тогда сделать точные количественные выводы о работе системы познания на основании таких количественных измерений, как ограничение отношения входного сигнала к выходному? Другими словами, можно ли рассматривать познаваемость и наблюдаемость как числовые величины, а не как абстрактные свойства?

Исследование этих и подобных вопросов является мощной побудительной силой в дальнейшем развитии «чистой» теории познания

Выводы

На основании достижений теории познания очерчены рамки «чистой» теории познания и тем самым обеспечены основы для некоторых прошлых и многих будущих исследований в области познания. Серьезным достижением является новая точка зрения на принцип дуальности, распространенный на задачу познания и фильтрации. Современный уровень развития теории познания дал возможность разрешать теоретические задачи познания и применять эффективные вычислительные методы в процессах познания.

3.2.7. Некоторые общенаучные методы познания

Современная наука быстро развивается. Она изучает самые различные объекты в природе и обществе — от элементарных частиц до звезд, от живых организмов до роботов, от психики отдельного человека до социальных преобразований в масштабе всего общества. Это приводит к созданию новых наук. **Такой процесс называется дифференциацией научного знания. Дифференциация науки приводит к появлению множества различных специально научных методов познания.** Вместе с тем происходит и обратный процесс — **интеграция науки. Он проявляется в том, что законы и закономерности, открытые одними науками, находят применение в других.** Понятия, сформировавшиеся в рамках физики или химии, применяются при изучении живых организмов. Экономические закономерности используются для изучения истории общества, а достижения психологии учитываются при конструировании роботов и

т. д. Но самым важным проявлением интеграции науки является развитие и углубление общенаучных методов познания, широко применяемых и используемых во всех видах научного исследования. Их изучение является важной задачей теории познания.

1. Дедуктивный и индуктивный методы познания.

Законы, гипотезы и теории каждой науки образуют особый уровень знания, называемый теоретическим. Знания, основанные на непосредственном наблюдении и эксперименте, то есть на чувственном восприятии, образуют другой уровень — эмпирический уровень познания. Между теоретическим и эмпирическим уровнями познания современной науки существуют очень сложные отношения. Дело в том, что теории, гипотезы и законы современной физики, кибернетики, астрономии, биологии и других наук очень абстрактны. Они не могут быть выражены в наглядных образах, понятиях и суждениях, непосредственно соотносимых или применяемых к чувственно воспринимаемым явлениям. **Эти виды знаний обычно выражаются в сложной символической форме в виде математических уравнений, в абстрактных логических формулировках.** Чтобы применить их к действительности и проверить их истинность, необходимо сравнить и сопоставить теоретический уровень познания с эмпирическим. Для этого применяется *дедуктивный метод познания*. Он заключается в следующем. Основные, исходные законы и гипотезы данной теории последовательно преобразуются с помощью строго определенных логических и математических правил. В результате этих преобразований появляются длинные цепочки или системы формул, теорем или предложений, выражающих те или иные закономерности или описывающих определенные свойства и связи изучаемых объектов. Процесс выведения таких производных знаний из исходных основных законов и гипотез называется дедукцией, а полученные знания — дедуктивными (выводными).

Дедуктивный метод познания позволяет путем различных логических и математических преобразований получать гигантское множество следствий из относительно небольшого числа основных положений и законов данной теории. В отличие от исходных положений теории, которые лишены наглядности, следствия оказываются применимыми к чувственно воспринимаемой материальной действительности. Для этого им придается эмпирический, то есть чувственно воспринимаемый, смысл и значение. Например, переменные величины, содержащиеся в формулах, сравниваются с показаниями стрелок на шкалах определенных

приборов, с показаниями различных электрических индикаторов или с обычными зрительными и акустическими наблюдениями и т. д. Таким образом, с помощью дедуктивного метода выявляется связь теоретического уровня знаний с эмпирическим уровнем, а следовательно, и с экспериментом, наблюдением и практикой в самом широком смысле слова. Например, основные законы квантовой механики не поддаются непосредственному и прямому применению к самой действительности и несопоставимы с результатами экспериментальных наблюдений. Конечные же следствия, полученные из них с помощью математических преобразований, могут быть проверены экспериментально. Благодаря этому не только удастся доказать истинность основных законов квантовой механики, но и найти им самое широкое практическое применение.

Если дедуктивный метод позволяет осуществить переход от теоретического уровня к эмпирическому, то *индуктивный метод научного познания* позволяет осуществлять переход в противоположном направлении. На практике, в научном наблюдении и эксперименте ученые накапливают огромное количество более или менее сходных фактов, относящихся к тем или иным явлениям природы и общественной жизни. Возникает вопрос, каким образом из разрозненных фактов, подверженных случайным воздействиям и изменениям, можно извлечь знания об управляющих ими объективных законах. Индуктивный метод построения научных знаний как раз и представляет собой совокупность правил, позволяющих переходить от чувственных наблюдений и эмпирических знаний об отдельных фактах к теоретическим знаниям о законах, лежащих в основе этих фактов и образующих их сущность. Применение индуктивного метода связано с широким использованием в научном познании математической статистики и теории вероятностей, с помощью которых и удастся количественно оценить вероятность наступления того или иного события, вероятность появления того или иного свойства в целой серии экспериментов и т. д. Если степень вероятности того, что данный процесс или данное свойство окажутся устойчивыми, является очень высокой, то знания о таких процессах или свойствах могут рассматриваться как законы науки. Именно так были открыты законы распределения энергии в изолированных физических системах (второй закон классической термодинамики), дарвиновский закон естественного отбора и многие другие закономерности современной науки. Позволяя переходить от отдельных частных наблюдений к более общим теоретическим знаниям, индуктивный метод познания играет важную роль в развитии современной науки. По своему

направлению дедуктивный и индуктивный методы познания внешне противоположны, но внутренне они образуют глубокое диалектическое единство, обеспечивая быстрое развитие всей системы научного знания.

2. Анализ и синтез.

Приступая к изучению нового объекта, ученые, как правило, располагают лишь самыми общими абстрактными знаниями о нем, отражающими его отдельные свойства и характеристики. Этих знаний недостаточно для глубокого понимания, а тем более практического применения изучаемых явлений или процессов. Чтобы получить о них всю необходимую информацию и открыть управляющие ими законы, **необходимо представить данный объект в виде особой системы. Затем такая система последовательно разбивается, разлагается на ряд подсистем различных уровней, вплоть до отдельных элементов.** Процесс последовательного разложения системы (целого) на подсистемы (части) и элементы и поэтапного изучения этих подсистем и элементов называется *анализом*. В ходе анализа накапливаются сведения об отдельных свойствах и характеристиках, частях и элементах изучаемого объекта. Однако при этом как бы теряется первоначальное представление об объекте как о чем-то целом. Для того чтобы получить новое, на этот раз вполне конкретное, богатое, содержательно насыщенное знание об объекте, необходимо осуществить новый этап познания, называемый *синтезом*. Все знания, накопленные в ходе анализа, объединяются, связываются по определенным правилам таким образом, чтобы они наиболее точно, верно отражали свойства, характеристики, отношения и связи между подсистемами и элементами изучаемого объекта. Когда объединение, или синтез, знаний завершено, мы вновь получаем целостное представление, целостное знание об объекте. Однако в отличие от первоначального, исходного знания оно является не абстрактным, а конкретным и дает такой объем информации, который позволяет видоизменять и преобразовывать изучаемые объекты, использовать их в практической деятельности для достижения намеченных целей. Процесс перехода от анализа к синтезу может повторяться неоднократно. Каждое новое повторение процедур анализа и синтеза приводит как бы к новому витку знаний. Методы познания повторяются, но на новом уровне диалектической спирали познания.

3. Логический и исторический методы познания.

Каждую сколько-нибудь сложную систему в природе и обществе можно рассматривать с **двух точек зрения**. При первом

подходе объект познания рассматривается как уже сложившийся, сформировавшийся, в той или иной степени заверченный. При втором подходе упор делается на изучение процесса развития и формирования этого объекта. **Первый подход позволяет выявить законы функционирования, или жизнедеятельности, изучаемого объекта. При втором подходе выявляются и изучаются объективные законы его развития, становления, возникновения и изменения.**

Метод познания, которым мы пользуемся при первом подходе, обычно называют *логическим*. Он состоит в выявлении основных, наиболее важных и существенных черт, свойств и характеристик и последовательном переходе от исходных понятий, отражающих эти свойства и черты, ко все более сложным конкретным понятиям, дающим нам более полное и всестороннее знание об изучаемых явлениях и процессах. **Применение этого метода позволяет нам познать предмет таким, каким он является в своих существенных чертах сейчас, в момент, когда осуществляется процесс познания.**

При втором подходе мы шаг за шагом воспроизводим реальный процесс исторического развития, которое далеко не всегда является простым и прямолинейным. **Исторический метод познания состоит в последовательном рассмотрении и описании всех этапов становления, развития и формирования изучаемых явлений или процессов.** Он проследивает все витки реального сложного спиралевидного процесса развития со всеми его зигзагами и отступлениями. Исторический метод познания является поэтому наиболее трудоемким и требует большой затраты сил и времени. Вместе с тем он позволяет ответить на многие вопросы, на которые не может дать исчерпывающих ответов логический метод познания. К числу таких вопросов принадлежит вопрос о последовательности, направлении исторического развития изучаемых объектов. **Поэтому логический и исторический методы не противостоят друг другу, а дополняют друг друга.**

Так, изучая симптомы болезни, врач выделяет наиболее важные признаки заболевания: изменения температуры, изменения в составе крови, наличие определенных микроорганизмов, изменения отдельных органов и в заключение путем логического связывания полученных данных ставит диагноз, то есть получает вполне конкретное знание о состоянии здоровья пациента и виде заболевания. Однако для эффективного лечения одного этого диагноза недостаточно. Необходимо знать историю болезни, последовательность появления симптомов, развитие отдельных проявлений заболевания, изменения различных характеристик организма, самочувствие больного и т. д.

Только дополнив такими историческими сведениями полученные ранее знания, он может окончательно уточнить диагноз и предписать эффективное лечение. Более того, сам процесс лечения требует постоянного рассмотрения процесса выздоровления больного в развитии, в динамике, в изменении.

Логический и исторический методы познания диалектически дополняют друг друга и при изучении различных социальных явлений.

Так, изучая экономику какой-либо страны, мы прежде всего стремимся выявить ее структуру, проанализировать производственные отношения, рассмотреть основные компоненты экономики (промышленность, сельское хозяйство, торговлю, сферы услуг и управления, финансы, налоговую систему и т.д.), а также важнейшие отрасли народного хозяйства (добывающую промышленность, энергетику, химическую промышленность, машиностроение и т.п.) и удельный вес новых технологий (биотехнология, информационная технология и т.п.). Это позволяет выявить законы функционирования данной экономической системы. Такое исследование осуществляется в рамках логического подхода, позволяющего выделить основные узлы экономической системы, их связи, взаимодействие, взаимное влияние и т.д. Для того же, чтобы ответить на вопрос, почему в данной стране сложилась именно такая экономика, каковы тенденции и перспективы ее развития, почему по определенным показателям она отличается от экономики других стран, необходимо осуществить исторический подход и подробно рассмотреть компоненты экономики в развитии, в процессе их возникновения, становления, усиления или ослабления в ближайшей и отдаленной перспективе.

Логический и исторический методы тесно связаны и взаимодополнимы. Выделяя основные структурные компоненты и связи в данной экономической системе, логический метод показывает, какие именно механизмы этой системы следует подвергнуть историческому анализу, что именно в историческом исследовании наиболее важно для понимания современной экономической ситуации. Исторический же метод, рассматривая последовательность и причинные связи возникновения данной экономической системы, позволяет глубже понять выявленные логическим анализом ее закономерности, объяснить ее специфику и своеобразие.

Таким образом, между логическим и историческим методами познания существует глубокая внутренняя связь. Логический метод позволяет выявить основные узловые моменты, подлежащие историческому изучению, исторический же метод —

конкретизировать, уточнить и дополнить результаты логического метода познания.

3.2.8. Модели и моделирование в научном познании

Одним из наиболее распространенных методов познания, применяемых в современной науке, является моделирование. Что же такое модели и моделирование? Слово «модель» в переводе с французского означает образец, но это мало что объясняет, ибо в науке понятие «модель» приобретает особое значение.

Очень часто тот или иной объект недоступен исследованию. Он может быть слишком большим, дорогостоящим, слишком сложным, отсутствовать в данном месте и т. д. В этом случае создают или находят другой объект, сходный с интересующим нас предметом или процессом в каком-либо существенном отношении. Это — объект-заместитель. Если мы можем изучить объект-заместитель, а потом полученные результаты с соответствующими поправками и уточнениями применить к интересующему нас объекту и использовать для его познания, то данный объект-заместитель называют *моделью*. Процесс создания или выбора модели, ее изучения и применения полученных данных для познания основного объекта называется процессом моделирования.

Известно, что человекообразные обезьяны во многом сходны с человеком. Ученые давно обнаружили сходство в составе крови макаков-резусов и человека. Изучая кровь этих макаков, они обнаружили особые свойства, названные резус-фактором. Опираясь на сходство состава крови, они применили полученный результат к крови человека и открыли в ней аналогичные свойства. В данном случае кровь обезьяны была моделью крови человека.

В технике создание и изучение модели часто предшествует созданию оригинала и позволяет избегать многих ошибок и трудностей в его конструировании. Прежде чем построить гигантскую электростанцию, создают ее уменьшенную техническую модель и проводят с ней серию экспериментов. Полученные данные учитываются затем при проектировании строительства электростанции.

В приведенных примерах в качестве моделей выступали вполне материальные объекты. Однако в современной науке широкое применение находят и так называемые идеальные модели. К их числу принадлежит, например, так называемый умственный эксперимент.

Прежде чем приступить к очень сложному и дорогостоящему эксперименту, ученый как бы создает в воображении весь набор необходимых инструментов и осуществляет или проигрывает с ними различные действия, прибегая иногда в качестве вспомогательного средства к чертежам, рисункам и схемам. Лишь проделав все это, он либо отказывается от действительного эксперимента (если мысленный эксперимент неудачен), либо приступает к его практическому осуществлению.

Разновидностью моделей и моделирования является математическое моделирование. В качестве объекта-заместителя берутся уже не материальные предметы и процессы, а системы математических уравнений. Подставляя в эти уравнения различные числовые данные, полученные из наблюдения и эксперимента, и решая их, ученые могут правильно оценить количественные характеристики различных процессов и предвидеть трудности, могущие возникнуть на практике. Широкое применение математических моделей во всех сферах современной науки, особенно в технике и теории управления, ставит вопрос о роли математики в научном познании.

3.2.9. Математизация и современные науки

Вместо того чтобы линейкой измерять площадь прямоугольного поля, мы можем измерить лишь две его перпендикулярные стороны, а затем, перемножив с помощью таблицы умножения полученные числа, вычислить эту площадь в считанные секунды. Значение и применение математики в науке, технике и практической деятельности как раз и основано на том, что с помощью различных способов измерения мы можем приписывать материальным объектам и их свойствам определенные числа, а затем вместо трудоемкой работы с объектами действовать с числами по определенным математическим правилам. Полученные в результате новые числа мы снова можем применить к материальным объектам и использовать для познания других их свойств и особенностей. В этом отчетливо проявляется диалектическая связь количества и качества. В определенных границах математика позволяет охарактеризовать качественные бесконечно разнообразные особенности вещей через их количественные характеристики. А так как эти последние могут быть описаны с помощью математических правил, выраженных формулами и уравнениями, которые относительно четки, просты и ясны, то процесс познания объективной реальности упрощается, ускоряется и облегчается. Поэтому К. Маркс и

говорил, что «наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой».

В наши дни математика стала проникать во многие отрасли науки, ныне ученые пользуются все более сложными абстракциями, которые не удастся свести к чувственным образам. В этом случае законы и теории приходится формулировать с помощью сложных математических уравнений. С середины XX века начала стремительно развиваться вычислительная техника, которая позволяет с помощью заранее созданных программ быстро и надежно проделывать сложнейшие вычисления и решать задачи, либо просто недоступные человеку, либо слишком для него трудоемкие.

Математика строится на основе строго доказанных теорем и правил, которые являются объективными истинами, не зависят от чьего-либо произвола и поэтому позволяют получать определенные знания об окружающем нас мире. Но подобно тому как количество нельзя отрывать и противопоставлять качеству, так и математические методы познания нельзя отрывать от качественно разнообразных методов различных наук. Только единство всех методов современного научного познания обеспечивает их объективную истинность и возрастающее влияние на научно-технический прогресс.

3.2.10. Наука и общество

Все формы общественного сознания — мораль, художественное сознание и искусство, политическое и правовое сознание — оказывают определенное влияние на развитие общества. Вместе с тем в условиях научно-технического прогресса для решения различных проблем, связанных с ростом производительных сил, с охраной окружающей среды, улучшением здравоохранения, повышением материального благосостояния общества и т. д., необходимо в первую очередь опираться на достижения науки. Поэтому-то так важно понять место и роль науки в современном обществе.

Около 300 лет назад английский сатирик Джонатан Свифт крайне иронически изображал современные ему науки. Рассказывая о путешествии Гулливера в страну Лапуту, он создал галерею ученых-чудаков и прожектеров, которые пытаются поймать солнечный свет с помощью зеленых огурцов, чтобы затем использовать его для отопления, занимаются изготовлением ткани из паутины и конструированием из металлических пластинок и проволочек машины, способной заменить умственный труд. В наши дни отношение к науке

в корне изменилось, и не только потому, что она действительно открыла закон взаимодействия солнечного света и зеленых растений, научилась изготавливать нити тоньше и в тысячи раз прочнее паутины, создала компьютеры, способные облегчить умственный труд, но главным образом потому, что благодаря внедрению ее результатов в производство начался все ускоряющийся научно-технический прогресс. Наука сама превратилась в индустрию массового производства знаний.

Научные исследования стали одним из самых дорогостоящих и трудоемких видов человеческой деятельности. Затрачивая огромные средства на создание мощных ускорителей элементарных частиц, различные приборы и на подготовку ученых, общество вправе ожидать от науки больших практических результатов. Поэтому вопросы развития науки, управления наукой, контроля за ее результатами стали одной из важнейших проблем государственной политики.

Роль науки в современном обществе не сводится к тому, что она содействует развитию техники, техническому прогрессу. Управление развитием общества требует глубокого знания экономики, психологии, социологии, теории морали. Конечно, ускоренное развитие производительных сил и достижение высшей производительности труда остается важнейшей задачей на весь период развития общества. Вместе с тем данный процесс невозможен без совершенствования общественного и индивидуального сознания, без всестороннего развития культуры. А для этого также необходим прочный научный фундамент, опирающийся на материалистическое понимание общественного развития. Таким образом, наука оказывает мощное воздействие на формирование всей духовной культуры, на совершенствование общественного сознания и всестороннее развитие личности. Это касается не только общественных, но и естественных, технических наук, и в этом проявляется их особая роль в обществе.

Наука приобретает сложный, комплексный характер. Для решения технических, экономических и управленческих задач приходится одновременно привлекать большие научные коллективы, состоящие из ученых разных специальностей. Интеграция знаний не ограничивается усилением связей между различными науками. Благодаря быстрому развитию образования и его общедоступности в нашем обществе научные знания проникают во все формы общественного сознания. Художник, чтобы создать картину, посвященную Куликовской битве, и писатель, пишущий роман из истории второй мировой войны, обращаются к исторической науке. Историк, чтобы определить с помощью изотопного анализа точный возраст древних

памятников, обращается к физическим методам. Разрабатывая учение о нравственном поведении, мы должны опираться на достижения современной психологической науки и других наук. Общественные науки, и прежде всего экономические науки, история, социология, прямо отражают общественное бытие. Открывая объективные законы развития общества, они тем самым создают основу для сознательного участия масс в историческом процессе. Само это участие возможно лишь при условии, что широкие слои населения овладеют и будут на практике применять основы общественных наук. Отсюда овладение основами научных знаний является задачей большой общегосударственной важности. Общественное сознание в условиях развитого общества формируется уже не стихийно, как в предшествующих общественно-экономических формациях, а на прочной научной основе. При этом на него оказывают активное влияние не только общественные, но и естественные науки, отражающие природу, технические науки, вырабатывающие правила и законы создания технических устройств. Полученные ими результаты расширяют наши представления о Вселенной, о связи и единстве живой и неживой материи, углубляют наши знания о взаимодействии природы и общества. Они включаются в систему мировоззрения и помогают лучше обосновать материалистический взгляд на положение человека в мире, осознавать смысл и назначение его деятельности. Таким образом, естествознание, общественные и технические науки оказываются тесно связанными с другими формами общественного сознания и участвуют в их развитии и совершенствовании. Наука, будучи важнейшей производительной силой, вместе с тем активно взаимодействует с другими областями жизни общества. Поэтому к ней нужно подходить диалектически. Она, с одной стороны, является высшей формой познания и отражения объективной действительности, а с другой стороны, через научно-технический прогресс включается в систему материального производства. Такое единство противоположностей является мощным источником ее развития.

Теория познания составляет методологическую и мировоззренческую основу научного познания. Вот почему освоение основ научных знаний, а тем более активное участие в научно-исследовательской деятельности требует глубокого и творческого усвоения диалектического материализма. Совершенствование самой науки во многом зависит от совершенствования методов научного исследования. Теория познания диалектического материализма, всесторонне исследуя диалектику научного познания, содействует развитию его методологии.

Глубокую связь теории познания, с развитием науки подтверждает и вся история взаимосвязи научных знаний. В тех странах и в те периоды, где быстро развивалась наука, развивались и совершенствовались учения о познании и его методах. Это и понятно: чем стремительнее развитие науки, тем больше трудностей, неожиданностей и проблем возникает на ее пути, тем чаще, следовательно, приходится ученым задумываться над самой сущностью познания, над условиями и критериями его истинности, над тем, как совершенствовать и уточнять научные знания. А отсюда большое значение приобретают методологические исследования. В то же время общий упадок науки и культуры обычно сопровождается снижением уровня научных исследований. Состояние научной мысли, степень разработки методологических проблем научного познания — своего рода барометр, показывающий, в каком направлении и в каком темпе происходит развитие естественных, общественных и технических наук.

3.2.11. Субъект и объект познания

Познание предполагает раздвоенность мира на объект и субъект. Какие бы вопросы ни решал человек в своей жизни, теоретические или практические, материальные или духовные, личные или общественные, он обязан всегда считаться с реальностью, сданными ему объективными обстоятельствами и законами. Правда, он может и не считаться с ними, но этим он обеспечивает себе рано или поздно жизненную неудачу, а может быть, и целый поток страданий и бед. Так что для сознания характерно постоянное выходжение за пределы самого себя: оно постоянно ищет объект, и без этого ему жизнь не в жизнь.

Мир существует для нас лишь в аспекте его данности познающему субъекту. Понятия “субъект” и “объект” соотносительны. Говоря “субъект”, мы задаемся вопросом: субъект чего — познания? действия? оценки? Говоря “объект”, мы также спрашиваем себя: объект чего — познания? оценки? действия?

Субъект представляет собой сложную иерархию, фундаментом которой является все социальное целое. В конечном счете высший производитель знания и мудрости — все человечество. В его историческом развитии выделяются менее крупные общности, в

качестве которых, выступают отдельные народы. Каждый народ, производя нормы, идеи и ценности, фиксируемые в его культуре, выступает также как особый субъект познавательной деятельности. По крупицам, из века в век, накапливает он сведения о явлениях природы, о животных или, например, о целебных свойствах растений, свойствах различных материалов, о нравах и обычаях различных народов. В обществе исторически выделяются группы индивидов, специальным назначением и занятием которых является производство знаний, имеющих особую жизненную ценность. **Таковы, в частности, научные знания, субъектом которых выступает сообщество ученых. В этом сообществе выделяются отдельные индивиды, способности, талант и гений которых обуславливают их особо высокие познавательные достижения. Имена этих людей история сохраняет как обозначение выдающихся вех в эволюции научных идей.**

Подлинный субъект познания никогда не бывает только гносеологическим: это живая личность с ее страстями, интересами, чертами характера, темперамента, ума или глупости, таланта или бездарности, сильной воли или безволия. Если же субъектом познания является научное сообщество, то тут свои особенности: межличностные отношения, зависимости, противоречия, а также общие цели, единство воли и действий и т.п. **Но часто под субъектом познания все-таки имеют в виду некий безличностный логический сгусток интеллектуальной активности.**

Субъект и его познавательная деятельность могут быть адекватно поняты лишь в их конкретно-историческом контексте. Научное познание предполагает не только сознательное отношение субъекта к объекту, но и к самому себе, к своей деятельности, т.е. сознание условий, приемов, норм и методов исследовательской активности, учет традиций и т.д.

Фрагмент бытия, оказавшийся в фокусе ищущей мысли, составляет объект познания, становится в определенном смысле “собственностью” субъекта, вступив с ним в субъектно-объектное отношение. Следовательно, есть реальность сама по себе, вне ее отношения к сознанию субъекта, а есть реальность, вступившая в это отношение. Она как бы стала “вопрошающей”, говорящей субъекту: “Ответь мне — что я такое? Познай меня!” Словом, объект в его отношении к субъекту — это уже не просто реальность, а в той или

иной мере познания реальность, т.е. такая, которая стала фактом сознания — сознания, в своих познавательных устремлениях социально детерминированного, и в этом смысле объект познания становится уже фактом социума.

С точки зрения познавательной деятельности субъект не существует без объекта, а объект — без субъекта. Так, ген не только во времена античности, но и для Ж.Б. Ламарка и Ч. Дарвина, существуя в структуре живого, не был объектом научной мысли. До поры до времени ученые не могли вычленить эту тончайшую биологическую реальность в качестве объекта своей мысли. Это было сделано лишь сравнительно недавно, когда произошли существенные изменения в общей научной картине мира. Или, скажем, только несколько десятилетий назад научная мысль, достижения техники и социальные условия позволили сделать объектом исследования отдаленнейшие просторы Космоса.

В современной гносеологии принято различать объект и предмет познания. Под объектом познания имеют в виду реальные фрагменты бытия, подвергающиеся исследованию. Предмет познания — это конкретные аспекты, на которые направлено острое ищущей мысли. Так, человек является объектом изучения многих наук — биологии, медицины, психологии, социологии, философии и др. Однако каждая из них “видит” человека под своим углом зрения: например, психология исследует психику, душевный мир человека, его поведение, медицина — его недуги и способы их лечения и т.д. Следовательно, в предмет исследования как бы входит актуальная установка исследователя, т.е. он формируется под углом зрения исследовательской задачи.

Известно, что человек является творцом, субъектом истории, сам создает необходимые условия и предпосылки своего исторического существования. Следовательно, объект социально-исторического познания не только познается, но и создается людьми: прежде чем стать объектом, он должен быть ими предварительно создан, сформирован. В социальном познании человек имеет дело, таким образом, с результатами собственной деятельности, а значит, и с самим собой как практически действующим существом. Будучи субъектом познания, он оказывается вместе с тем и его объектом. В этом смысле социальное познание есть общественное самосознание человека, в ходе

которого он открывает для себя и исследует свою собственную исторически создаваемую общественную сущность.

В силу этого взаимодействие субъекта и объекта в социальном познании особо усложняется: тут объект есть одновременно субъект исторического творчества. В социальном познании все вращается в сфере человеческого: объект — сами люди и результаты их деятельности, субъект познания — также люди. Процесс познания невозможен без свидетельств очевидцев, документов, опросов, анкет, созданных людьми орудий труда и памятников культуры. Все это накладывает определенный отпечаток на социальное познание, образуя его специфику. **В нем поэтому, как ни в каком другом, исключительно важны гражданская позиция ученого, его нравственный облик, преданность идеалам истины.**

4. Системный подход в теории познания

4.1. О применимости системного подхода в науковедении.

Исследования последних лет дали значительным массив положительного знания о науке, о процессах порождения, приложения и эксплуатации научного знания. Но если способы получения эмпирического материала, степень его представительности и достоверности в настоящее время уже не ставятся под сомнение, то в вопросах интерпретации и оценки полученных данных наблюдаются весьма значительные расхождения. Например, статистически фиксируемый факт экспоненциального роста численности научных организаций может быть истолкован и как явление положительное в рамках философской концепции «индустриального» этапа развития пауки, и как явление отрицательное, демонстрирующее бессилие наличной организационной формы решить проблему коммуникации в науке.

Между тем вопрос о методологической зрелости исследований научно-технической деятельности, о необходимости концептуального обоснования их предмета и сопряжения в его исследовании методов отдельных изучающих науку дисциплин отнюдь не ограничивается научно-теоретическими потребностями. В условиях

экономического соперничества и научно-технической гонки социальный запрос на средства стимулирования научной деятельности, ускорения темпов утилизации научного знания, сокращения сроков разработки и внедрения новых машин, технологий, организационных схем делает все более острыми и актуальными проблемы теоретического обоснования идеологической политики в области науки. Для нее сегодня характерны широкий административно-организационный эксперимент, появление различного рода подразделений, выступающих в качестве средств проведения научной политики,— лабораторий, обществ, экспертных групп, советов, центров. Каждое из таких включений в организационную структуру науки и подготовки научных кадров получает на правах путевки в жизнь стандартный набор целевых ориентиров (координация, ускорение, обеспечение, сближение, стимулирование) и, как правило, своими силами и в меру собственного разума интерпретирует смысл этих ориентиров на уровне практических действий — ведет борьбу с параллелизмом, с распылением сил и средств, оценивает исследования на актуальность и перспективность, вводит целевое финансирование и т. д. и т. п. Возникающие по ходу такого экспериментирования различные рабочие модели науки и научной деятельности отличаются крайней пестротой и методологической неоднородностью исходных оснований.

В этих условиях становятся особенно наглядными теоретическая и практическая потребности объединить разнородные эмпирические и теоретические представления об объекте исследования научно-технической деятельности в единый предмет. Один из способов построения подобного предмета исследования с использованием понятийного аппарата системного подхода, предложенного М.К. Петровым, и излагается в данном разделе. При этом наука будет рассматриваться не со стороны механизма порождения знания (этот механизм, как известно, обстоятельно исследуется в многочисленных, работах по проблемам логики науки и психологии научного творчества), а со стороны функционирования системно организованного знания в развитых социальных структурах. Такой подход, естественно, решающим образом определяет как интерпретацию основных понятий, так и способ анализа материала.

4.1.1. Система этапов обновления знания

В исследованиях антропологов, этнологов, социологов, историков науки, науковедов довольно детально изучена структурная специфика

так называемых развитых обществ, отличительной чертой которых является использование того, что Энгельс называл «научной формой познания природы», для обновления социальных институтов и для кумуляции в процессе такого обновления социально полезных качеств, в частности и экономических. В большинстве так называемых традиционных обществ знаковая и поведенческая (навык, умение) формы существования знания по существу совпадают в основной своей функции и различаются лишь для целей хранения знания и его передачи от поколения к поколению, обновление идет главным образом в форме совершенствования наличных профессиональных навыков и их постепенного развития в новые профессии. В обществах же европейского очага культуры **выработался новый и гораздо более эффективный механизм социального обновления каскадного типа**, в котором используется знаковый способ хранения знания в безличной и лишенной утилитарных характеристик «фундаментальной» форме.

(Под фундаментальным знанием при данном способе членения предмета понимается тот тип научного знания, который после его всесторонней практической проверки включается в постоянный, «абсолютный» фонд, используемый в своих элементах в самых различных типах деятельности. Очевидно, что такая классификация знания не совпадает с полученными в других членениях и при других исходных задачах различениями (теоретическое и эмпирическое знание, фундаментальное и прикладное исследование и т п)).

Если взять за основание последовательность движения элементов фундаментального знания с момента их появления в виде публикации, то механизм его участия в социальном обновлении можно представить примерно и следующей системе этапов, организованных по **принципу каскада**:

1. **Порождение (исследования) и хранение** элементом фундаментального знания о репродуктивных свойствах и закономерностях живой и неживой природы в знаковой форме с внутренним распределением по содержанию знания (массив публикаций, архив науки).
2. **Приложение** — синтез элементов фундаментального знания в принципиальные схемы возможного их использования без строгих ограничений по областям применения, хранение таких схем в знаковой форме (патенты).

3. **Разработка** — синтез принципиальных схем приложения в строго ориентированные по функции и области применения знаковые «скелеты» новых машин, технологий, организаций (проектирование) и их материальная реализация в виде опытных образцов, установок, технологий, организационных схем.

4. **Внедрение** — количественное умножение опытных образцов, установок, технологий, организационных схем с подключением производно от них структурированной человеческой обеспечивающей деятельности, которая для данной группы населения становится основным способом включения в социальное целое.

5. **Эксплуатация** — стабильное функционирование предприятий и учреждений, соответствующих этим структурам деятельности, ради производства социально необходимого продукта в заданном объеме за единицу времени, причем сами эти предприятия и учреждения сосуществуют с другими, вступают в отношения конкуренции, сравнения и конкуренции по рентабельности, эффективности и т. п.

6. **Дренаж и регенерация** — исключение из наличной структуры эксплуатации знания машин, технологий, организационных схем и соответствующих им видов человеческой деятельности в результате морального старения, неспособности продолжать конкурирование с другими постоянно внедряемыми способами производства того же или близкого по свойствам продукта. Исключение этих устойчивых комплексов знания, материала и деятельности из наличной структуры эксплуатации знания ведет к распаду комплекса и регенерации его составляющих: люди и материалы вовлекаются в другие внедряемые или эксплуатируемые комплексы, знание возвращается в форму принципиальных схем приложения или фундаментального знания.

В этом циклическом, обновляющем социальные типы деятельности движении знания (Э. Янч использует для него термин «перемещение технологии») вскрывается два эпицентра устойчивости:

а) **фундаментальное знание**, которое не столько движется, сколько циркулирует в циклах обновления, не обнаруживая в процессах эксплуатации сколько-нибудь заметного износа и старения, даже древнейшие «вклады» типа колеса, рычага, обжига функционируют столь же надежно и исправно, как и более поздние;

б) **замкнутые на конечные цели**, в чем бы они ни состояли, потребности общества, которые по способам их удовлетворения могут быть развернуты в цепи преемственности, объединяемые лежащей в их основе функцией; например, «светильник» (костер — лучина — свеча — фонарь — керосиновая лампа — электролампа...), «тяга» (бык — лошадь — паровая машина — двигатель внутреннего сгорания...) и т.

д. Это **постоянство функции** допускает экстраполяцию на будущее, стимулирует конкуренцию комплексов (знание — материал — люди) за право монопольного обеспечения функции и вынуждает стихийно или осознано производить операции сравнения, оценки и выбора наилучших альтернатив.

В отношении к этим эпицентрам устойчивости и преемственности социального движения знания все остальные компоненты системы «развитое общество» — люди, материалы, комплексы и (знания — материалы — деятельность) — выглядят короткоживущими элементами. Их функции могут быть представлены как производные от наличного состояния массива фундаментального знания, конечных целей общества, структуры эксплуатации знания и ряда эмпирически выводимых констант, характеризующих темпы и объемы движения знания.

Такой подход позволяет увидеть в «развитом обществе» обычную открытую систему с более или менее компенсированными процессами анаболизма и катаболизма, целостность в ее преемственном изменении к конечным целям за счет «потребления» материалов природы и человеческой деятельности. Существенной особенностью такой системы являлось бы лишь отсутствие в ней «встроенных» конечных целей (как дуб «встроен» в желудь). Использующее науку общество либо стихийно смещается как целостность к более высоким значениям тех или иных определенных социальных качеств, проецируя в будущее собственные потребности и соответствующие функциональные основания, производные от условий текущего момента (складывающейся ситуации, задач «на выживание и господство»), либо же сознательно, на основе теории формулирует конечные цели и связывает с ними функциональные основания накопления данного определяющего качества, что позволяет ранжировать эти основания по степени актуальности и важности, активно воздействовать на распределение теоретической и практической деятельности. При всем том сами механизмы движения знания, его утилизации и эксплуатации в обоих случаях аналогичны, поскольку все развитые общества используют в принципе единый растущий массив фундаментального знания. Принципиальные различия будут наблюдаться лишь в составе конечных целей, а соответственно в составе и смысле функциональных оснований накопления качества, т. е. различия будут локализованы не столько в том, *как* идет процесс накопления социальных качеств, сколько в том, *какие* именно качества накапливаются.

4.1.2. Лаговый каскад обновления знаний

В условиях конкуренции систем, имеющих пересекающиеся наборы конечных целей, по основаниям накопления экономического качества, силы, престижа наибольшее значение для конкурирующих структур имеют темпы и объемы замены альтернативных комплексов в процессе эксплуатации знания или, используя термин Янча, подвижность «пространства» эксплуатации знания, т. е. темпы кумуляции качества. В этих условиях конечная цель любой научной политики, если она призвана ускорить кумуляцию социально необходимых качеств, допускает простую формулировку, обеспечить максимальное число внедрений за единицу времени при сохранении минимальной альтернативности в пространство эксплуатации.

Наука — по самому существу своей функции — создает и поддерживает такую ситуацию, когда любое функциональное основание (производство электроэнергии, например) становится ареной конкурентного и борьбы нескольких способов производить одно и то же. Иначе говоря, **силами науки число альтернатив постоянно увеличивается**. Все такие альтернативы эквивалентны, способны производить одно и то же, но, будучи эквивалентными, они различны по совершенству с точки зрения затрат на единицу продукции, и, если внедрение ведется грамотно, более поздние по времени внедрения альтернативы более совершенны. В условиях рынка оценка на совершенство и отбор на выживание альтернатив производится автоматически: с появлением более совершенных альтернатив нижний предел рентабельности смещается и оказавшиеся в опасной близости к этому пределу альтернативы отправляются на технологическое кладбище. В условиях активного управления та же операция производится осознанно, но смысл ее не меняется: процесс кумуляции качества ориентирован на использование наиболее совершенных альтернатив и на вытеснение альтернатив менее совершенных. Не следует думать, что в условиях активного управления возможна более мягкая селекция на совершенство и в принципе допустимо сосуществование альтернатив со степенью совершенства ниже предела рентабельности — это неизбежно замедляло бы кумуляцию качества. В условиях рыночного ценообразования и конкурентной борьбы повышенная альтернативность и ее сохранение выгодно фирме, внедряющей более совершенную альтернативу, и как способ получить дополнительную прибыль за счет конкурентов, и как способ устранить конкурента, которому не так-то просто освободить связанный в палаженном производстве капитал. Преимущества же активного

управления, более приспособленного к миграции людей и материальных ценностей, состоят именно в более жесткой ориентации на альтернативы высшего совершенства, на сокращение сроков сосуществования альтернатив, различных по степени совершенства, и соответственно на сокращение среднего срока жизни альтернатив в пространстве эксплуатации знания.

В этом пункте научная политика смыкается с управленческой политикой: сокращение сроков сосуществования альтернатив и снижение альтернативности в пространстве эксплуатации знания есть нечто находящееся за пределами науки и ее компетенции, как и само внедрение. **К науке правомерно лишь требование на выдачу в любой данный момент максимального и более совершенного многообразия возможных решений, максимальной альтернативности существующему и функционирующему в пространстве эксплуатации знанию.**

Вместе с тем требование сокращения срока сосуществования неравноценных по совершенству альтернатив, выступая связующим звеном между научной и управленческой политикой и явно восходя к управлению, а не к науке, «эманерирует», проектируется на весь контур обновления как единое, обязательное — поскольку оно исходит от управленческой структуры — основание связи всех этапов движения знания и его производства. Пространства порождения, приложения и разработки как области соответствующей научной деятельности должны быть и в их последовательности и каждое по отдельности, с одной стороны, предельно емкими по количеству разнообразия продукта, а с другой — предельно «плоскими» по координате времени (по лагу). **С управленческой точки зрения высшей степенью совершенства обладал бы такой каскад движения знания — последовательность пространств порождения, приложения, разработки, а также и внедрения,— в котором значение переменной длительности, т. е. лага, приближалось бы к нулю.**

В таком спрессованном по времени, «безлаговом» каскаде обновления любой новый элемент фундаментального знания мгновенно проскакивал бы, выявляя все свои утилитарные потенции. Синтезируясь с наличными элементами, материалами, деятельностью через пространства приложения, разработки и внедрения, он мгновенно включался бы в упряжку эксплуатации, выталкивая из нее наличные альтернативы. Управленческая структура же, имея на вооружении безлаговый каскад, получила бы возможность мгновенно в меру собственных, сил и познанных законов природы наилучшим, с точки

зрения собственных целей, способом реагировать на любые изменения условий существования или на любую необходимость менять условия существования, могла бы в кратчайший срок накапливать любую степень качества по любому из признанных социально необходимыми оснований.

Совершенно очевидна теоретическая и практическая нереальность подобного безлагового каскада обновления — это недостижимый абстракт типа к. п. д. в 100%. Но крайне важно подчеркнуть ориентирующие, эквифинальные и ценобразующие свойства такого абстракта: какими бы ни были эмпирически фиксируемые значения лагов на тот или иной момент времени в каскаде обновления, ориентир — пеленг на безлаговый каскад, и только он всегда будет местом целей любой теоретически обоснованной научной политики, и предлагаемые альтернативы наличному положению дел в каскаде движения знания будут при прочих равных условиях, (объем деятельности в пространствах; порождения, приложения и разработки; численность ученых и научных работников, затраты на внедрение) ранжироваться по совершенству в соответствии с уменьшением значений лаговой характеристики.

4.1.3. О науке и науковедении

Под наукой мы будем понимать деятельность в последовательности сопряженных пространств порождения, приложения и разработки, а под науковедением — комплексную научную дисциплину, призванную теоретически обеспечить научную политику в этих сопряженных пространствах как на уровне фундаментального знания о науке, так и на уровнях его приложения и разработки. В этом случае мы по существу выстраиваем над «естественным» контуром-каскадом обновления, как он стихийно сложился и в значительной степени стихийно функционирует в структуре «развитых обществ», вспомогательный «искусственный» контур-каскад со своими особыми **пространствами порождения (исследования), приложения и разработки**. «Естественный» контур-каскад оказывается в этом случае предметом и «природой» для «искусственного», и многие положения, сформулированные для «естественного» каскада, останутся с некоторыми поправками в силе и для «искусственного» до тех пор, пока абстракт безлагового каскада обновления принят на правах полюса, на который указывают стрелки компасов научной и управленческой политики, а сами мы не покидаем рамок системного подхода.

Если науковедение как теоретическая дисциплина призвана теоретически обеспечить научную политику, а эта последняя суть некоторый объем целесообразной деятельности по обоснованным в науковедении правилам, то мы тем самым уже спроецировали требование репродукции-приложимости на всю область возможного науковедческого знания, включая и фундаментальное знание о науке.

Но на деле, учитывая особенности движения научного знания как предмета науковедения и специфику целей научной политики, нам приходится, не оставляя попыток удержаться в целостной системной позиции, идти на анализ и возможные преобразования самих идей репродукции-приложимости и практической деятельности по определенным правилам.

В исходном «естественном» каскаде движения знания репродуктивность элементов фундаментального знания опирается на независимо от этого знания существующую характеристику мира (каковой являются законы природы), что позволяет использовать в качестве универсальной формы знания интенсивные комплексы типа «если — то», где **«если»** **суть осредненные фиксированные, условия, а «то» — необходимо и однозначно вытекающее из них следствие или действие.**

Науковеду, однако, приходится изучать деятельность ученых, каждый из которых, естественно, стремится к результату — к открытию, изобретению, но ни один из которых, и это не менее естественно, не в состоянии до получения результата указать, к чему он, собственно, стремится. Предел стремлений ученых означен довольно жестко: новый элемент знания, новая приведенная к соразмерности **связь причины и действия**. Но пока результата нет, и ни ученый, пытаясь дать «начало» новой причинной связи, ни изучающий его деятельность науковед не могут гарантировать результативности этой деятельности. Иными словами, предмет науковедения заведомо не обладает частотно-репродуктивной структурой.

Перед науковедом стоит та же трудность, что и перед лингвистом, который без труда извлекает из текстов (текст — «природа лингвиста») язык-систему как сумму универсальных правил построения продукта речевой активности, но терпит решительное поражение в попытках перейти от описания этих правил к программированию деятельности по этим правилам (машинный перевод, например). Как и в случае с наукой, **универсальные правила оказываются лишь средством, условием общения и взаимопонимания. Они многое способны объяснить в том, как говорить, но бессильны в объяснении того, что говорить.** После очередной неудачи лингвисты обычно

вспоминают, что их наука «описывает, а не предписывает». **Науковед лишен этого утешения: его наука, если она берет на себя задачу теоретического обоснования научной политики, обязана не только описывать, но и предписывать, или хотя бы обоснованно рекомендовать то, что может стать предписанием.**

Мы не случайно заговорили здесь о лингвистах и лингвистике. Предметы лингвистики и науковедения предельно близки по арсеналу ключевых структур, распределений, закономерностей. Если, например, массив фундаментального знания (массив научных публикаций) рассматривать как растущий по времени «текст» науки, интегрирующий в целостность и переводящий в общенаучное достояние продукты исследовательской деятельности ученых (вклады), то положение и тип связей вкладов в таком научном тексте будет почти полной аналогией положения и типа связей предложений в обычном связном тексте — «природе лингвиста». И в том и в другом случае мы обнаруживаем запрет на повтор-плагиат, опору новых (правых) элементов на наличные (левые), количественные меры участия наличного в новом (квоты цитирования), единый тип распределения функции связи нового по наличным элементам (закон Ципфа), меру допустимой новизны или ограничения по тезаурусу (глубина памяти, падение энтропии). Иными словами, вклады массива фундаментального знания, как и предложения текста, обнаруживают кроме ограничений по содержанию также группу ограничений универсального типа по интеграции, по принадлежности к целостности более высокого ранга. Это позволяет поставить вопрос о тексте в лингвистике и массиве фундаментального знания в науковедении как о целостных системах, способных навязывать новым (правым) элементам ряд универсальных требований в качестве условия их вхождения в целостность, перехода из новых в наличные, интегрированные элементы системы.

К сожалению, ни лингвисты, ни науковеды не обращали пока достаточного внимания на эти интеграционные свойства предложений и научных вкладов, вынуждающие выходить в целостности более высокого порядка; хотя происходило это, нам кажется, в силу различных причин. Лингвисты все еще не освободились от гипноза Аристотеля, его логического подхода к языковому материалу, при котором постулат: «из слов вне связи ни одно ни истинно, ни ложно» получает ограничение по верхнему пределу в рамках изолированного предложения-суждения, «законченной мысли». Предложение и сегодня рассматривается как высшая лингвистическая единица в духе, скажем, третьего эмпирического допущения Хоккета: «Мы

можем с полным основанием сосредоточить наше внимание на отрезках конечной длины, называемых предложениями (хотя они и не обязательно должны точно отвечать любому традиционному определению «предложения»). И хотя по ходу исследований в рамках машинного перевода и математической лингвистики языковедами вскрыто множество универсалий, явно прописанных не по предложению, а по тексту, по связи предложений в тексте, логическая экспликация этого обстоятельства в постулат типа: «из предложений вне связного текста ни одно ни истинно, ни ложно», не вошла еще в методологический арсенал современной лингвистики. Текст как целостная система, как высшая лингвистическая единица, хотя он и манифестирует себя в ряде универсалий (закон Ципфа, глубина памяти, участие левой лексики в правых предложениях и т. п.), остается все же за пределами предмета современной лингвистики.

Тот же эффект концентрации внимания на изолированных вкладах, на дискретности фундаментального знания в ущерб его целостности мы обнаруживаем и у науковедов, хотя здесь эта установка на восприятие предмета «россыпью» самостоятельных элементов обладает меньшей исторической глубиной и соответственно инерцией. Массив фундаментального знания, как он представлен в массиве научных публикаций, поначалу привлекал внимание именно своей дискретностью, способностью быть измеримой характеристикой, способностью количественно представлять качество. Поскольку науковедение на первых шагах особенно интересовали престижные и оценочные моменты, осмысление вскрываемых интеграционных связей (единая для массива сеть цитирования, ссылки на предшественников, цитируемость в более поздних работах) шло под знаком «кто есть кто?» и «что есть что?» в науке. Целью поиска были безличные объективные критерии оценки места ученого и его вкладов в иерархии научных ценностей. Закон Ципфа, например, и близкие по смыслу ранговые распределения Парето, Лотки толковались почти исключительно в терминах теоретического ценообразования и крайне редко в плане преемственной связи наличного и нового, в плане неравномерно рангового распределения участия наличного знания в интеграции нового, хотя пионером как ценностной, так и интеграционной интерпретации является Д. Прайс.

В современном **науковедении**, как и в лингвистике, остается еще неразвернутым **представление о фундаментальном знании как о массиве-системе, массиве — единственном основании целостности дисциплинарной научной деятельности, о массиве — единственной форме интеграции и социализации вкладов ученых, хотя наукове-**

дение, особенно в исследованиях по фундаментальным дисциплинам (пространство порождения знания), значительно ближе подошло к системным представлениям о процессе кумуляции знания, чем лингвистика. Сегодня никого в науковедении не удивит констатациями вроде: «наука есть то, что публикуется в статьях и монографиях»; «ученый — тот кто опубликовал хотя бы одну научную статью»; «публикую, следовательно существую в науке как ученый», хотя еще совсем недавно они воспринимались как афористические образы (американские ученые говорят еще радикальней — «умри, но опубликуйся»). **Идея системности фундаментального знания, идея массива** — монопольного носителя связей целостности и преемственности в пространстве порождения знания, идея массива — единственного системообразующего основания научной деятельности располагается сегодня в пределах прямых экспликации типа: «существовать в науке и для науки значит быть опубликованным»; «все неопубликованное гибнет для науки вместе с создателем и начинает существовать для науки лишь с момента публикации»; «только опубликованное принимает участие в кумуляции знания и его движении»; «все в науке приобретает смысл и значение только по связям целостности массива публикаций» и т. д.

Мы сознательно используем термины «единственный», «монопольный» применительно к массиву публикаций, так как в современном науковедении распространены иллюзии насчет смены оснований целостности при переходе от «малой» к «большой» науке, что якобы лишает публикацию роли интегратора научных вкладов и передает эту роль организационной иерархии, способной использовать принципиально иные средства научной коммуникации и средства интеграции научного продукта (симпозиумы, совещания, информационные и координационные группы, информационные центры, машинная память, автоматический информационный поиск и т. д.). Не отрицая роли этих нововведений и их стимулирующего влияния на научную деятельность, мы со всей определенностью хотели бы подчеркнуть, что «большая наука» не отменила механизмов интеграции знания, выработанных «малой наукой», не создала альтернатив, способных по гибкости и оперативности хотя бы приблизиться к институту научной публикации, так что и сегодня, как сто и двести лет назад, **существует лишь единственный способ быть кем-то в науке — зафиксировать свой вклад в массиве**

фундаментального знания, опубликовав его в форме журнальной статьи или монографии.

4.1.4. Пространства порождения результатов знаний

Вполне возможно, что различия между лингвистикой и науковедением в степени системного истолкования предмета и в степени готовности принять такое истолкование отражают тот простой факт, что мысль об активном воздействии на предмет в целях его стимулирования должна бы представляться лингвисту неестественной.

Частотно-лаговая проблематика если и интересует лингвистику, то лишь в плане **общей теории информации и коммуникации** для объяснения, скажем, процессов редукции и стяжения знаков с ростом частоты их использования и ряда других частных явлений. Эта проблематика не имеет для лингвиста существенного значения, и частотно-лаговая характеристика вряд ли может стать для него универсальным требованием к продукту лингвистического исследования.

Совершенно другими глазами ситуацию воспринимает науковед. Для него **стимулирование научного общения и процесса интеграции результатов такого общения в целостность фундаментального знания вполне осмысленная задача**. Поэтому, если лингвисту вряд ли придет в голову критически подойти к универсалиям предмета — к репродуктивной страте продуктивной в целом речевой активности,— вряд ли покажется заманчивой и осмысленной задача исследования, скажем, грамматики в видах ее совершенствования вплоть до замены другой, более совершенной, то науковеда такие мысли посещают с момента возникновения его дисциплины, трансформируясь в идеи «оптимизации», «упорядочения», «стимулирования», каждая из которых осознанно или скрыто содержит идею повышения эффективности научного труда за счет частных или радикальных преобразований сложившихся правил научной деятельности. Механизм целенаправленного воздействия органов научной политики на научную деятельность не может основываться на чем-то ином, кроме все той же репродукции, изначально ограничивая предмет «грамматикой» научной деятельности. Науковед уже не может перешагнуть за эти пределы и обязан удерживаться в рамках задачи критического анализа наличных универсалий, репродуктивных моментов научной деятельности и их возможных альтернатив.

Здесь сразу же возникает вопрос об **универсалиях научной деятельности и о критериях их оценки на совершенство**. Что касается критериев оценки, то они, очевидно, должны иметь ту же ориентацию и тот же смысл, что и понятие совершенства в управляемой научной политике. И поскольку там эти критерии ориентированы на идею безлагового обновления и вектор-пеленг на этот ориентир образует место целей научной политики, то критерии оценки наличной и возможной деятельности в пространстве порождения знания как частном звене каскада также должны ориентироваться на безлаговое предельное пространство, в котором были бы сняты все задержки и в котором процессы интеграции личных вкладов в массив научного знания, как и процессы порождения вкладов, протекали бы в максимальном темпе. Вектор-ориентир на такое безлаговое пространство, объединяя частные цели по совершенствованию научной деятельности в фундаментальных дисциплинах с общими целями научной политики, служил бы местом этих частных целей.

Значительно сложнее обстоит дело с универсалиями, с «грамматикой» научной деятельности. Поскольку предмет науковедения ограничен репродуктивным в продуктивном, повторами в деятельности, продукты которой подчинены запрету на повтор-плагиат, науковед не имеет права на традиционную (в лингвистике, скажем) процедуру более или менее полного отождествления репродукции и универсальности (* проблема универсалий, как она ставится в лингвистике, не различает репродуктивное и универсальное, носит сравнительно-типологический характер, т. е. предполагает некоторое множество языков, обладающих специфическими чертами. Это условие неприменимо к фундаментальным дисциплинам, каждая из которых функционирует как универсальная целостность). Ему необходим критический подход к повтору, выделение в репродукции необходимого, без чего научная деятельность перестает быть научной, и факультативного, что может быть заменено другой схемой или вообще оказаться избыточным довеском, который не несет функциональной нагрузки и существует либо в силу традиции (патронаж, например), либо как реликт «проб и ошибок». Иными словами, ориентир на безлаговое пространство порождений знания должен быть, во-первых, структурно интерпретирован на базе наличных репродуктивных и организационных форм научной деятельности, а во-вторых, в рамках самой этой интерпретации необходима структурная же модель научной дисциплины как целостное единство универсалий, способное стать основанием эквифинальности — гарантом функциональной

состоятельности тех альтернатив, которые науковедение могло бы предложить на предмет внедрения.

Если на массив фундаментального научного знания наложен ограничивающий постулат: «Вклад есть завершённый продукт и высшая единица научной деятельности», то мы оказываемся в то же позиции, в какой пребывают лингвисты с их ограничивающим постулатом: «предложение есть высшая языковая единица». Изучение таких диссоциированных единиц-вкладов способно вычленив группу формальных универсалий того же типа, что и грамматические универсалии, выделяемые из сравнения и классификации предложений. Вместе с тем такой подход принадлежит скорее теории познания, поскольку, по-первых, он выделяет лишь одно из нескольких, оснований преемственности, а именно предметное, а во-вторых, учет предметности (источника нового знания) вводит в анализ уникальное, с чем науковедению просто нечего делать.

Когда мы рассматриваем **фундаментальное знание как целостный продукт научной деятельности в пространстве порождения знания**, наличная деятельность в этом пространстве, хотя она и не завершилась пока результатом-вкладом, получает минимум **четыре структурирующих пространство основания: предметное; субъективно-личное; временное; интеграционное.** Все основания однородны с точки зрения универсальности, непрерывности и неопределенности. В трех из них (предметное, временное, интеграционное), выполняется запрет на повтор-плагиат, что образует резкую грань между определенным и неопределённым (познанное — непознанное по основанию предметности; наличное — будущее по основанию времени; связанное — несвязанное по основанию интеграции). В размерности этих четырех оснований результат как событие в пространстве порождения знания есть непредсказуемое, невыводимое с помощью логических процедур из массива наличного знания. Другими словами, **любой созданный по правилам научной дисциплины результат есть синтез определенностей по предмету (несет новое содержание), субъекту (создан вполне определенным смертным человеком), времени (отмечен как разовый акт в астрономическом и дисциплинарном — по моменту публикаций — времени), целостности (привязан автором ссылками к вполне определенным предшествующим результатам).**

Поскольку отметки результата в астрономическом и в дисциплинарном времени не совпадают, задача на приближение к безлаговому пространству порождения знания распадается на **две** более или менее **самостоятельные задачи**: какими свойствами должно обладать

пространство порождения знания, чтобы получить максимальное число замыканий-результатов на заданном интервале времени; каким условиям должен удовлетворять канал интеграции результатов (рукопись — редакция — публикация), чтобы свести к минимуму задержку между появлением результата для ученого и появлением результата для дисциплины (публикация).

Непредсказуемость будущего результата по предмету (что откроют?), субъекту (кто откроет?), времени (когда откроют?) и по связи с наличными результатами (состав ссылок) делает первую задачу, на первый взгляд, неразрешимой. Она действительно такова, если под решением понимать нечто однозначно связанное в конструкцию «если — то». Ни о какой однозначности и строгости применительно к пространству порождения не может быть и речи. Задача вряд ли разрешима и в рамках теории вероятностей, поскольку все известные для пространства порождения знания вероятные события уже произошли и не могут повториться в силу запрета на повтор-плагиат, а то, что произойдет, заведомо неизвестно. Вместе с тем ряд эмпирических констант и подтверждающих их исследований позволяют, нам кажется, найти ключ к решению. Дело в том, что количество результатов, получаемых за единицу времени, оказывается связанным, хотя и крайне неэффективно, с числом участников. **В организационной форме «большой науки», для которой характерны крупные научные коллективы, число результатов растет пропорционально корню четвертой степени из числа участников.** Обычно этот факт приводят, и справедливо, как показатель несовершенства организационных форм современной науки. И сама эта зависимость, какой бы неэффективной она ни казалась, может быть истолкована в интересующем нас лаговом плане как производное от числа участников уменьшение лага решения той или иной проблемы, перевода ее в «решенный вопрос».

Если и здесь эта зависимость столь же неэффективна, как и в случае с большим коллективом, мы получим примерно следующее: если проблема X переводится силами одного ученого в решенный вопрос на интервале T , то в среднестатистическом случае при прочих равных, условиях силами 16 ученых ее можно было бы решить на интервале $T/2$; 81 — $T/3$; 256 — $T/4$ и т. д. Иными словами, независимо от эффективности этой связи число возникающих в пространстве порождения результатов будет расти с ростом числа занятых ученых, а идеальным с точки зрения уменьшения лага было бы такое положение, когда в решении любой возникающей в дисциплине проблемы участвовали бы все ученые этой дисциплины.

Как и все идеальное, это положение очевидно недостижимо, но оно вносит штрих определенности в понятие безлагового пространства порождения знания, позволяет заметить и выделить еще одну функцию публикации — безадресное дисциплинарное оповещение ученых о результатах, которые возникли в пространстве и выводятся за его пределы как завершённые продукты научной деятельности в массив фундаментального знания. Чтобы стать участником решения проблемы, нужно, во-первых, быть оповещенным, а во-вторых, что значительно сужает круг возможных участников, **быть этим оповещением «озадаченным», увидеть проблему и заинтересоваться ею.** Поскольку участники решения той или иной проблемы могут вербоваться только из числа оповещенных, полное дисциплинарное безадресное оповещение или гласность должны войти в понятие безлагового пространства порождения знания как его существенная характеристика, а мера и лаги оповещения (соотношение открытой и закрытой информации, лаги публикации) и распространения, доступность иноязычных частей массива публикаций и т. п.) должны стать предметом изучения и описания как переменные, характеризующие наличное положение дел и предлагаемые альтернативы.

Нам кажется, что в условиях, когда в системе управляемой научной политики возникают организационные подразделения не только административно обеспечивающего, но и теоретически обеспечивающего профиля, особую актуальность приобретают исследования функции оповещения и концентрации ученого интереса, где публикация и современная организационная форма выступают эквивалентными, но явно неравноценными альтернативами решения одной и той же задачи: снизить лаг решения проблемы за счет увеличения числа участников решения. Основное различие здесь в том, что публикация обращается к ученому в человеке, не затрагивая других его человеческих качеств, не имеющих отношения к науке, что позволяет собирать под очередные проблемы «невидимые научные структуры» заинтересованных и конкурирующих за право первым получить результат и безболезненно рассыпать их по получении результата. В то же время формальная организация, связывая людей-ученых в крупные штатно-должностные коллективы, практически беззащитна перед процессами экстранаучной интеграции коллектива по человеческим, не имеющим отношения к науке соображениям, что, снижая меру оповещения и заинтересованности, порождает массу новомодных болезней «большой науки» — старение научных

коллективов, дезактивацию таланта и т. п., а в конечном счете вызывает падение стандарта науки, в частности и снижение продуктивности научного труда: стоимость затрат на единицу научной продукции растет в «большой науке» в том же темпе, что и объем научной деятельности.

Вторая задача на уменьшение лага публикации (задержки между астрономической и дисциплинарной отметками результата) выглядит много проще. Фильтры, функционирующие сегодня в последовательности: рукопись — редакция — публикация, могут оправдать свое право на существование лишь в том случае, если будет теоретически обоснована существующая практика мгновенной безлаговой оценки продукта (институты редактирования, рецензирования, экспертизы). Судя по механизмам накопления теоретической ценности (цитируемости вклада), этот процесс, во-первых, требует времени и, во-вторых, обладает ранговыми свойствами, что делает задачу теоретического обоснования безлаговой оценки продукта столь же безнадежной, как и задача логического вывода будущих открытий. Во всяком случае, попытки обнаружить хотя бы следы корреляции между предпубликационными предсказаниями ценности вкладов и их реально накопленной ценностью не дают обнадеживающих результатов.

Мы не будем детализировать ту цепь проблем, которые автоматически возникают в попытках применить **системный подход в науковедческих исследованиях, имеющих предмет изучения процессы порождения и движения знания**. Предварительное зондирование проблемы пространства порождения знания как частного предмета науковедения показывает, на наш взгляд, **применимость и необходимость системного подхода в науковедении**. Дело здесь в том, что комплекс проблем, связанных с необходимостью и неизбежностью активной научной политики, куда на правах частной проблемы входит теоретическое обоснование, есть, пожалуй, первый в истории человечества случай, когда ставится задача на осознанное проектирование научной дисциплины. Смысл системного подхода в науковедческих исследованиях и состоит, видимо, в попытках приложить знание, накопленное о науке, ее генезисе и функционировании, к задачам теоретического обоснования научной политики и разработки науковедения как новой научной дисциплины.

4.2. Примеры использования системного подхода в предметных областях познания

4.2.1. Системные идеи в психологии

Использование принципов системного подхода в психологии имеет ряд своеобразных особенностей. С одной стороны, психология представляет собой дисциплину, которая является, пожалуй, наиболее благодатной для применения системных идей (наверное, нет объекта более системного, чем психика). С другой стороны, системный подход в собственном смысле слова не нашел требуемого распространения в рамках этой дисциплины. По-видимому, такое несоответствие имеет под собой, целый ряд причин. Одна из основных состоит в том, что в психологии идеи системного подхода начали развиваться, по сути дела, еще в самом начале XX в., т. е. как раз в тот период, когда началось становление системного подхода. Более того, именно психология явилась одним из теоретических плацдармов, на котором формулировались и развивались некоторые существенные принципы системного подхода. В дальнейшем, когда развитие системного подхода пошло по пути построения обобщенных концепций, эта первоначальная идейная связь его с психологией не получила конкретизации отчасти потому, что психологическая наука со второй четверти XX в. не очень охотно стремилась к теоретическим синтезам, уделяя главное внимание накоплению эмпирического материала и совершенствованию экспериментальной техники, а отчасти потому, что первые варианты теории систем не отличались высокой степенью конструктивности с точки зрения возможности их приложения к конкретным областям знания и, в частности, едва ли существенно расширяли ту исходную методологическую базу, которую начали нашупывать и некоторые психологические концепции в первые десятилетия XX в. Тем не менее глубокое методологическое родство теоретической психологии и системного подхода является неоспоримым фактом и может служить достаточно веским основанием для их непосредственного сближения. К такому выводу побуждают склониться как общий характер развития психологии, так и специфические методологические проблемы, возникающие в этой связи.

На том этапе истории психологии, который психологи называют обычно донаучным, господствующим и практически единственным методом психологического анализа была интроспекция. В теоретическом плане вершиной основанного на ней подхода явился ассоцианизм, который помимо всего прочего отразил и характерную для всей науки того времени тенденцию к объяснениям элементаристского типа. Утверждение психологии в качестве самостоятельной научной дисциплины происходило под знаком внедрения в нее объективных исследовательских методов. Это позволило не только оснастить психологическое исследование новыми техническими возможностями, но и непосредственно связать его с быстро развивающейся физиологией, в особенности с физиологией высшей нервной деятельности. Однако довольно быстро стало обнаруживаться, что такой способ развития предмета психологии таит в себе немалые опасности. Уже в силу того факта, что в общем балансе методов, стоявших на вооружении психологии, решающее место и по удельному весу, и по техническому совершенству и чистоте занимали методы не собственно психологические, а физиологические,— открылась объективная возможность далеко идущей физиологизации психологии. Как обычно бывает в истории познания, такая возможность не осталась чисто потенциальной, и на рубеже XIX—XX вв. основной массив психологических исследований демонстрировал почти безраздельное господство **редукционистских установок: для каждой психологической функции пытались отыскать непосредственную физиологическую основу в мозговых процессах.** Чтобы избежать недоразумений, нужно еще раз подчеркнуть, что для того времени такой путь развития психологии был, пожалуй, объективно единственно возможным, поскольку психологический анализ естественно начинался с простейших проявлений психики, общих человеку и животным, и поэтому значительная часть эмпирического материала доставлялась психологии сравнительно-психологическими исследованиями. Несколько позднее получила распространение другая крайность, основанная на попытках свести всю специфику психического к чисто социальным закономерностям. Этот «социологический» редукционизм явился естественной реакцией на попытки физиологизации психики; вместе с тем он положил начало весьма плодотворному анализу взаимосвязи психического и социального. Здесь важно отметить, что в методологическом плане принципы такой взаимосвязи были сформулированы материалистами в их концепции человека как

совокупности общественных отношений. Однако механический перенос этой концепции в сферу психологии был связан с известными издержками, главная из которых состояла в том, что и в этом случае утрачивался специфический предмет психологии. Несмотря на глубокие различия, обе эти формы редукционизма в сфере общей теории вели практически к одному и тому же результату — к тому, что Л. фон Берталанфи удачно назвал концепцией, основанной на модели робота в человеческом поведении. В самом деле, собственно психическое в обоих случаях оказывалось всецело обусловленным внепсихологическими факторами. Нельзя сказать, что в настоящее время физиологический и социологический способы обоснования предмета психологии стали делом прошлого. Во-первых, в сфере эмпирических исследований оба они продолжают давать хотя и ограниченную, но в принципе пока вполне приемлемую базу анализа. Во-вторых, основанные на этих подходах модели остаются достаточно компактными. Тем не менее в сфере теоретических обобщений современная психология все более заметно стремится к разработке собственного подхода, не допускающего растворения психического ни в биологическом, ни в социальном. Такой подход начал формироваться еще в конце XIX века. Методологически его основания, как нетрудно понять, коренились в стремлении сохранить за психологией вполне самостоятельный предмет изучения. С точки зрения эмпирической, толчок к такого рода построениям был дан в особенности после открытия Хр. фон Эренфельсом (1890 г.) так называемых гештальт-качеств (Gestalt-Qualitaten) — перцептивных структур, которые относятся к воспринимаемому объекту в целом и не могут быть объяснены из свойств элементов объекта (таковы, например, свойства аккорда в музыке, свойства мелодии, сохраняемые при транспозиции, т. е. при изменении тональности). Не столь, может быть, значительное само по себе, это открытие имело весьма прозрачный методологический смысл, экспериментально фиксируя принципиальную недостаточность элементаристского подхода даже к относительно простым психическим функциям, таким, как восприятие. В теоретически развернутой форме антиэлементаризм получил выражение впервые в концепции гештальтпсихологии, хотя отдельные моменты целостного подхода к психике были зафиксированы уже в работах О. Зельца (в частности, он трактовал мышление как «дополнение комплексов», т. е. заполнение пробелов, имеющих место внутри «комплексов» понятий и отношений в проблемной ситуации), а также в исследованиях А. Мейнонга, В. Бенусси и ряда других

психологов. Основатели гештальтпсихологии В. Кёлер, М. Вертгаймср и К. Коффка первоначально непосредственно опирались на результаты, полученные Эренфельсом, и поэтому их концепция сначала относилась лишь к законам восприятия (этим, в частности, объясняется характерная для «гештальтистов» совокупность понятий, таких, как «поле», «схватывание», «озарение», «инсайт»). Позднее эти законы были распространены на мышление, (в работах В. Кёлера, М. Вертгаймера, а также К. Дункера, Л. Секея) и на изучение личности (К. Левин). Основной тезис гештальтпсихологии состоит в том, что явления психики не строятся путем синтеза элементов, существующих до этого изолированно, а с самого начала представляют собой **организованные целостности—гештальты**.

Ситуативность восприятия или мышления находит выражение в существовании соответствующего поля; решение проблемы состоит в движении по этому полю в сторону совпадения структуры ситуации и структуры ее видения субъектом.

Не обсуждая здесь собственно психологической проблематики, обстоятельно разработанной гештальтистами (следует лишь подчеркнуть, что эта разработка опиралась на весьма солидную экспериментальную базу), охарактеризуем кратко принципиальные черты методологии этой школы. Наиболее интересным здесь нам представляется то обстоятельство, что гештальтпсихология впервые поставила **вопрос не просто о функциях, а о целостном функционировании психики, функционировании, обеспечиваемом движением по соответствующим структурам**. В этом смысле законы гештальта—это законы организации целого на основе объединения функций в структуры, а деятельность психики описывается как функционирование, содержанием которого является переструктурирование исходного гештальта в поисках «хорошего гештальта» на базе так называемого закона прегнантности. Эта особенность гештальтской методологии крайне важна и требует точного понимания. Дело в том, что нередко при характеристике гештальтпсихологии ограничиваются лишь указанием на ее целостноструктурный подход к психическим образованиям. Но этого мало: **чтобы целостность стала не просто именем, ни к чему не обязывающим общим понятием, она должна не только объединять исследуемый объект, но и задавать принципиальную схему его расчленения, которая при сохранении целого обеспечивает возможность его анализа**. Именно такую конструктивную роль играет в гештальтпсихологии **понятие гештальта, позволяющее объяснить функционирование как движение по некоторой**

последовательности

структур.

Конечно, гештальтистскую схему не следует идеализировать. Хорошо известна та разносторонняя критика, которой подвергалась она в психологической литературе и которая в конечном счете привела к распаду школы гештальтпсихологии. Наиболее серьезные упреки предъявлялись гештальтпсихологии в связи с априористическим истолкованием ею психологических структур: такое толкование снимало вопрос о формировании психики и тем самым противоречило целому ряду фактов. Уязвимым оказалось и решение этой школой психофизической проблемы в духе параллелизма: оно, во-первых, обязывало к слишком решительной универсализации психических функций на всех уровнях жизни, во-вторых, вело к переоценке **изоморфизма структур психики и реальности**. Эти изъяны оказались настолько существенными, что концепция гештальтпсихологии как таковая стала делом прошлого. По вместе с тем нельзя не согласиться с П. Фрессом, когда он говорит о том, что основные методологические идеи психологии формы едва ли принадлежат истории и составляют часть всей современной психологической культуры, а следы их плодотворного влияния можно найти практически во всех главных сферах психологии. Как мы отмечали ранее, антиэлементаристский подход в психологии получил наибольшее развитие в концепциях Л. С. Выготского и Ж. Пиаже. Близость этих концепций к системным исследованиям обнаруживается по нескольким существенным методологическим пунктам. И Л. С. Выготский и Ж. Пиаже исходят из того, что предмет психологии не может быть построен в традиционных рамках (это, впрочем, было характерно для многих теоретических работ в психологии начиная с середины 20-х годов), что для решения этой задачи необходима не простая переформулировка имеющихся психологических понятий, а **реализация комплексного, междисциплинарного подхода к психике**. Проводя такой подход, Л. С. Выготский опирается на концепцию деятельности. Поэтому у него исключительно важными оказываются понятия интериоризации и экстериоризации, а изучение психики тесно связывается с анализом знаковых систем и орудийных средств деятельности. Что же касается Ж. Пиаже, то он центральным пунктом анализа делает **операциональную природу психики**. При этом он также опирается на тезис о том, что интеллектуальная деятельность производна от материальных действий субъекта, а ее элементы—операции—представляют собой интериоризованные действия. Но в отличие от Выготского Пиаже интересует (в общетеоретическом плане) прежде

всего место, занимаемое интеллектом в ряду психических функций, и его специфика. Можно утверждать, что эти две проблемы рассматриваются и решаются в его концепции с чисто системных позиций. В самом деле, весь процесс психического развития трактуется Пиаже как филиация структур: уже чисто биологическое взаимодействие организма со средой выступает для него как система, описываемая в понятиях обмена, адаптации, равновесия, причем способ жизни этой системы выражается через действие, т. е. она является принципиально динамической. Развитие состоит, согласно Пиаже, во все большем усложнении этой исходной структуры — к материальным обменам чисто биологической природы добавляются функциональные обмены, специфические уже для сферы психики. В конечном счете мы получаем вполне определенную иерархию структур, надстраивающихся друг над другом и не сводимых одна к другой. На вершине этой иерархии расположен интеллект продолжающий и завершающий совокупность адаптивных процессов, линия развития которых направлена к достижению «тотального равновесия», базирующегося на ассимиляции всей совокупной действительности и на аккомодации к ней действия, освобожденного «от рабского подчинения изначальным «здесь» и «теперь».

Из такого представления иерархии структур, естественно, вытекает междисциплинарный характер концепции Пиаже: **психические функции и интеллект должны исследоваться одновременно с нескольких сторон — биологической, гносеологической, психологической, логической и социологической**, Системно-структурной является и трактовка Пиаже самого интеллекта. Здесь прежде всего следует отметить резко выраженный антиатомизм этой трактовки. Пиаже категорически утверждает, что центральное в раскрытии природы интеллекта понятие операции не может быть определено само по себе: «единичная операция не могла бы быть операцией, поскольку сущность операций состоит в том, чтобы образовывать системы». Развивая этот важный тезис, Пиаже подчеркивает: «Чтобы осознать операциональный характер мышления, надо достичь систем как таковых, и если обычные логические схемы не позволяют увидеть такие системы, то нужно построить логику целостностей». Здесь мы сталкиваемся с одним из пока еще редких заявлений, непосредственно фиксирующих необходимость специального логического оснащения системных исследований. Важно в этой связи добавить, что Пиаже не ограничился простым призывом к построению «логики целостностей», а попытался реализовать это требование. **В его концепции системная сущность**

интеллектуальных операций выражается и описывается при помощи понятия «группировка», образованного путем некоторой модификации заимствованного из алгебры понятия группы. Опираясь на это понятие, Пиаже, с одной стороны, строит достаточно развернутую классификацию операций интеллекта, а с другой стороны, получает возможность соединить психологический подход к мышлению с подходом логико-математическим и, следовательно, сделать серьезный шаг на пути к формализация психологического исследования (впрочем, сам Пиаже использует этот момент прежде всего для того, чтобы еще раз подчеркнуть необходимость междисциплинарного подхода к исследованию мышления).

Можно ли считать, что Ж. Пиаже действительно построил «логику целостностей», даже если говорить о ней применительно лишь к сфере интеллекта? На этот вопрос едва ли можно ответить положительно: понятие группировки является, по-видимому, слишком узкой исходной базой для такого рода логики. И тем не менее даже эта, в общем-то не очень развернутая форма конкретной реализации системной интенции оказалась весьма продуктивной и, во всяком случае, явилась одним из важнейших условий, обеспечивших выдвижение концепции Ж. Пиаже на самые передовые позиции в современной психологической науке. **Методологический анализ этой концепции приводит к неоспоримому выводу о том, что сознательное применение в психологии идей системного подхода открывает перед этой дисциплиной широкие перспективы совершенствования ее теоретического базиса.**

Операциональная концепция интеллекта Ж. Пиаже использует лишь некоторые из принципов системного подхода, но зато дает им тщательную разработку и доводит их до построения соответствующего формального аппарата.

В психологической литературе все более заметной стала и несколько иная тенденция, основанная на попытках более широкого применения системных принципов, однако в сфере, так сказать, описательно-теоретической, без детальной разработки специального аппарата исследования. В этой связи надо прежде всего назвать работы Г. Олпорта, рассматривающие возможность приложения теории систем к изучению личности, и уже упоминавшиеся нами работы Л. фон Берталанфи, в которых делается попытка сформулировать постулаты общей психологической теории, исходящие из принципов теории систем. Эти постулаты, обсуждение которых сопровождается у Берталанфи критикой соответствующих принципов, принятых в

психологии, достаточно интересны (заметим только, что в ряде случаев Берталанфи, к сожалению, не указывает работ психологов, в которых соответствующие идеи получили не только общую формулировку, но и детальную, в том числе экспериментальную, разработку; это в особенности относится к проблеме роли символов в человеческом поведении, на солидном уровне поставленной и исследованной Л. С. Выготским и его школой). Другая группа постулатов связана с критикой Берталанфи гомеостатической модели поведения, получившей чрезвычайно широкое распространение в психологии. В подтверждение ее принципиальной несостоятельности Берталанфи приводит известный психосоциальный парадокс: с точки зрения этой модели невозможно объяснить, почему в годы второй мировой войны количество неврозов и психозов заметно упало, а в современном обществе оно весьма велико. Если следовать принципу гомеостата, то картина должна была бы быть противоположной, поскольку во время войны резко сократились возможности удовлетворения потребностей человека и, следовательно, возможности достижения психологического равновесия, а в послевоенные годы, напротив, эти возможности заметно выросли. Многие современные психологические концепции опираются, по мнению Берталанфи, на «конвенциональную теорию», которая видит в формировании личности, по существу, процесс обусловливания (такова точка зрения бихевиоризма, психоанализа). В действительности здесь имеет место процесс самодифференциации, переход от недифференцированного, синкретического состояния ко все более дифференцированному (такова линия развития восприятия, формирования понятий, языка и т. д.). С этих позиций регрессивные процессы в психике должны быть рассмотрены не как утрата высших функций и возвращение к инфантильному состоянию, а скорее как дедифференциация и дезинтеграция—как утрата целостности психики. Наконец, Берталанфи говорит о предпосылках психологического исследования, связанных с пониманием глубокой специфики психических явлений. Иерархия универсума включает в себя три глобальных уровня—неорганический, органический и символический, т. е. человеческий. Именно создание и употребление символов отделяет человеческий мир от животного; символы образуют суперструктуру человеческой культуры и истории. Поэтому человеческое поведение нельзя объяснять с позиций зооморфизма, в терминах поведения крыс, голубей или обезьян. Такой подход имеет и непосредственное практическое значение: в психотерапии он предполагает, что причины расстройства должны отыскиваться на

разных уровнях, в том числе в сфере ценностей и символов. К этой же группе предпосылок относится и необходимость учитывать в психологическом исследовании, что человек—не изолированный остров, он организован в системы различного уровня, начиная от малых групп и кончая цивилизацией. Понятно, что эти соображения Берталанфи сами по себе еще не представляют психологической концепции. Он сам говорит о них как о факторах, которые задают новую ориентацию мышлению в психологии, т. е. как о философско-методологических постулатах. Но именно такая смена ориентации и является, по-видимому, важнейшим условием реальных сдвигов в области теоретической психологии. Конечно, это предполагает, что теоретические разработки не останутся на уровне формулирования постулатов, а будут подкреплены созданием соответствующего аппарата и развертыванием экспериментальных исследований, т. е. работой такого типа и уровня, какую выполняют, например, Пиаже и его школа, ряд советских психологов.

4.2.2. Системный подход и управление

Существующий общественный строй выдвинул задачу управления не только политическими процессами, но и экономической жизнью.

Развитие и совершенствование управления хозяйственной жизнью обусловлено самой его природой. Непосредственным выражением этого является система планирования. Основной смысл всех мероприятий, проводимых в этой области, состоит в том, чтобы поднять управление экономикой на уровень современных задач и требований. Каковы же эти требования?

Наиболее важный момент заключается в том, что производительные силы развиваются в условиях и под знаком научно-технической революции. С точки зрения проблемы управления современный научно-технический прогресс означает не только огромное возрастание масштабов и объема общественного производства, резко усложняющее руководство этим гигантским организмом, но и изменение самой его структуры. Тезис о превращении науки в непосредственную производительную силу получил практическую реализацию и заставляет уточнить представления о производительных силах как

таковых. Наука, по крайней мере в тех ее частях, которые достаточно прямо «замыкаются» на практику, выступает в качестве компонента производственно-технического механизма, притом компонента решающего, заключающего в себе источник развития всего целого. Природа этого источника, однако, такова, что он не встраивается и не может встраиваться непосредственно в низшие звенья производственной системы, а занимает в ней особое место своеобразного полигона, на котором разрабатываются и отрабатываются новые технологические схемы и принципы. Специфика науки как структурного подразделения экономической системы заключается в том, что оно находится как бы над другими сферами производства. Поэтому его функционирование тем успешнее, чем больше интегрирована система в целом и чем больше развиты в ней «вертикальные» связи соподчинения и управления, но не в прежних формах линейной иерархии, а в формах, отвечающих требованиям автономизации нисходящих сфер управления. Сложность этих связей управления определяется тем, что их содержанием является не только регулирование выпуска тех или иных видов продукции, но и обеспечение нормального функционирования производственно-экономической системы в целом. Иначе говоря, управление здесь обращается не только на конечный результат, но и на саму структуру системы. Один из важных организационных эффектов научно-технической революции связан с весьма сильной тенденцией к интеграции, быстро развивающейся в сфере экономики. Действие этой тенденции проявляется одновременно в нескольких направлениях. Если еще в недалеком прошлом единицей экономического планирования выступало производственное предприятие, то в наши дни такой единицей все чаще оказывается производственно-технический комплекс, включающий в себя целый ряд тесно взаимосвязанных отраслей производства. Таковы, например, нефтехимические, лесотехнические комплексы, ирригационные сооружения. Аналогичный характер носят, как известно, и системы в области обороны, исследования космоса и т. д. Нетрудно понять, что реализация такого подхода вызывает серьезные изменения в стиле мышления экономистов. Более того, она выдвигает задачу создания и внедрения в практику новых методов и форм планирования и экономического управления. Действие связей интеграции обнаруживается и на более высоком уровне. Например, развитие автомобилестроения потребовало не только строительства соответствующих предприятий, но и обширной

системы мероприятий в черной и цветной металлургии в электротехнической промышленности, в химических и многих других производствах. Более того, специалисты разрабатывают вопросы, связанные с социально-экономическими проблемами автомобильного транспорта, такими, как развитие дорожного строительства, новые условия безопасности движения, изменение структуры обслуживания в местах массового отдыха и т. п. Таким образом, частная, казалось бы, проблема в ходе решения вовлекает в свою орбиту, по сути дела, весь социально-экономический организм. Понятно, что эта ситуация выдвигает новые требования к системе экономического планирования и управления.

Значение связей экономической интеграции существенно возрастает и в масштабах всего экономического содружества. Иначе говоря, в порядок дня поставлен вопрос об интеграции экономики целого ряда стран, связанных общностью социального устройства и общностью своих целей.

Практика свидетельствует о том, что реализация всех этих глубоких тенденций к интеграции не может быть достигнута на чисто количественной основе, путем простого увеличения сумм организационно-управленческих мероприятий.

Весьма сложные проблемы стоят перед экономическим управлением в связи с тем, что суммарное воздействие человека на природу достигает сегодня предельных, критических рубежей. Если раньше деятельность человека сравнительно мало отражалась на окружающей его природе, то теперь уже приходится все чаще говорить о системе «человек — природа», оба компонента которой становятся сравнимыми по силе своего взаимного воздействия и влияния. Это заставляет вводить все более широкую сеть запретов и ограничений на производство и его технологические способы, имеющих своей основной целью сохранение и поддержание природной среды. Следовательно, и здесь мы можем зафиксировать появление нового объекта управления. Прежде человек мог позволить себе эксплуатировать природу, заботясь лишь о повышении уровня эксплуатации. Общество обязано, помимо этого, еще и управлять эксплуатацией природных ресурсов. Превращение управления в особую подсистему экономического организма наглядно обнаруживается в том факте, что предметом постоянного регулирования в экономической жизни стала значительная группа внеэкономических факторов. Первым из этих факторов явилась организация производства, понимаемая в самом широком смысле слова. В соответствии с современными представлениями сюда включаются как проблемы рациональной

организации собственно производственного процесса (оптимальное пространственное размещение звеньев технологической цепи в масштабе предприятия, объединения, отрасли хозяйства в целом; оптимальное распределение функций между участниками производственного процесса; рациональная организация внешних и внутренних связей для каждого подразделения производства), так и те обстоятельства, которые, как выяснилось, прямо или косвенно влияют на экономическую эффективность. В число этих последних входят обстоятельства психологического, социально-психологического и эстетического характера, оказывающие воздействие на производительность труда, факторы ценностной ориентации и мотивации трудовой деятельности, экономическая эффективность системы образования и подготовки кадров, закономерности миграционных демографических процессов, правовое регулирование различных сторон хозяйственной жизни, проблемы оптимальной структуры рабочего, внерабочего и свободного времени и ряд других. Все эти моменты всегда так или иначе сопровождали процесс производства и определенным образом влияли на него. Однако в современных условиях высокой интеграции социально-экономического механизма удельный вес этих организационных моментов резко возрос, в результате чего они, как правило, не могут рассматриваться в качестве побочных, неконтролируемых продуктов деятельности системы производства. Осознание возможности повысить экономическую эффективность за счет регулирования социальных отношений и воздействия на них явилось лишь первым шагом на пути к построению развернутой системы управления социальными отношениями, характерной для современного общества. Практически все сферы современной общественной жизни стали объектом постоянного и все более расширяющегося по своим функциям социального управления. Коренные особенности общественного строя накладывают свой глубокий отпечаток и на эти функции, и на способ их осуществления, и, главное, на цели управления. Но при этом нельзя не заметить, что во всех индустриально развитых странах превращение управления в универсальную социальную функцию привело к созданию высокоспециализированного аппарата управления, к превращению деятельности в этой области в вид массовой профессии. Наряду с универсализацией современная деятельность социального управления характеризуется также тенденцией к рационализации, к подведению под нее специализированного научного знания. Если эту

тенденцию рассматривать в более широком социально-культурном контексте, то нетрудно убедиться, что она является одним из выражений общей линии развития, связанной с фактом появления науки и, более широко, деятельностного типа культуры. Еще в XIX в. ученые обратили внимание на процесс превращения науки не только в непосредственную производительную, но и в специфическую социальную силу. Тем самым осуществился отказ от чисто просветительского отношения к науке и положено начало рассмотрению науки как факта не только, так сказать, гносеологического, но и социального порядка, т. е. как социального института, призванного выполнять определенные (и притом все более широкие) социальные функции. Таким образом, тенденция к «научности» может и должна рассматриваться не как специфическая для одной лишь сферы социального управления, а как универсальная, характерная в принципе для всех видов массовой деятельности. В XX в. и особенно во второй его половине действие этой тенденции приняло вполне отчетливые формы. Наиболее существенны здесь два момента. Во-первых, произошло заметное возрастание количества сфер массовой деятельности. Если еще в сравнительно недавнем прошлом массовая деятельность достаточно обоснованно отождествлялась с материальным производством, то теперь индустриальный по типу своей организации характер приобретают многие иные виды деятельности. Таковы, например, деятельность в сфере обслуживания, функционирование системы средств массовой коммуникации, учреждений культуры, предприятий отдыха и туризма и т. д. Не случайно в разряд привычных выражений современного языка вошли термины «индустрия сервиса», «индустрия туризма», «киноиндустрия» и т. п. Предшествующее изложение позволяет с достаточной уверенностью говорить о том, что и сфера управления уже превратилась в сферу массовой деятельности. Ее в этом смысле отличает лишь одна, весьма существенная особенность—управление как бы аккумулирует в себе организационный аспект всех других видов массовой деятельности. Понятно, что своеобразная «индустриализация», охватившая широкий спектр видов деятельности, в острой форме ставит вопрос о разработке специального знания, призванного выполнять «инженерные» функции, т. е. в максимально рационализированном виде описывать технологию соответствующих типов деятельности. Во-вторых, тенденция к научности действует не только в экстенсивном плане, по линии расширения сфер деятельности, требующих опоры на

научное знание, но и в плане интенсивном: близкие к предельным, планетарным, масштабы деятельности современного человека все более и более настойчиво требуют поиска специальных форм организации деятельности на всех ее уровнях. Так возникает и, конечно, определенным образом удовлетворяется потребность в особом и новом типе научного знания—знании, ориентированном на практическую методологию, иначе говоря, непосредственно на организацию деятельности в различных ее формах. Действие этих двух тенденций привело к резкому росту массива научного знания в целом и в особенности— социального знания, поскольку вся разрабатываемая в этих рамках проблематика так или иначе замыкается на «человеческий фактор». Однако социальное знание не только выросло количественно, но и изменилось структурно. Если раньше оно являлось по преимуществу описательным, выступая к тому же обычно в умозрительной форме, то теперь в нем на передний план выдвинулись практически-методологические, инженерно-конструктивные моменты. В какой-то мере это характерно для всей современной науки: науковедческие данные показывают, что своим невиданно бурным ростом наука обязана в первую очередь прогрессу так называемых прикладных дисциплин. Однако наиболее заметны структурные сдвиги в сфере социального знания и особенно в дисциплинах, близко связанных с практикой социального управления. Поэтому анализ взаимосвязи социального управления с социальным знанием оказывается интересным не только сам по себе, но и с той точки зрения, что он позволяет увидеть некоторые общие черты, характеризующие направление и формы развития современного социального познания.

Если попытаться составить перечень научных дисциплин, результаты которых в той или иной форме привлекаются на службу социальному управлению, то окажется, что в этот перечень войдут практически все основные области современного научного знания. Эта всепроникающая связь науки и управления непосредственно ощутима на примере быстро растущего применения в управлении современной вычислительной техники. Нас, однако, в данном случае интересует не просто научное знание, используемое в практике управления, а то социальное знание, которое специально вырабатывается в ответ на потребности социального управления. Охарактеризованные трансформации в социальной практике и соответствующие им сдвиги в структуре социального знания привели к тому, что в настоящее время существует весьма солидная совокупность концепций, направлений исследования и даже дисциплин, которые

либо специально создаются под непосредственным воздействием практики управления, либо представляют собой модификации и приложения к этой практике и ее проблемам аппарата и методов ранее сложившихся отраслей знания.

Специфика деятельности управления такова, что основной массив знания, обслуживающего эту деятельность, носит либо дескриптивный, либо инструментально-технический, инженерный характер. Это связано, во-первых, с тем, что эффективность управления решающим образом зависит от наличия у управляющего органа адекватной информации относительно объекта управления и условий его существования; во-вторых, сложный дифференцированный характер современной деятельности управления требует высокой степени ее внутренней организации и алгоритмизации. Резкое возрастание потребности в общем объеме и видах информации сопровождалось быстрым развитием знания, разрабатывающего методы сбора, обработки и оценки необходимых для управления данных. Методика и техника социальных исследований уже сейчас располагают богатым набором процедур для решения подобных задач. В методологическом плане при оценке информационного (дескриптивного) социального знания очень важно учитывать, что по крайней мере на современном уровне развития науки картина социальной действительности не может быть получена в полном, исчерпывающем виде, независимо от того, о какой конкретной ее области идет речь. Действие в этой сфере исключительно разномасштабных и разнородных факторов и условий, переплетение в ней не только различных, но нередко и противоречивых интересов людей, наконец, само участие феномена сознания — все это делает здесь невозможным полное знание, т. е. социальную деятельность нельзя в принципе поставить в зависимость от предварительного наличия полного (или, если угодно, абсолютного) знания. В свою очередь, эта принципиальная информационная неполнота неизбежно восполняется за счет субъективного момента, который всегда так или иначе восходит не просто к социальному интересу, но к социальному идеалу.

Изменение масштабов и характера организационно-управленческого труда чрезвычайно выразительно проявляется в сопровождающем его быстром развитии инструментально-технического социального знания, которое имеет своим содержанием «технологии» управленческой деятельности. В этой сфере знания вырабатываются научно обоснованные рекомендации относительно функциональной структуры органов управления, форм и методов их работы, принципиальных

требований к уровню и содержанию подготовки кадров управления и т. д. Наряду с традиционными социальными дисциплинами— психологией, политологией, экономической наукой, теорией организации и др.—в разработке этого вида знания все более широкое участие принимают такие научные области и направления: теория игр и решений, исследование операций, теория массового обслуживания, системный анализ и т. п. Именно эти разделы знания несут на себе основную тяжесть работы по формализации деятельности управления. Вместе с тем именно в них концентрируется столь характерное для нашего времени стремление придать социальному знанию прикладной характер.

Для примера можно указать на системный анализ, специально созданный в качестве практической методологии управления. В сущности, основная цель системного анализа состоит в том, чтобы в опоре на современную вычислительную технику рационализировать управление социальными проблемами такими, как проблема урбанизации, комплексное развитие коммуникаций, транспорта и связи, развитие здравоохранения и т. п., не говоря уже об оборонных и космических программах; на эту же методологию опираются и проекты, связанные с защитой биосферы. В этом своем качестве системный анализ возник в начале 60-х годов XX в. и первоначально развивался исключительно как средство решения военно-стратегических проблем. Непосредственной причиной, вызвавшей его к жизни, был переход от конструирования отдельных средств и единиц вооружения (таких, как боевой самолет или танк) к созданию систем вооружения—сложных военно-технических комплексов, достаточно жестко объединяемых выполнением единой стратегической цели (такой, например, как обеспечение противоракетной защиты страны в целом или ее крупного региона). Выдвижение такого рода задач потребовало не только развития собственно техники, но и выработки существенно новых подходов к оценке создаваемых систем. Это определялось следующими основными моментами. Во-первых, жизненная важность каждой из задач практически исключала право на ошибку. Во-вторых, создание современной системы вооружения связано с привлечением огромных материальных ресурсов, и потому заказчик должен быть уверен, что допускаемый риск является минимальным. Наконец, исключительная сложность системы не позволяла при ее создании двигаться, как это обычно бывало раньше, от частей к целому, поскольку все или по крайней мере все основные характеристики каждой части (подсистемы) задавались не «изнутри», т. е. от

наилучшей комбинации свойств самой части как таковой, а «извне», т. е. требованиями со стороны целого и его исходных целей. Все эти особенности не могли быть учтены на основе чисто количественного совершенствования процесса проектирования, а потребовали глубоких изменений в стиле мышления: в качестве особой и решающей возникла задача выработки и проведения взгляда на проектируемый объект как на систему. Принципиальная новизна и необычность такой задачи привели к тому, что одновременно с переходом к созданию современных военно-технических систем возникла особая категория специалистов, призванных разрабатывать и обеспечивать проведение в жизнь практической методологии, которая бы выступала в качестве средства организации всего процесса конструирования, изготовления и эксплуатации системы. Эта методология и получила название системного анализа. Несколько позднее, с середины 60-х годов, системный анализ начал применяться для решения самых разнообразных невоенных проблем. Например, в США на его основе выполнены такие проекты, как определение стратегии General Electric на длительный период, оценка перспектив развития атомного торгового флота, оценка систем связи на искусственных спутниках, оценка потребности США в водных ресурсах и т. д. На основе системного анализа Стэнфордский институт изучает взаимодействие науки, техники и общества; RAND Corporation проводит исследование развития наземного транспорта в ближайшие десятилетия и многообразных последствий этого развития; System Development Corporation разрабатывает принципы планирования образования.

Что же представляет собой методология системного анализа? Из характеристики условий ее возникновения нетрудно сделать вывод о ее сугубо практической ориентации. И действительно, в настоящее время за многообразными приложениями системного анализа не стоит более или менее строгое и единое теоретическое обоснование или даже унифицированная совокупность методологических процедур. По сути дела, для каждой конкретной задачи строится своя особая методология, которая не может быть без существенных модификаций перенесена на иную задачу. В этом смысле можно согласиться с известными американскими специалистами Д. Клиландом и У. Кингом, по мнению которых на нынешней стадии развития практика системного анализа является в значительной степени искусством, вобравшим в себя и основы науки, и законы логики, и некоторые специфические процедуры и категории. Применяемые в системном анализе модели—математические, графические или физические—по существу лишь

незначительно отличаются от умозрительных конструкций, создаваемых каждым человеком при решении той или иной сложной проблемы. Основное отличие состоит здесь в том, что модели системного анализа являются эксплицитными и потому ясными, благодаря чему с ними гораздо легче работать, чем с интуитивными моделями, которые практически не поддаются контролю. Отсутствие единого и общепринятого выражения, а также то обстоятельство, что практика применения системного анализа не стала пока предметом серьезных теоретических обобщений, приводит к тому, что в настоящее время существует значительный разноречивый в формулировании как основных категорий системного анализа, так и его процедур. В такой ситуации более или менее общая характеристика системного анализа может быть сведена к описанию его исходной понятийной базы и установок, определяющих специфику его применения.

Многие видные специалисты системного анализа указывают на тесную связь этой методологии и ее истоков с общими принципами и идеями системного подхода (хотя надо признать, что до сих пор эта связь носит, так сказать чисто идейный характер; **во всяком случае, логико-методологические разработки, которые осуществляются в рамках системного подхода, и методология системного анализа в узком смысле этого слова развиваются пока в относительной независимости друг от друга и решают различные по природе и уровню задачи**). В частности, именно из системного подхода были почерпнуты такие идеи, как необходимость поиска системы, адекватной данной задаче, а также многоаспектный, комплексный характер систем. **Это последнее обстоятельство является принципиальным для системного анализа: он действительно применяется к решению комплексных проблем, когда удовлетворительный результат не может быть получен в опоре на какую-то одну из существующих дисциплин или даже на простое соединение методов различных дисциплин.** Такова, например, проблема снижения детской смертности в какой-нибудь слаборазвитой стране или в ее крупном районе: успешное решение этой проблемы предполагает учет целого ряда самых разнообразных факторов, одни из которых поддаются непосредственному воздействию, т. е. являются контролируемыми (скажем, уровень организации медицинского обслуживания, организация питания, известное улучшение бытовых условий населения и т. п.), а другие—не поддаются и поэтому подлежат учету в качестве объективных факторов и условий (например, реальный уровень культуры, возможности экономики и

системы образования, использование помощи других государств и т. п.).

Такая многофакторность, многоаспектность проблем, решаемых средствами системного анализа, имеет далеко идущие последствия. Прежде всего, исключительное значение здесь приобретает правильная и максимально точная формулировка проблемы. Если, например, мы хотим решить задачу снижения детской смертности в слаборазвитой стране или спасти от разрушения природу в некотором районе, то нам следует добиться, чтобы было точно сформулировано, какого именно результата и при каких заданных условиях (ограничениях) мы хотим достичь. Практика показывает, что многие сложные современные проблемы не решаются или решаются неправильно, неэффективно только потому, что они оказались неправильно сформулированными: не были учтены все существенные аспекты проблемы или ограничения, накладываемые на ее решение.

Другое важное следствие комплексного характера проблем системного анализа состоит в том, что вся деятельность по постановке и решению проблемы должна безусловно подчиняться целостному подходу и определяемому им эффекту. Это требование лишь по видимости является простым. На самом деле всякая сложная проблема неизбежно должна быть разбита на множество подпроблем, каждая из которых требует своего особого подхода и, в частности, имеет свое особое оптимальное решение. Вопрос же заключается в том, что оптимальное решение проблемы в целом вовсе не обязательно складывается из суммы оптимальных решений по ее частям. Будучи оптимальным с точки зрения данной частной проблемы, то или иное решение может не оказаться таковым с точки зрения проблемы в целом. Иными словами, **вся сложнейшая иерархия действий по решению комплексной проблемы должна быть организована так, чтобы на всех уровнях в качестве главного, решающего выступал один и тот же, единый критерий оценки эффективности, т. е. чтобы все время имелась в виду система в целом, ее конечный эффект.**

Поиск такого критерия представляет особую задачу системного анализа. В некоторых случаях ее решение облегчается тем, что критерий задается в явном виде извне. Например, если задан уровень затрат, то проблема сводится к тому, чтобы найти максимальную эффективность для этого уровня; в этом случае эффективность по заданным затратам и будет глобальным критерием системы. Или наоборот, если задан некоторый уровень эффективности, то с экономической точки зрения (а она обычно является одной из решающих в такого рода проблемах) вопрос состоит в том, чтобы

достичь этой эффективности при минимальных затратах. Однако очень часто начальные условия для проблемы не могут быть сформулированы в столь жесткой форме. Если, скажем, ставится задача предохранить водоемы от загрязнения, то подлежит выяснению сам оптимум по этой задаче. Тогда-то и выдвигается на передний план выработка критерия, которому должна быть подчинена разрабатываемая нами система. Такой критерий, кроме всего прочего, должен быть максимально объемным, т. е. он должен в форме единого и непременно измеримого показателя учитывать максимально возможное количество характеристик цели системы и ее составляющих. Системный анализ не создал (и вряд ли сумеет создать) какой-то унифицированной процедуры для решения подобной задачи. Однако его важное достоинство в данном случае состоит в том, что такая задача ставится в явном виде и предлагается осуществление последовательности действий, направленных на ее хотя бы приближенное решение.

Принцип целостности в рамках системного анализа находит наиболее непосредственное выражение в первостепенном значении для этой методологии категории цели. Это обстоятельство подчеркивается обычно во всех руководствах по системному анализу. Сошлемся, например, на определение, даваемое К. Уэст Черчменом: **«Под системным подходом в управлении понимается систематизированный способ мышления, в соответствии с которым процесс обоснования решений базируется на определении общей цели системы и последовательном подчинении достижению этой общей цели деятельности множества подсистем, планов их развития, а также показателей и стандартов работы»**. Такому же подходу отвечают и определения понятия системы, даваемые специалистами по системному анализу. Например, согласно одному из определений, под **системой** понимается **«совокупность элементов, организованных для выполнения некоторого множества предписываемых функций с целью достижения желаемых результатов»**. Нетрудно убедиться, что и здесь во главу угла поставлен целесообразный характер системы, подчинение ее некоторому заранее выработанному замыслу. Мы уже отмечали, что среди специалистов по системному анализу в настоящее время нет единства в формулировании основных категорий, характеризующих эту методологию. В упоминавшейся нами работе Д. Клиланда и У.Кинга к числу категорий системного анализа (называемых аналитическими) отнесены «стратегия», «состояние природы» (т. е. неконтролируемых факторов системы и ее окружения)

и «исходы» (т. е. набор результатов реализации определенных стратегий). Ч. Хитч называет следующие «универсальные логические элементы системного анализа» — по сути дела, те же исходные категории:

- 1) цель или ряд целей;
 - 2) альтернативные средства («системы»), с помощью которых может быть достигнута цель и которые представляют собой множества системных элементов или стратегий;
 - 3) затраты ресурсов на систему;
 - 4) математическая и логическая модель, т. е. система связей между целями, альтернативными средствами, средой и требованиями, накладываемыми на ресурсы;
 - 5) критерий выбора предпочтительных альтернатив.
- С. П. Никаноров, опираясь, в частности, на работы американского специалиста Ст. Оптнера, в качестве основных категорий системного анализа указывает: «вход», «выход» и «процесс». Существуют и иные подходы к формулированию категориального аппарата системного анализа. При ближайшем рассмотрении нетрудно убедиться, что различные варианты этого аппарата достаточно тесно связаны с аппаратом исследования операций и теории игр и решений. Подобная связь легко объясняется тем, что именно эти дисциплины являются, так сказать, основными поставщиками методов и конкретных идей для системного анализа (конечно, наряду с общими принципами системного подхода, о чем мы уже говорили). Вместе с тем системный анализ отнюдь не совпадает с исследованием операций, хотя и заимствует у него математические методы. Эти две дисциплины отличаются прежде всего по масштабу проблем, к решению которых они прилагаются: если, скажем, речь идет о выработке рациональной последовательности читаемых курсов в университете, то для решения этой проблемы вполне достаточно аппарата исследования операций: если же речь идет об оценке эффективности образования, то здесь уже потребуются аппарат и методы системного анализа. Кроме того, системный анализ в отличие от исследования операций связан с ориентацией на длительные отрезки времени, с наличием специальных процедур, направленных на учет фактора неопределенности (неизбежно занимающего важное место во всякой сложной проблеме). Еще одно отличие состоит в том, что в системном анализе большое внимание уделяется организационным факторам. В связи с характеристикой системы категорий, специфических для

методологии системного анализа, важно сделать два общих замечания. Во-первых, надо отметить тот факт, что практика развития системного анализа буквально заставляет специально формулировать и разрабатывать специфический набор категорий, обслуживающий эту методологию. Это обстоятельство отражает не только насущные потребности практики, но и с исключительной силой подчеркивает принципиальную новизну и нетривиальность системного анализа, его действительно новую методологическую ориентацию. При всей кажущейся простоте предлагаемых различными специалистами категорий системного анализа эти категории с большой отчетливостью характеризуют изменение ориентации исследования и, следовательно, направленность этой методологии в конечном счете на изменение стиля научного мышления.

Во-вторых, при заметном различии предложенных наборов категорий системного анализа их отличает одна весьма существенная общая черта: стремление сформулировать эти категории в операционально-эффективной форме. Действительно, такая категория, как, например, «вход», ориентирует на максимально полную и связную характеристику исходных данных для проблемы и вместе с тем на максимально точную характеристику выдвигаемой проблемы, причем весьма важно, что оперирование такого рода категорией делает подобную задачу в принципе разрешимой. Категория «стратегия» (по Клиланду и Кингу) или категория «альтернативные средства» (по Хитчу) концентрируют внимание на тщательном изучении всех возможных альтернатив при принятии решения, причем их эвристическая ценность определяется опять-таки тем, что они с достаточной очевидностью задают вполне определенное направление процедуре анализа. Иными словами, категории системного анализа строятся таким образом, чтобы обеспечивался чисто практический подход к выявлению и фиксации системного характера соответствующей проблемы.

Направленность на максимальную операциональную эффективность находит достаточно яркое выражение в самой структуре системного анализа. Сошлемся, например, на классификацию Б. Радвика, выделяющего в рамках системного анализа два основных подхода— **математику системного анализа и логику системного анализа**. Первый подход имеет место тогда, когда для решения четко поставленной проблемы, связанной с тем, что требуется оптимизировать некоторую количественно выраженную функцию системы (скажем, максимизацию прибыли или число выведенных из строя военных объектов), строится система математических и

логических уравнений, отражающих сложные связи множества переменных и ограничений. **Задача системного анализа при этом состоит в том, чтобы на основе математических или имитационных методов найти количественно определенное решение, указывающее план конструирования или функционирования системы, который был бы наилучшим с точки зрения конкретного критерия оптимальности.** Логика системного анализа включает в себя процедуры, связанные с процессом принятия решений. Здесь на первом плане стоит структуризация проблем—выявление реальных целей системы и альтернативных путей их достижения, анализ внешних условий и ограничений. Столь резко подчеркнутая практическая ориентация системного анализа не должна, однако, укрывать от глаз его глубокое методологическое содержание. Взятый в самом простом и общем виде, системный анализ действительно может быть сведен к рационализации интуиции в деятельности управления, к поискам разумных способов и средств упрощения сложных проблем. И именно в этом заключен секрет его успеха и быстрого роста его популярности. Однако теоретическое и методологическое значение системного анализа выходит далеко за утилитарные рамки; оно определяется тем фактом, что системный анализ представляет собой, пожалуй, наиболее серьезную из осуществленных до сих пор попыток построить и реализовать методологию, специально приспособленную для решения проблем системного характера, проблем, все более часто и остро возникающих в современной науке и практике. Развитие рассмотренных нами видов социального знания является необходимым, заданным логикой общественной жизни. Благодаря этому социальное знание обретает конструктивность, операциональную эффективность. Однако практика современного общества свидетельствует о том, что «сциентификация», рационализация управления сопряжены и с явно отрицательными последствиями. Упомянувшийся нами структурный сдвиг в системе социального знания привел к значительному вытеснению на периферию того вида социального знания, который является наиболее старым, традиционным,— социально-философского знания. Отчасти в этом повинна сама социально-философская мысль, уклоняющаяся в условиях кризиса всей культуры то в сторону сциентистски-восторженного восхваления инструментально-технического социального знания, то, напротив, в сторону его отрицания под предлогом несовместимости с гуманизмом.

Между тем опыт истории философии показывает, что социально-философское знание играет серьезную конструктивную роль в общей системе социального знания, если только оно не скатывается к простой апологетике или к голому нигилизму в отношении наличных данных и методов общественных наук. Иначе говоря, это знание выполняет функцию философско-методологической рефлексии по отношению к социальной практике и теории. Причем такая функция реализуется всегда, поскольку она порождается самой природой познания, его постоянным стремлением к целостности. И если она не реализуется социально-философскими средствами, то их место занимают иные (обычно инструментальные) средства, приводящие к искажению сути дела и в конечном счете — к разрушению этой целостности. В современных условиях рефлексия такого рода особенно необходима. С одной стороны, многообразие объектов социального управления, соответствующих видов деятельности и знания уже поставило с достаточной остротой вопрос о синтезе знаний с позиций материализма, т. е. о социально-философской разработке понятия социального управления во всех его аспектах. С другой стороны, быстрый рост функций социального управления и числа людей, занятых их выполнением, порождает опасность известной фетишизации этой функции, развития представлений о беспредельности и абсолютности управления социальными процессами. Нетрудно понять, что такая фетишизация с легкостью влечет за собой манипуляторские тенденции в управлении, в общем чуждые природе развитого общества. В этой ситуации очень серьезное значение приобретает разработка научной проблемы общих принципов социального управления, его пределов. Иными словами, необходима развитая и обоснованная концепция объекта социального управления и вытекающих из нее требований к деятельности управления. Надо признать, однако, что к настоящему времени материалистические исследования социального управления еще далеко не получили необходимого развития. Между тем они нужны не только в плане общетеоретическом, но и с точки зрения практически-методологической: от успешной разработки их зависит в конечном счете эффективное развитие всей сферы социального знания, обслуживающей социальное управление.

4.2.3. Методы системного исследования в этнографии

В 1975 г. редколлегия журнала «Природа» обратилась к Э. Г. Юдину с

просьбой прокомментировать подготовленную для публикации в журнале статью В. П. Алексеева «Антропогеоценозы—сущность, типология, динамика». В ответ на эту просьбу Э. Г. Юдин написал статью «Системные идеи в этнографии», которая положена в основание этого параграфа. Поскольку рассуждения Э. Г. Юдина о возможности применения методов системного подхода в этнографии тесно связаны с анализом содержания статьи В. П. Алексеева, целесообразно изложить основные тезисы этой статьи. Отталкиваясь в исходном пункте от введенного С. П. Толстовым и конкретизированного М. Г. Левиным и Н. Н. Чебоксаровым понятия «хозяйственно-культурный тип», В. П. Алексеев вводит в этнографию новое понятие— «антропогеоценоз». По М. Г. Левину и Н. Н. Чебоксарову, хозяйственно-культурные типы — это исторически сложившиеся комплексы хозяйства и культуры, типичные для различных по происхождению, но обитающих в сходных географических условиях и находящихся примерно на одинаковом уровне исторического развития народов. Это понятие, несомненно, является плодотворным, однако ныне, считает В. П. Алексеев, уже невозможно им оперировать без вычленения в хозяйственно-культурном типе тех первичных единиц, которые его образуют. В этой связи автор ставит вопрос, что же представляет собой хозяйственно-культурный тип как целое? Есть ли он система (открытая или закрытая), выделяются ли в нем какие-то структурные элементы, организованы ли они по принципу иерархии или, может быть, внутри него вообще не выделяется никаких элементов и он представляет собой бесструктурное целое? Анализируя этот вопрос, В. П. Алексеев приходит к выводу, что хозяйственно-культурный тип не является ни системой, ни бесструктурным, аморфным целым, а представляет собой просто множество, сумму его элементарных единиц, каждая из которых сохраняет значительную автономию от других. В качестве таких элементарных единиц хозяйственно-культурного типа В. П. Алексеев и предлагает рассматривать **антропогеоценозы, которые в первом приближении можно определить как симбиоз — на ранних этапах человеческой истории — хозяйственного коллектива и освоенной им территории (или как сочетание коллектива с эксплуатируемой им территорией).** Антропогеоценозы, согласно такому пониманию,— это реально существующее явление в составе хозяйственно-культурного типа. **Структурными компонентами антропогеоценоза являются: хозяйственный коллектив, его производственная деятельность и эксплуатируемая им географическая среда. Эти компоненты**

объединяются функциональными связями—информационным полем, энергетическими импульсами, пищевыми и производственно-хозяйственными целями. При преобладании роли географической среды возникают антропогеоценозы первой ступени; при преобладании роли направленной человеческой деятельности, преобразующей среду,— антропогеоценозы второй ступени. По мнению В. П. Алексеева, эволюция антропогеоценозов первой ступени часто оканчивается тупиками. Магистральная же линия эволюционной динамики антропогеоценозов состоит в переходе от антропогеоценозов первой ступени к антропогеоценозам второй ступени. Выдвинутая В. П. Алексеевым идея антропогеоценоза системна по своему существу. Непосредственным выражением этого факта служит то, что ее обоснование потребовало оперирования набором системных понятий— прежде всего самим понятием системы, а также и другими, связанными с ним (структуры, связи, функции). Вообще говоря, это чисто внешняя сторона дела, за которой нередко не скрывается ничего, кроме модного словоупотребления. Однако у В. П. Алексеева речь идет не просто о словах. Понятие системы выполняет у него реальную методологическую функцию: оно используется для определения типа исследуемого объекта и установления его пространственно-временных границ. Аналогичным образом на основе понятия связи строится структурная модель антропогеоценоза. Иными словами, системные понятия выполняют здесь функцию конструктивной организации исследуемого объекта, они помогают разработке новой точки зрения на этот объект.

Такова, как мы это отмечали раньше, вообще роль универсальных методологических понятий и схем: они позволяют по-новому увидеть и организовать обычно уже известный материал и благодаря этому наметить пути его новой теоретической интерпретации. В случае системного подхода понятия, составляющие его каркас, ориентируют прежде всего на целостную трактовку объекта изучения, на отказ от узкопредметного его понимания (ограниченного, как правило, рамками какого-то традиционного научного направления и специфическим для него жестким набором основных понятий и методов), а также на выявление типов связей этого объекта. С методологической точки зрения в рассуждении В. П. Алексеева есть один любопытный момент. Обосновывая необходимость перехода к антропогеоценозу как новой единице этнографического исследования, он предварительно рассматривает понятие «хозяйственно-

культурный тип», пытаясь выявить, представляет ли этот тип систему, множество или бесструктурное целое. Надо заметить, что по чисто методологическим соображениям трихотомия эта вызывает серьезные сомнения. Дело в том, что всякая система представляет собой множество (или, во всяком случае, может быть изображена как множество). Например, антропогеоценоз—это множество составляющих его элементов (людей, орудий труда, компонентов природной среды и т. д.). При этом отношения между множеством и системой неоднозначны: на одном множестве может быть построено несколько разных систем, как это нередко делается в биологии и в социальных науках, и наоборот,—одна система может быть представлена в виде нескольких множеств, например множества связей, множества элементов и т. д. Однако и «бесструктурное целое» тоже при известных условиях может быть рассмотрено как множество. Такова, скажем, куча песка - излюбленный пример авторов, пишущих о проблеме целостности. Иначе говоря, «система» и «множество», «бесструктурное целое» и «множество»—понятия, принадлежащие к разным классификационным рядам, и потому они вовсе не исключают друг друга.

Но любопытно здесь, конечно, не это, а нечто совсем иное: несмотря на заметную терминологическую неточность, у В. П. Алексеева понятие системы действительно работает и, следовательно, реальная методология оказывается эффективной, в известном смысле—даже независимо от той конкретной формы, в которой ее выражает сам исследователь. Почему же так получается? Прежде всего потому, что системные понятия выступают здесь не как результат механического, чисто формального приложения универсальной методологической схемы, взятой откуда-то напрокат, к некоему конкретному материалу, а как средство организации нового предметного содержания, т. е. системные понятия оформляют предварительно проделанную содержательную работу. Тут мы подходим к центральному пункту, определяющему различие между модой на системные слова и полезной, конструктивной работой системной методологии.

В науке за любыми словами, за самыми эффективными методами всегда должен стоять определенный предмет исследования. Новые слова и методы либо соответствуют действительно построенному новому предмету, либо дают чисто внешнее—хотя и новое—обрамление уже у известному предметному содержанию. В последнем случае, как показывает опыт, нередко не удастся сохранить даже и это содержание. Так было, например, в недавнем прошлом,

когда в разгар моды на кибернетику многие пытались с помощью понятий информации, управления и обратной связи выразить фундаментальные проблемы психологии, биологии и целого ряда других наук. Таким путем нередко удавалось создать видимость решения проблем, но реально дело, как правило, сводилось, по существу, к чисто словесным упражнениям, ибо новые слова не открывали никакого нового предметного содержания; напротив, они лишь затушевывали подлинную остроту проблем, например, в биологии и психологии. Здесь есть одна тонкость. Она заключается в том, что современная **методология науки располагает значительным числом универсальных понятий и категорий, которые в принципе приложимы к чрезвычайно широкому кругу объектов реальности.** Но «приложимы в принципе»—еще не означает, что всякое их приложение автоматически приводит к **познавательному эффекту.** К сожалению, эта простая истина слишком часто предается забвению. Например, некоторые математики, занимающиеся прикладными проблемами (среди них, в частности, и специалисты по математическим методам системного анализа), частенько сетуют на представителей «неточных» областей знания—биологов, психологов и особенно на гуманитариев: «Мы,—говорят они,—располагаем исключительно мощными методами, настолько мощными, что от вас требуется только правильно сформулировать проблему, а уж решение ее мы вам обеспечим!» Неумение выполнить это требование представляется им убийственным доказательством совершеннейшей неполноценности соответствующих наук. При этом они забывают, что аппарат, которым они кичатся, вырос на особом предметном содержании, очень сильно отличном от тех предметов, с которыми имеют дело третируемые ими исследователи. И еще вопрос, можно ли вообще перестроить эти предметы так, чтобы к ним оказался применим аппарат, построенный в связи с решением совсем других задач. Следовательно, применение универсальных методов, понятий и принципов оправдано и необходимо лишь по-стольку, поскольку оно непосредственно связано с трудоемкой содержательной работой по построению нового, нетривиального предмета исследования и активно способствует успеху этой работы. Именно так обстоит дело случае с антропогеоценозом.

Почему здесь оказались необходимы системные принципы и понятия? На этот вопрос отчасти дает ответ сам термин «антропогеоценоз», точнее, те биологические мотивы, которыми он навеян. В самом деле, зачем и когда биологам понадобилось понятие биогеоценоза? Когда

начал строиться новый предмет изучения — организация биологических систем. Классическое эволюционное учение отвечало на один главный вопрос: действием каких механизмов объясняется многообразие живых существ? Вполне естественно и логично, что в основу этого объяснения был положен методологический принцип: многообразие живых существ было рассмотрено как система биологических видов, возникших в процессе естественной истории. Иначе говоря, полученное в итоге объяснение было моноструктурным, поскольку оно описывало систему только в одном срезе — с точки зрения ее видовой структуры, последовательно развертывающейся во времени. Другим оно и не могло быть—по логике самой исходной задачи. Эта схема сохраняет свое значение и в наше время, когда речь идет о том, чтобы объяснить биологическую эволюцию в принципе: объяснение через происхождение видов оказывается для этого вполне удовлетворительным.

Перенесение центра тяжести с эволюции на организацию создало в теоретической биологии совершенно новую методологическую ситуацию. Пожалуй, наиболее существенным индикатором перемен выступило при этом конструирование новых единиц анализа.

Рассматривая некоторый эволюционный ряд, мы вполне можем удовлетвориться его видовой структурой, ближайшим образом определяемой через систему видовых признаков. В чисто логическом плане это означает, что здесь нам достаточно исправно служит классическая схема родовидовых отношений, т. е. определение предмета через ближайший род и видовое отличие; на эту схему, как известно, опиралась классическая биологическая таксономия. Когда же мы переходим к изучению организации, то прежде всего резко меняется угол зрения на объект. **В нем ищут теперь не филетические связи, запечатлевшие в себе историю видообразования, а связи функциональные, объединяющие во взаимодействии реальные группы особей, которые по происхождению могут быть весьма далекими друг от друга.** Конечно, эти два типа связей не разделены китайской стеной: любая ныне существующая функциональная система — продукт предшествующей эволюции и, в свою очередь, определяет характер эволюции в будущем. Но совершенно очевидно также, что изучение каждого из этих типов связей требует существенно различных подходов и методов. Занявшись организацией, исследователи оказываются вынужденными перейти от глобальной системы, какую представляет собой совокупность биологических видов, рассмотренная в общеэволюционном плане, к системам гораздо более ограниченным во

времени и в пространстве. Это и понятно: вид требует локализации лишь на филетическом древе, тогда как реально функционирующая система немыслима вне конкретного пространства и времени. Изучение таких систем развернулось в биологии по трем основным направлениям (их обозначения предложены К. М. Хайловым): суборганизменные системы, супраорганизменные системы и общие принципы биологической организации, но нас в данном случае интересуют только супраорганизменные системы, изучением которых занимается экология.

На пути выделения таких систем в качестве особого предмета исследования важнейшую роль сыграло понятие популяции: оно дало возможность зафиксировать вид в аспекте его реального, конкретного существования, а не в филогенетическом аспекте, как это было при построении теории эволюции. От понятия популяции перешли к понятию биоценоза как реально взаимодействующей системы особей, а затем — к еще более широкому понятию биогеоценоза (или экосистемы), включающему в себя не только биогенные компоненты конкретной системы, но и абиогенные факторы и условия ее существования.

«Вид — популяция — биоценоз — биогеоценоз» — это не просто взаимосвязанная последовательность понятий, а система ключевых единиц экологического исследования. При этом каждая последующая единица оказывается, так сказать, все более системной. В самом деле, нетрудно убедиться, что **с каждым шагом по этому ряду объект, во-первых, получает все более четкие пространственно-временные очертания и, во-вторых, в нем фиксируются все новые типы устойчивых связей.** Строго говоря, конечно, и филогенетическая картина живой природы (в ее классическом варианте) изображает систему, но эта картина построена из логически однородных единиц-видов, и потому она является моноструктурной, т. е. целое изображается здесь как единственная структура, объединяемая типологически однородной системой связей. В подобной ситуации системность выступает как нечто совершенно самоочевидное и как таковая не требует никаких определений: система объекта непосредственно совпадает с системой знания, проблема связей оказывается равнозначной проблеме построения универсальной таксономии.

Системность же биогеоценоза имеет совсем иную методологическую природу. Прежде всего—это единица, заведомо предполагающая совмещение нескольких различных структур с характерными для каждой из них связями, причем количество структур заранее не

ограничено. Скажем, в морском биогеоценозе поначалу фиксировалась трофодинамическая структура, затем стали говорить о структурах биохимической (хотя последняя в значительной мере совпадает с трофодинамической), сенсорной, а теперь некоторые исследователи ставят вопрос о необходимости выделения этологической структуры, и это предложение не вызывает никаких принципиальных возражений. Проблема только в том, что, во-первых, сейчас еще крайне скудны знания об этологии обитателей океана, и, во-вторых, пока не совсем ясно, каким именно образом можно встроить модель этологических связей в общую модель морской экосистемы. Таким образом, в биогеоценозе мы имеем дело с полиструктурной системой, связи внутри которой принципиально нелинейны; для ее изображения не годятся язык признаков и схема родо-видовых отношений — в дело тут вступают язык элементов и связей и схема функциональных отношений. Поэтому системность здесь не дана изначально, как самоочевидный факт самой реальности. Напротив, ее надо доказать, обосновать, т. е. найти такие критерии, которые позволят аргументированно утверждать, что теоретическая модель адекватно отображает объект—с необходимой нам степенью целостности и с достаточной полнотой. Теперь мы можем вернуться к первобытному обществу. Похоже, что понятие хозяйственно-культурного типа выполняет в этнографии примерно такие же функции, как понятие вида в биологии: оно призвано служить теоретическому объяснению эволюции первобытного человека и выражает основную структурную единицу этой эволюции. Как органическая эволюция представляет собой развитие видов, так и эволюция человека может быть изображена через развитие хозяйственно-культурных типов. Подобно биологическому виду, хозяйственно-культурный тип не связан в своем существовании с жесткими пространственными и, в несколько меньшей степени, временными границами. Понятие хозяйственно-культурного типа достаточно для построения общей схемы эволюционного процесса (как это имеет место и с понятием вида), но оказывается слишком скудным, когда речь заходит об анализе процессов функционирования. Схема эволюции строится обычно линейно: в развивающемся объекте вычленяется компонент, который, с одной стороны, выступает в качестве универсальной структурной единицы, позволяющей построить полную и расчлененную картину объекта, а с другой стороны, благодаря иерархически организованной системе признаков дает возможность последовательно проследить цепь эволюционных изменений всего

объекта. При этом внешние (а в значительной степени и внутренние) условия развития объекта принимаются в расчет не в своей конкретной форме, а лишь типологически—в противном случае мы просто не сможем получить теоретическую картину эволюции (максимум, чего мы достигнем,—это эмпирическое описание какого-то отрезка истории объекта).

В противоположность этому схема процесса функционирования не может быть линейной, по крайней мере если речь идет о функционировании сложной системы: этому препятствует многообразие связей, очевидное как в биогеоценозе, так и в антропогеоценозе. Схема эта усложняется еще и потому, что изображение функционирования невозможно без учета всех существенных компонентов окружения системы, т. е. без анализа ее внешних связей. В экологии это требование формулируется еще сильнее - «окружение» биотических компонентов рассматривается здесь в рамках единой системы, что и отражается в самом понятии биогеоценоза.

Фактически то же самое мы имеем и в понятии антропогеоценоза. В него В. П. Алексеев включает как «человеческий фактор»—хозяйственный коллектив и его производственную деятельность,—так и внешние условия его существования—эксплуатируемую им географическую среду. Заметим- что именно эта, третья составляющая дает принципиально новую единицу анализа, привязывает исследование к определенным пространственно-временным координатам и позволяет перейти от типа как конструкции таксономического порядка к реальным, нелинейным системам. Нелинейность этих систем подчеркивается типологией связей, выделяемых В. П. Алексеевым, причем с методологической точки зрения очень существенно, что **типология эта строится на функциональной основе**. Тем самым в явной форме фиксируется, что новая единица построена в рамках нового предмета исследования—функциональной организации первобытного человеческого коллектива.

Значит ли это, что с переходом к изучению антропогеоценозов снимается проблема развития в первобытном обществе? Никоим образом! Во-первых, среди выводов, делаемых В. П. Алексеевым, есть и такие, которые непосредственно относятся к проблемам развития, даже более того, содержат в себе попытку дать новую трактовку этим проблемам. Во-вторых, если речь идет о развивающемся объекте, то анализ его функционирования в какой-то точке неизбежно приводит к постановке вопроса о переходе механизмов функционирования в

механизмы развития, как, впрочем, и наоборот: изучение эволюции не может быть полным, если оно игнорирует процессы функционирования. Во всяком случае, экология способствовала заметному расширению и углублению представлений об органической эволюции, хотя ее основной предмет—функциональные системы и специфические для них механизмы. Что же касается антропогеоценоза, то тут связь с эволюционной проблематикой, пожалуй, даже сильнее, чем у понятия биогеоценоза. Складывается впечатление, что организация как предмет изучения играет в концепции антропогеоценоза не самостоятельную, а вспомогательную роль: функциональные структуры служат здесь скорее поиску формы, более конкретно описывающей механизмы эволюции, чем выявлению единиц организации как таковых. Возможно, это первое впечатление, но оно усиливается при внимательном методологическом анализе. Необходимо, впрочем, заметить, что сам по себе этот факт не требует оценки в категориях «лучше» или «хуже»: **исследователь вправе строить любой предмет, который он считает адекватным своей задаче.** Аналогия между биогеоценозом и антропогеоценозом не является и не может быть полной. Они существенно различны прежде всего в объектном плане: за тем и другим стоят две разные формы движения материи — биологическая и социальная, принципиально не сводимые друг к другу. Но есть здесь и очень важное различие чисто методологического порядка: **биогеоценоз представляет собой систему, которую составляет множество видов, тогда как антропогеоценоз — моновидовая система** (биогеоценозы, эксплуатируемые человеком и обладающие сложной видовой структурой, в системе антропогеоценоза логически и функционально зависимы от одного вида—человека, который и задает систему). Вопрос здесь, конечно, не в количестве видов, а в типе системы. **В первом случае каждый из компонентов системы логически равноправен и потому система не имеет логического центра в виде какого-то блока; таким центром оказывается совокупность связей. В антропогеоценозе же ясно выделяется центральный компонент — человеческий коллектив; на него замыкаются все связи системы.**

На первый взгляд может показаться, что системы типа антропогеоценоза проще для анализа именно в силу своего моновидового характера. Однако в действительности это не так. Надо иметь в виду, что **в системах подобного рода (функциональных) главный интерес и вместе с тем основную трудность для анализа**

представляют не элементы, а связи системы — внутренние и внешние. Так вот, биогеоценотическая структура прямо-таки ориентирует на поиск прочных, устойчивых связей, а одновременное наличие множества видов как бы подсказывает, что связи эти надо искать прежде всего между видами или, точнее, между популяциями, входящими в систему. В такой ситуации совершенно естественным и даже как бы независимым от исследователя образом возникает, скажем, представление о трофодинамике сообщества, причем эта динамика действительно сообщества, а не одних, например, гетеротрофов второго порядка. Совсем не то в системе типа антропогеоценоза. При заданном центре системы ее структурные компоненты оказываются неочевидными, они должны вводиться достаточно строгим образом. Точно так же требует обоснования каждая вводимая функция, каждая связь. Насколько непроста эта работа, хорошо видно из статьи В. П. Алексеева. Возьмем, например, структурный состав антропогеоценоза. Каковы критерии, позволяющие судить о полноте и достаточности предложенного разбиения системы? Строго говоря, эти критерии не стали предметом специального обсуждения у В. П. Алексеева, но можно заключить, что они сводятся к некоторым интуитивно очевидным общим представлениям о специфике человеческих коллективов. Однако при ближайшем рассмотрении эти представления оказываются не слишком определенными. Во всяком случае, построенная на их основе спецификация системы, т. е. выделение структурных компонентов, функций и связей, несет на себе заметный отпечаток произвольности. В самом деле, почему, например, производственная деятельность попадает в раздел структурных, а не функциональных компонентов? В. П. Алексеев в своем решении исходит, по-видимому, из сложности этого компонента и из того, что он играет в антропогеоценозе самостоятельную роль. Но разве связи или функции обязательно должны быть простыми и несамостоятельными? Вообще, разве в системе элементы имеют какое-то логическое или иное преимущество перед функциями и связями? Неясность в этом вопросе фактически констатирует и сам В. П. Алексеев, когда в другом месте он говорит о производственной деятельности как о наиболее общем примере функциональных связей в антропогеоценозе. Антропогеоценоз — единица исследования, а стало быть, и определенная теоретическая модель объекта; поэтому к ней должны быть предъявлены жесткие методологические требования: ведь от этого непосредственно зависит конструктивная сила модели. И

вопрос здесь не в том, что деятельность коллектива должна быть обязательно отнесена к функциям системы,— вполне возможно, что в данной теоретической модели ее лучше рассматривать в качестве структурного компонента,— а в том, что любое решение должно быть обосновано вполне конкретными методологическими соображениями. Если, скажем, нас интересует динамика антропогеоценоза, то деятельность коллектива лучше, вероятно, рассматривать как функцию; а если мы строим, к примеру, типологию антропогеоценозов, то здесь деятельность окажется, скорее всего, компонентом структуры. Понятие биогеоценоза оказалось очень эффективным в экологии благодаря тому, что им была определена **исследовательская единица**, обладающая весьма **высокой операциональностью**: с ее компонентами можно работать, они допускают измерение и количественную обработку. За счет чего это достигнуто? Прежде всего за счет того, что в этой единице система представлена в логически однородном виде. Иначе говоря, хотя по своему содержанию компоненты единицы очень разнородны, но **они выражены на едином языке (его можно назвать системно-функциональным)**, который в принципе не выходит за рамки предмета экологии, но отнюдь не исключает его применения и в других науках.

Единство языка имеет здесь решающее значение, без него системность остается лишь призраком, витающим над исследованием. В самом деле, какой прок от того, что мы объявим некоторый предмет системой и соединим под одной крышей представления, полученные в разных научных традициях и, главное, выраженные не сопоставимыми между собой концептуальными средствами?

Поэтому-то самые благие системные намерения непременно должны вылиться в построение реальной единицы анализа— единицы, в частности, и в том смысле, что она задает единое, линейное (по форме) описание объекта, который мы сочли необходимым рассматривать как систему. И потому, скажем, морские экологи не спешат включить в имеющиеся у них модели этологические параметры экосистем; они вполне отдают себе отчет в реальной роли этих параметров, но пока не нашли такого способа их включения в модель, который сохранил бы за этой моделью ее логическое и методологическое единство, а вместе с тем и ее операциональность.

Биогеоценоз удовлетворяет всем этим требованиям. А

антропогеоценоз? Это могут решить лишь специалисты-этнографы, поскольку эта единица пока еще не работала и потому не раскрыла своих конструктивных возможностей. Однако в предварительном порядке можно попытаться дать ей, так сказать, методологическую оценку—с точки зрения реализации в ней принципов системного подхода.

По-видимому, вполне операциональны структурные компоненты антропогеоценоза: они вводятся из содержательно-этнографических соображений и каждому из них можно дать конкретную оценку в конкретном антропогеоценозе, хотя, заметим для точности, оценки по разным компонентам пока еще не приводятся к единому показателю, подобному продукции биомассы в биогеоценозе. Несколько сложнее обстоит дело со связями. Они достаточно реальны и в большинстве случаев допускают, вероятно, количественную оценку. Но все же их набор порождает некоторые сомнения. Возьмем, например, проблему полноты этого набора. Как ее можно обосновать? Нетрудно убедиться, что схема рассуждения в данном случае опирается на два основания: одно из них составляют энергетические характеристики—энергетические импульсы и пищевые цепи, а другое—специфически социальные черты антропогеоценоза (информационное поле и производственно-хозяйственные цепи). Природа первого основания понятна: оно привлечено из биогеоценологии, которая до настоящего времени строится по преимуществу вокруг энергетики экосистем. Что же касается второго основания, то оно вроде бы выражает одну группу характеристик, но выражает на разных языках и в разных предметах: «информационное поле» не скрывает своего кибернетического происхождения, тогда как производственно-хозяйственные цепи соответствуют предмету этнографии. А если еще учесть, что энергетика антропосистем выражается в своем особом предмете, то получится, что связи антропогеоценоза «размещаются», как минимум, в трех различных измерениях.

Уже и сам по себе этот факт создает известные методологические неудобства, поскольку информационное поле, например, едва ли можно непосредственно соотнести с пищевыми цепями, если, конечно, не принимать за такое соотношение интуитивно очевидное предположение о том, что с возрастанием информационного поля должна возрастать и плотность пищевых связей,—ведь пока не видно способа, при помощи которого можно было бы подвергнуть это предположение эмпирической проверке. В биогеоценозе энергетика позволяет связать воедино биогенные и абиогенные параметры

системы и ее связей. В антропогеоценозе к этим двум группам параметров добавляются еще и антропогенные, однако энергетика становится частным, а не универсальным показателем системы. При этом универсальный показатель вообще отсутствует (правда, В. П. Алексеев как будто отводит эту роль производительности труда, но это требует особого обсуждения). Еще одна трудность связана с тем, что не все вводимые В. П. Алексеевым типы связей можно признать операциональными. Это прежде всего относится к информационному полю—наиболее, пожалуй, неопределенному из всех предложенных им понятий. Тут слишком много неясного. Во-первых, сами по себе знания вряд ли правомерно толковать как связи в системе: **связи создаются не знаниями как таковыми, а их применением.** Во-вторых, представляется маловероятным, чтобы при анализе конкретных антропогеоценозов можно было оперировать такой общей категорией, как «знание», за которым фактически скрывается вся сфера духовной деятельности; по-видимому, здесь нужен какой-то иной, более определенный параметр. Им может в конечном итоге оказаться и знание, но представленное в соответствии с общим духом всей этой методологической конструкции. Наконец, с категорией **информационного поля** трудно работать при анализе реальных антропосистем, ибо это поле нечем «вспахивать», т. е. измерять его. Все эти сомнения никак не следует истолковывать в том смысле, что сомнительным оказывается само понятие антропогеоценоза. Надо еще раз подчеркнуть, что пока это единица гипотетическая, реально не «поработавшая» в области изучения первобытной истории. Попытки систематического применения нового понятия неизбежно заставят что-то уточнить, что-то сформулировать иначе, от чего-то отказаться. **Антропогеоценоз** интересен уже тем, что служит реальным средством формулирования некоторых проблем этнографии и истории в духе принципов системного подхода. Методологический же анализ этого понятия представляется полезным и важным постольку, поскольку он дает возможность уточнить возможные функции и условия применения этой системной единицы исследования, наметить пути повышения ее конструктивной силы. Что же касается трудностей и неясностей, о которых здесь шла речь, то они объясняются, вероятно, прежде всего тем, что новый предмет изучения—организация антропосистем—пока еще находится в стадии становления. Наверное, именно поэтому и понятие антропогеоценоза заметно тяготеет к установкам на сравнительно-типологический анализ первобытных обществ. В этом смысле антропогеоценоз уже сейчас, по-

видимому, открывает некоторые дополнительные возможности: он явно позволяет расширить и уточнить базу такого анализа. Но его методологические потенции значительно шире этой, в общем-то традиционной задачи. Вот с этой точки зрения он и поучителен для методологического анализа.

Понятно, что методологу было бы интересно вернуться к этому вопросу какое-то время спустя, когда можно будет обсуждать уже выполненные исследования, базирующиеся на этом понятии. Но для этого свое слово сначала должны сказать историки и этнографы.

5. Задачный подход в теории познания

Введение

Важную роль задач в процессе познания признают многие ученые. Однако как объект особого рода они проанализированы недостаточно. Между тем разработка научно обоснованных требований к задачам и их наборам необходима для реализации положений, предусматривающих совершенствование научно-учебных пособий, обеспечение более высокого научного уровня изучения каждого предмета при одновременном устранении перегрузки обучающихся, чрезмерной усложненности изучаемого материала, повышение эффективности занятий и оказание помощи обучающимся в выработке у них самостоятельности мышления. Выполнению этих указаний должно помочь тщательное исследование задач, выяснение их общих свойств и построение их типологии, разработка методов оценки их сложности и трудности, принципов построения наборов задач, в том числе таких, решение которых требует высокой степени творчества.

Особую значимость все эти вопросы приобретают в связи с компьютеризацией обучения, прежде всего с использованием компьютера в качестве средства обучения. Ведь если, скажем, последовательность предъявляемых обучающемуся задач должен сконструировать компьютер (не обладающий в отличие от

преподавателя интуицией), то в основу построения такой последовательности должны быть положены четкие научно обоснованные критерии.

Все вопросы, актуальность которых отмечена выше, в той или иной форме затрагиваются в настоящей работе, а некоторые из них служат предметом детального изучения. При этом, однако, мы сочли целесообразным выйти за рамки традиционного понимания задач, когда последние рассматриваются в качестве специфического (хотя и важного) вида учебных заданий. В работе освещается одно из новых направлений фундаментальных и прикладных исследований в области теории познания – **так называемый задачный подход к исследованию и построению деятельности в области познания, базу которого заложил Балл Г.А.** Основная его идея заключается в том, что всю деятельность субъектов целесообразно описывать и проектировать как систему процессов решения разнообразных задач. Результативность познания в конечном счете определяется тем, какие именно задачи, в какой последовательности и какими способами их. Поэтому излагаемая в работе система качественных и количественных характеристик, описывающих задачи (тракуемые в указанном широком смысле), а также средства и способы их решения, может облегчить построение эффективного процесса обучения (конечно, при условии углубленной проработки этих вопросов в плане соответствующих частных методик).

Охарактеризуем несколько обстоятельнее в историческом и содержательном плане те предпосылки, из которых исходил Балл Г.А. в исследовании, нашедшем отображение в настоящей работе.

Отметим прежде всего, что до последнего времени задачи исследовались, главным образом, в рамках изучения процессов их решения – изучения, осуществляемого наиболее широко в психологии мышления и в методике математики. В настоящей работе упор идет на результаты, полученные в этих областях, а также в иных отраслях психологии, педагогики и в других науках.

Помимо педагогики и психологии исследованием задач интересуются философия, социология, науковедение, нейрофизиология, логика, математика, кибернетика; этот список не является, конечно, исчерпывающим. В то же время при всем разнообразии исследуемых явлений и используемых научных языков объекты, описываемые в качестве задач, обладают достаточно выраженной спецификой.

Эти обстоятельства, а также выявившаяся значимость категории задачи для актуальных междисциплинарных исследований (в том числе связанных с разработкой обучающих систем на базе компьютеров) дали основание ряду авторов выступить в начале 70-х гг. XX в. с предложением о разработке «проблемологии». Этим термином предлагалось обозначить специальную научную дисциплину, исследующую задачи (а также средства, способы и процессы их решения). Ныне в связи с быстрым становлением общей науки о системах (системологии) представляется целесообразным развивать общую теорию задач как ветвь системологии, рассматривая задачи как особый вид систем.

Разработка теории задач создает необходимые предпосылки для эффективного использования задачного подхода к осуществлению исследований и разработок в различных областях. Его сущность (как одной из разновидностей системного подхода) состоит в том, что в каждой рассматриваемой ситуации:

а) выделяются системы, представляющие собой задачи, а также системы, обеспечивающие решение этих задач;

б) указываются качественные и количественные характеристики выделенных задач, а также средства и способы их решения.

Такой подход нашел, в частности, успешное применение в работах, направленных на построение обучающих и решающих систем, использующих диалог человека и компьютера, а также на создание систем обработки данных, рассчитанных в основном на непрофессиональных пользователей вычислительных машин.

Одним из основных источников эмпирического материала и концептуальных средств для разработки общей теории задач и вместе с тем одной из основных сфер, где могут найти применение уже сформированные ее компоненты, является теория общая познания, прежде всего, психологическая наука. Важное значение, которое имеет для нее понятие задачи, широко признано. Это касается не только тех разделов психологии, где процессы решения задач служат традиционным предметом исследования (как, например, психология мышления или психология обучения), но и многих других областей, в том числе инженерной психологии, психофизики, психологии личности. Самым различным изучаемым в психологии процессам – начиная от элементарного двигательного акта и кончая жизненным путем личности – ставятся в соответствие задачи, детерминирующие их протекание.

Заметим, однако, что констатация значимости для психологии понятия задачи нередко сопровождается указанием на его нечеткость и отсутствие в связи с этим приемлемой классификации задач. Термин «задача» (равно как и соответствующие иноязычные термины) употребляется в психологической литературе в самых разных значениях. Чаще всего, в особенности в зарубежной психологии, **задача трактуется как некий внешний фактор, детерминирующий активность субъекта.** Вместе с тем в ходе разработки теории деятельности, прежде всего в трудах психологов М. Я. Басова, С. Л. Рубинштейна, А. Н. Леонтьева, Г. С. Костюка и других, был развит иной подход к характеристике задач, позволяющий учесть с помощью этого понятия не только внешние, но и внутренние источники активности (он воплощается, например, в рассмотрении **задачи как совокупности цели субъекта и условий, в которых она дана.**) Задача оказывается при этом одним из центральных для психологической науки понятий, иначе говоря, одной из категорий психологии.

Как следует из сказанного выше, рассматриваемая категория охватывает задачи, не только внешние по отношению к субъекту, но и внутренние для него (в том числе те, которые приняты им извне, и те, которые сформированы им самим). Наряду с мыслительными задачами рассматриваются перцептивные, мнемические, имажинативные, речевые, двигательные и т. д.; наряду с четкими, хорошо определенными вводятся в рассмотрение также и нечеткие, расплывчатые; наряду со сформулированными в речевой или иной знаковой форме – также и те, которые не получили такой формулировки (а значит, формулируются только исследователем; они обычно описываются в психологической литературе под названием проблемных ситуаций). Разумеется, такая широта охвата объектов полезна лишь при условии должной **четкости используемого понятийного аппарата.** Для ее достижения желательно, на наш взгляд, опереться на **систему понятий общей теории задач.** (Напомним, что при ее построении используются данные как психологии, так и ряда других наук, в том числе в большей степени формализованных.)

Если понятие задачи трактуется достаточно широко, то **деятельность субъекта может быть представлена как система процессов решения задач.** Подчеркнем, что это касается не только нормативных, но и творческих компонентов деятельности: в задачах, фактически решаемых субъектом, находят выражение не только

требования, поставленные перед ним извне, но и устремления его личности.

Выделение решаемых субъектом задач, а также средств и способов их решения, установление качественных и количественных характеристик этих задач помогают исследованию и проектированию деятельности. Расширяются, в частности, возможности выделения ее возрастных, индивидуальных и прочих особенностей, сопоставления задач, фактически решаемых субъектом, с задачами, которые поставлены перед ним или должны решаться им в данной ситуации.

Перейдем к рассмотрению места категории «задача» в теории познания. Именно в области научной практики и теории познания (в особенности в практике и теории математических задач) исследование задач имеет самые давние традиции. Достигнутые при этом результаты служат одним из основных источников идей и понятий общей теории задач. Вместе с тем привлечение данных логики и психологии, так же как и элементов создаваемой общей теории задач, к анализу задач, рассматриваемых в традиционном смысле (в частности, сюжетных математических задач), переводит такой анализ на качественно новый уровень. Благодаря этому удается формировать научно обоснованные понятия о задачах познания.

Отметим и другой аспект рассматриваемой проблемы. Издавна играя в теории познания важную роль, понятие задачи носило все же частный характер, термин «задача» употреблялся в основном для описания определенных форм познаваемого объекта (процесса). Однако в последние десятилетия, главным образом, под влиянием обобщенной трактовки рассматриваемого понятия, развитой в рамках психологии, такая трактовка проникает и в теорию познания, прежде всего в дидактику. В этой связи обращается внимание на то, что **«движущей силой процесса познания является противоречие между выдвигаемыми ходом обучения познавательными и практическими задачами и наличным уровнем знаний, умений и умственного развития обучающихся»**. Подчеркивается важность того, чтобы поставленная познавательная задача оказалась «собственной задачей самих обучающихся», более того – чтобы она «превращалась в цепь внутренне связанных задач, которые вызывают собственное стремление субъектов к познанию нового, неизвестного и к применению этого познанного в жизни». А вот цитата из более новой работы по дидактике: «Руководимый субъектом процесс решения задачи, возникающие в этом процессе отношения, используемые

средства и полученные результаты составляют структурную единицу процесса обучения».

Характеристике задач познания уделяется все большее внимание в различных исследованиях. При этом, однако, используемый концептуальный аппарат остается недостаточно разработанным; соотношения между такими понятиями, как **«учебная задача»**, **«дидактическая задача»**, **«познавательная задача»**, **«проблемная задача»** и т. д., определяются разными авторами по-разному. Это затрудняет сопоставление и обобщение результатов различных исследований, а значит, и их практическое применение. **Будем полагать, что использование средств общей теории задач окажется в этой ситуации актуальным.**

Для того чтобы понятия указанной теории эффективно «работали» в области познания, надо построить достаточно густую понятийную сеть – это даст надежду приблизиться с ее помощью к отражению противоречивой сущности изучаемых процессов и характерных для них непрерывных качественных переходов. (А. В. Брушлинский характеризует такого рода процессы с помощью понятия «недизъюнктивность». **Уплотнение понятийной сети достигается с помощью известного в методологии науки приема – «расщепления понятий (на два или большее их число) в соответствии с различными возможными оттенками смысла».** Мы будем широко пользоваться этим приемом, так же как и другим столь же известным приемом – **обобщением понятий**, – как бы расширяющим «площадь» понятийной сети, что позволяет описать с ее помощью **большой диапазон явлений.**

Изложение строится в соответствии с логикой развертывания системы понятий общей теории задач. Этим понятиям дается психологическая и педагогическая интерпретация. Выдвигаемые положения иллюстрируются и комментируются, главным образом, на примерах из области обучения субъектов, а также на материале педагогических и психологических исследований его проблем. В связи с рассмотрением **качественных и количественных характеристик задач** и анализом средств их решения высказываются соображения о целесообразности использования в познании различных типов задач, о способах оценки научных достижений и умственного развития субъектов и по ряду других дидактических вопросов.

5.1. Исходные понятия теории задач

Мы должны признать, что ни один опытный факт не может быть сформулирован помимо некоторой системы понятий и что всякая кажущаяся дисгармония между опытными фактами может быть устранена только путем надлежащего расширения этой системы понятий.

Нильс Бор

Прежде чем приступить к изложению основного содержания этого раздела, т. е. к характеристике задач, необходимо кратко рассмотреть некоторые общенаучные понятия, которые понадобятся в ходе этого изложения. Речь идет, в частности, о таких понятиях, как «предмет», «система», «структура», «информация», «модель», «знак», «воздействие», «операция». Отнюдь не стремясь к их развернутому анализу и к сопоставлению их различных интерпретаций, существующих в современной науке, мы ограничимся только теми трактовками, которые желательно, на наш взгляд, использовать для построения теории задач.

5.1.1. Предметы и системы

Начнем с весьма широкого понятия *предмета*. Как это принимается обычно в современной логико-философской литературе, мы будем понимать под предметом все то, на что направлена мысль исследователя, «все, что может быть как-то воспринято, названо и т. д.». Предметы, трактуемые в указанном смысле, могут быть не только материальными, но и идеальными, как, например, понятия, суждения, психические образы. Наряду с единичными (*индивидуальными*) предметами рассматриваются *родовые* (например, любой стол, любое уравнение). Иногда также оказывается удобным трактовать отсутствие предмета как особый, частный вид предмета (*пустой предмет*).

В некоторых случаях мы будем пользоваться понятием *объекта*, считая его тогда еще более широким по сравнению с понятием предмета. Всякий предмет можно назвать объектом (и мы будем иногда поступать так из стилистических соображений), но объект является предметом, только если он выделен исследователем, зафиксировавшим те или иные его *свойства*. Некоторые из последних

могут появляться или исчезать, обуславливая переход предмета из одного *состояния* в другие. Так, «человек может перекрасить волосы, оставаясь тем же самым человеком». Доступные непосредственному наблюдению свойства называют *признаками*.

Предметы могут претерпевать *изменения*. Всякое изменение предмета может быть описано либо как смена его состояния, либо как его превращение в иной предмет. Введение в рассмотрение пустых предметов позволяет рассматривать возникновение и исчезновение предметов как частные виды их изменений.

Перейдем теперь от отдельных предметов к их совокупностям. Для такой совокупности часто может быть указано *отношение*, в котором находятся составляющие его предметы. Так, например, для любых трех различных точек на прямой всегда имеет место отношение, состоящее в том, что одна из них находится между двумя другими.

Частным видом отношений являются *связи*. Два или большее число предметов можно считать связанными, если свойства одного (одних) из них зависят от свойств другого (других) из них. Примерами связей в рассматриваемом смысле могут служить жесткие и гибкие механические связи между твердыми телами, а также функциональные и стохастические (вероятностные) зависимости между величинами.

Множество предметов, рассматриваемое исследователем вместе с интересующими его отношениями между этими предметами, принято называть *системой*, а предметы, образующие указанное множество, – *компонентами* этой системы. В частности, можно говорить о системе трех точек на прямой (мы специально выбрали такой, не слишком типичный пример, чтобы подчеркнуть общность понятия системы). Но, скажем, «кусочек сыра, ненависть и марковский процесс, вместе взятые» (пример М. Тода и Э. Х. Шуфорда), вряд ли будут рассматриваться в качестве системы, так как трудно выделить отношения, которые имели бы место между названными предметами и при этом представляли интерес для исследователя.

В некоторых случаях удобно рассматривать в качестве частных видов систем определенных типов такие «вырожденные» случаи, когда в системе имеется всего один компонент. Так, например, в социологии и демографии иногда говорят о «семьях», состоящих из одного человека, сопоставляя их с настоящими семьями.

Разумеется, всякую систему можно трактовать как некоторый единый предмет, в котором выделены те или иные компоненты, связанные между собой некоторыми отношениями. Как и любые предметы, системы могут быть индивидуальными и родовыми.

Часто оказывается полезным рассматривать иерархию систем, в которой система каждого нижележащего уровня (*подсистема*) выступает в качестве компонента системы более высокого уровня.

Нас будут интересовать следующие типы свойств системы.

1. *Структурные* свойства. Они характеризуют: а) отдельные компоненты системы, рассматриваемые каждый как единое целое; б) отношения между компонентами системы; в) отношения между отдельными компонентами и системой в целом (например, обязательность наличия в системе одних компонентов и необязательность других).

2. *Функциональные* свойства. Они характеризуют систему как единое целое, в том числе с точки зрения ее способности находиться в определенных отношениях с существующими вне ее предметами. К функциональным относятся, в частности, свойства, характеризующие *функционализирование* системы. Последнее понятие охватывает происходящие с ней как с единым целым изменения, а также воздействия, оказываемые ею на находящиеся вне ее предметы.

3. *Субстратные* свойства. Это свойства, характеризующие отдельные компоненты системы, помимо тех свойств, которые вошли в группу «а» структурных свойств рассматриваемой системы.

Так, для молекулы некоторого вещества, рассматриваемой в качестве системы, химические элементы, входящие в ее состав, их атомные веса, их валентности (потенциально возможные и фактически проявляющиеся в данном случае), количество атомов каждого элемента, их расположение и характер связей между ними относятся к числу структурных свойств; устойчивость молекулы, ее способность к вступлению различные реакции – к числу функциональных свойств; строение атомов, из которых состоит молекула, виды и свойства элементарных частиц, входящих в состав этих атомов, – к числу субстратных свойств.

Структура системы может быть определена как совокупность ее относительно устойчивых структурных свойств. К примеру, структурная формула вещества изображает структуру его молекулы, а социограмма – структуру малой социальной группы.

Высокой степенью сходства структур обладают *изоморфные* системы, т. е. такие, между структурными свойствами которых существует взаимно-однозначное соответствие. Пример можно привести тот же: молекула вещества и его структурная формула (если она, конечно, верна) изоморфны.

Подчеркнем, что структура присуща не вообще любому предмету, а только системе, т. е. предмету, определенным образом

разбитому на компоненты. Поэтому свойства структуры существенным образом зависят от способа такого разбиения. Так, например, «даже небольшая рана меняет структуру организма на клеточном уровне, но не изменяет его структуру на органном уровне».

Наиболее общую количественную характеристику структуры некоторой системы принято называть *уровнем сложности* этой системы. Этот уровень тем больше, чем больше компонентов входит в состав системы и чем больше количество и разнообразие свойств этих компонентов и существующих между ними отношений.

5.1.2. Модели. Информация

К числу систем, обладающих специфическими функциональными свойствами, принадлежат *модели*. Система *B* является **моделью системы *A*** для активной системы *Q* (человека-индивида, коллектива, животного, робота и т. п.), если основанием для ее использования этой активной системой служит ее **структурное сходство с моделируемой системой *A***.

Так, например, структурное сходство топографической карты и определенного участка местности позволяет человеку с помощью карты ориентироваться на этом участке. **Это дает право считать карту его моделью.**

Совокупность структурных свойств модели *B*, которые соответствуют (или предполагаются соответствующими; точнее всего будет сказать: используются системой *Q* как соответствующие) структурным свойствам системы *A*, составляет *информацию*, которую модель *B* несет о моделируемой системе *A* для активной системы *Q*.

Если в роли системы *Q*, использующей модель, выступает исследователь, который с целью познания системы *A* изучает ее модель *B*, то мы приходим к понятию модели как средства научного исследования. Именно в этом качестве модели чаще всего рассматриваются в литературе по методологии науки.

Вместе с тем в науках, изучающих **функционирование активных систем**, – кибернетике, психологии, педагогике, физиологии, лингвистике и ряде других – модели выступают и как предметы исследования. Специфического рода модели служат предметами исследования в математике. Как подчеркивает академик С. Л. Соболев, рассматривая вопросы математического образования, «практическая направленность курса математики в наше время означает прежде всего то, что **учащихся надо познакомить с соотношениями между явлениями реального или проектируемого**

мира и его теоретическими моделями... Курс начальной математики выполнит свою задачу, если удастся объяснить, что абстрактная математическая модель, в которой отброшено все несущественное, позволяет глубже понять суть вещей».

При целенаправленном создании моделей обычно стремятся к тому, чтобы **они были изоморфны моделируемым системам** (под **изоморфизмом** будем понимать **взаимно-однозначное соответствие** между структурными свойствами сопоставляемых систем, а под **гомоморфизмом** будем понимать понятие, которое охватывает случаи **однаправленного соответствия** между структурными свойствами сопоставляемых систем). Однако в общее определение модели мы не ввели ссылку на изоморфизм. Это противоречило бы опыту плодотворного применения в гуманитарных науках широко трактуемой категории модели (отнюдь не опирающейся на понятие об изоморфизме).

В качестве иллюстрации приведем следующее высказывание Ю. М. Лотмана: «Язык художественного произведения – совсем не «форма», если вкладывать в это понятие представление о чем-то внешнем по отношению к несущему информационную нагрузку содержанию. Язык художественного текста в своей сущности является определенной художественной моделью мира и в этом смысле всей своей структурой принадлежит «содержанию» – несет информацию».

Модель может быть как вторична по отношению к моделируемой системе (для обозначения которой, в этом случае используются также термины «прототип» и «оригинал»), так и первична по отношению к ней. К примеру, чертеж можно считать моделью изображенного на нем изделия для работающего с этим чертежом человека и тогда, когда чертеж выполнен по готовому изделию, и тогда, когда изделие изготавливается по чертежу. В качестве моделей, первичных по отношению к моделируемым системам, выступают проекты, предписания, прогнозы и т. п.

Подчеркнем, что отношение «быть моделью» связывает три предмета, а именно системы *A*, *B* и *Q*. Поэтому, говоря о модели или о несомой ею информации, необходимо так или иначе фиксировать систему *Q*, использующую модель.

Это может быть, в частности, родовая система, подчиняющаяся той или иной норме, установленной для систем этого рода. Информацию, которую несет та или иная модель для системы такого типа, будем называть *нормативной*. Так, например, можно говорить о нормативной информации, которую несет топографическая карта об изображенном на ней участке местности, – это информация, которую

она несет (должна нести) для всякого человека, умеющего читать карту и знакомого с принятой при ее построении системой обозначений.

Пусть система B есть модель системы A для активной системы Q . Пусть система A состоит из подсистем $A_1, A_2, \dots, A_n$, а система B – из подсистем $B_1, B_2, \dots, B_n$, причем каждая подсистема B_i , ($i = 1, 2, \dots, n$) есть модель (для системы Q) соответствующей подсистемы A_i . При этом информация, которую система B несет о подсистеме A_i системы A , вообще говоря, не исчерпывается той информацией, которую несет об этой подсистеме соответствующая ей подсистема B_i системы B . Эту последнюю информацию можно назвать *прямой*, а остающуюся часть информации, которую система B несет о подсистеме A_i системы A , – *косвенной* информацией о подсистеме A_i . Приведем пример. Изображение или описание какого-либо персонажа из произведения живописи или литературы несет об этом персонаже прямую информацию для зрителя или читателя, а другие компоненты произведения, так или иначе связанные с этим изображением или описанием, – косвенную информацию об упомянутом персонаже.

Информация, которую модель B несет о моделируемой системе A для активной системы Q , может быть охарактеризована:

- а) своим объемом;
- б) степенью *адекватности*, т. е. тем, в какой мере структурные свойства модели, используемые в качестве соответствующих структурным свойствам моделируемой системы, действительно им соответствуют (в описываемой системе понятий не учитывается наличие или отсутствие в модели B «ложной информации» о системе A ;
- в) степенью *полноты*, которая при прочих равных условиях тем больше, чем больше объем и адекватность рассматриваемой информации, и тем меньше, чем сложнее моделируемая система A .

Во многих случаях исследователь в силах оценить адекватность или полноту информации, несомой моделью B о системе A , лишь условно – по отношению не к самой моделируемой системе A , а к ее эталонной модели a_0 , которая несет о ней информацию, принимаемую исследователем за вполне адекватную или достаточно полную.

Приведем пример. Частным видом полноты информации можно считать так называемую информативность вторичного документа, выражающую «степень (меру) адекватного воспроизведения в нем основных элементов содержательной и формальной структуры первичного документа» (первичным документом служит, например, статья, а вторичным – ее реферат). С нашей точки зрения, эта

характеристика представляет собой безусловную полноту информации, которую вторичный документ несет о первичном документе для воспринимающей вторичный документ активной системы (человека или автомата). Одновременно информативность вторичного документа можно трактовать как условную полноту информации, которую этот документ несет для той же активной системы о предмете, описываемом в первичном документе, эталонной моделью, несущей достаточно полную информацию, служит при этом первичный документ.

Модели целесообразно подразделять на материальные, материализованные и идеальные.

Материальные модели отличаются тем, что их субстратные свойства существенно влияют на их функционирование. Характерными примерами здесь могут служить действующие модели машин или, скажем, животные, используемые в медицинских экспериментах в качестве моделей человека.

Материализованные модели также обладают субстратными свойствами, однако их функционирование мало зависит от природного бытия их субстрата.

П. Я. Гальперин говорил о «формировании действия, выполняемого физически, с материальными объектами или их изображениями и письменными обозначениями (материализованными объектами)». Здесь вполне подошел бы термин «материализованная модель».

Наконец, *идеальные* модели вообще не обладают субстратными свойствами, поскольку в них осуществлено абстрагирование от субстрата (материальной формы). Можно рассматривать идеальные модели (в том числе образные и понятийные), существующие в психике отдельных индивидов, и те модели, которые присутствуют в общественном сознании.

Всякой идеальной модели соответствует несущая ее материальная или материализованная модель, например психической модели – некоторая система нервных процессов, понятийной модели, существующей в науке, – некоторая система текстов.

Здесь уместно охарактеризовать понятие знания. **Всякое знание есть идеальная модель (для некоторой активной системы, например социума или индивида), состоящая не менее чем из двух компонентов, каждый из которых также представляет собой идеальную модель.**

Простейшей формой знания является, как известно, суждение. Понятия, играющие роль субъекта и предиката суждения, выступают в

качестве компонентов-моделей, упомянутых в приведенном определении.

5.1.3. Знаки и знаковые модели

С понятием модели находится в связи понятие *знака*. Знаком системы A для активной системы Q является всякий такой предмет Z , воздействие которого на систему Q с достаточно высокой вероятностью обеспечивает формирование в составе системы Q ее подсистемы E , представляющей собой модель системы A для системы Q , или же активизацию такой подсистемы, ее привлечение к использованию (если она была сформирована ранее). Так, например, **под воздействием слова, обозначающего какую-либо вещь, в сознании человека возникает ее образ.**

Система A в приведенном определении – это то, что принято называть *денотатом* или *предметным значением* знака Z . Что касается *смысла*, или *смыслового значения*, данного знака, то его можно отождествить с информацией, которую несет модель E о системе A для системы Q (согласно А. Черчу, «грубо говоря, смысл – это то, что бывает усвоено, когда понято имя»; «будем, к примеру, говорить, что «сэр Вальтер Скотт» и «автор Вэверлея» имеют один и тот же денотат, но различный смысл»). Знак, вообще говоря, не совпадает со своим денотатом или какой-либо его моделью, хотя в частных случаях такое совпадение имеет место.

Смысл одного и того же знака для разных активных систем (в частности, для разных субъектов) может быть различен. Вместе с тем для очень многих знаков можно указать нормативную информацию, которую должны нести модели, привлекаемые к использованию или формируемые под воздействием этих знаков. Эта информация представляет собой *нормативный смысл* знака. Так, например, можно говорить о нормативных смыслах слов того или иного языка. Смысл, которым обладает некоторый знак для конкретной активной системы (например, смысл слова для конкретного человека – носителя языка), может в большей или меньшей степени приближаться к нормативному смыслу этого знака. **Системы, все компоненты которой служат знаками, называют *знаковыми системами*. К их числу принадлежат, в частности, естественные и искусственные языки, а также математические и логические исчисления. Пример более простой знаковой системы – система дорожных знаков.**

Частным видом знаковой системы является *знаковая модель*. Знаковую модель B системы A для системы Q , если рассматривать ее

как единое целое, обычно можно считать также своеобразным знаком моделируемой ею системы A для системы Q . Смысл этого знака (смысл знаковой модели) представляет собой информацию о системе A , которую несет не сама модель B , а модель E , формируемая или привлекаемая к использованию системой Q под воздействием модели.

Подобно тому как было сказано выше о нормативном смысле знака, можно говорить и о нормативном смысле знаковой модели. Смысл знаковой модели (в частности, нормативный) зависит как от смыслов составляющих ее знаков, так и от способов соединения последних.

Приведем простейший пример. В то время как слово естественного языка служит (в общем случае) лишь знаком обозначаемого им предмета, но не его моделью, составленное из слов предложение выступает уже в качестве знаковой модели описываемой в нем ситуации: в структуре этой ситуации (рассматриваемой в качестве системы) предполагается сходство со структурой предложения. (Весьма распространен, скажем, случай, когда сказуемому соответствует некоторое действие, подлежащему – его субъект, прямому дополнению – его объект.) **Знаковыми моделями являются также математические выражения, химические формулы и т. п.**

В качестве знаковой модели может быть рассмотрен любой текст. Как пишет А. А. Брудный, общий смысл текста «есть то, что бывает (или должно быть) усвоено, когда понят текст». Вариант «должно быть усвоено» естественно трактовать как относящийся к нормативному смыслу текста.

В соответствии со сказанным выше смысл текста (будь то для конкретного реципиента Q или нормативный), как правило, не охватывает всех компонентов несомой этим текстом информации (соответственно – для реципиента Q или нормативной), но вместе с тем может содержать дополнительные компоненты, которые реципиент под воздействием указанного текста (благодаря, например, содержащимся в нем намекам, его «подтексту») привлекает из своей памяти или заново формирует.

Знаковые модели чаще всего выступают в качестве материализованных, хотя они могут быть также материальными (если их субстратные свойства существенны) и идеальными (как, например, присутствующий в сознании человека слуховой образ предложения естественного языка или зрительный образ математического выражения).

5.1.4. Воздействия и операции

Воздействие предмета *B* на предмет *A* – это **событие**, состоящее в том, что предмет *B* (возможно, совместно с предметами *C*, *D* и др.) вызывает или предотвращает некоторое изменение предмета *A*. Предмет *B* (так же, как предмет *C*, предмет *D* и т. д.) является здесь *воздействующим предметом* (*воздействующей системой* – если исследователь выделяет в нем те или иные компоненты), а предмет *A* – *объектом воздействия*.

Воздействие предмета *B* на предмет *A* может быть как *непосредственным*, так и *опосредованным*. В последнем случае существует (и учитывается исследователем), по меньшей мере, один такой предмет *C*, что *B* воздействует на *C*, а *C* воздействует на *A*.

К. Маркс обращал внимание на существенную роль, которую играют в человеческой деятельности, прежде всего трудовой, опосредованные воздействия на преобразуемые предметы. Он отмечал, что «предмет, которым человек овладевает непосредственно, – мы не говорим о собирании готовых жизненных средств, например плодов, когда средствами труда служат только органы тела рабочего, – есть не предмет труда, а средство труда».

Описывая непосредственные воздействия некоторой системы на те или иные предметы, часто имеет смысл уделять специальное внимание тому, какие именно компоненты или свойства этой системы обеспечивают осуществление воздействий. Иначе говоря, полезно выделять способности воздействующей системы к осуществлению непосредственных воздействий определенных типов. Эти способности мы называем *операторами*, а воздействующую систему, в которой они выделены, – *оперирующей системой*. Воспользовавшись для обозначения вводимого понятия термином «оператор», мы ориентируемся на один из важных аспектов его значения в кибернетике и информатике. Сходное понятие оператора привлекалось и для построения моделей решения задач.

Для оперирующей системы каждого типа можно указать характеризующий ее набор операторов. Как говорится в одном из руководств по программированию для вычислительных машин, «операторы «смешать», «помешать», «охладить» и «взбивать» характерны для процессов приготовления пищи, в то время как операторы «присвоить значение», «извлечь квадратный корень» и «повторять следующие вычисления» пока характерны для вычислительных процессов». Умения и навыки субъекта могут быть описаны как системы операторов, которыми он владеет (в частных случаях – как единичные операторы).

Функционирование оператора состоит в том, что он применяется оперирующей системой к тому или иному предмету, т. е. эта система осуществляет при помощи этого оператора свое непосредственное воздействие на указанный предмет. Предмет, к которому применяется оператор, называют *операндом*. Будем говорить, что операнд *K* *релевантен* для оператора χ , если применение χ к *K* может привести к тому или иному изменению предмета *K* или какого-либо иного предмета. Например, для оператора, состоящего в способности поставить операнд в повелительном наклонении, релевантными операндами являются только глаголы.

В трудовом обучении, как отмечает Л. В. Беспалько, «необходим выбор такой совокупности объектов труда, чтобы действия с ними обеспечивали наиболее полное отражение в осваиваемых трудовых умениях всего разнообразия возможных элементов» (речь идет об элементарных движениях). С нашей точки зрения, этот пример иллюстрирует необходимость обеспечения набора операндов, релевантных для операторов, которые должны быть сформированы.

Событие, состоящее в применении оператора к релевантному для него операнду, естественно назвать операцией.

Операции описываются, например, следующими предложениями: «Ударить кием по бильярдному шару»; «Возвести число 2 в квадрат». В этих предложениях выделенные курсивом слова описывают операторы, а прочие слова описывают операнды.

При выделении операндов и операторов в описаниях операций часто допустим определенный произвол. Например, в описании операции «Подчеркнуть окончание в существительном *кукла*» слова «окончание в существительном» в зависимости от того, что удобнее, могут быть отнесены либо к описанию оператора, либо к описанию операнда.

Часто рассматривают операции, состоящие в применении некоторого оператора одновременно к нескольким предметам, например: «Сложить числа *a*, *b* и *c*». Здесь в принципе можно было бы говорить о нескольких операндах. Мы, однако, предпочитаем рассматривать такого рода совокупность предметов как единый составной операнд.

Вспомним приведенное ранее положение о том, что предметы могут быть индивидуальными и родовыми. Это положение относится, в частности, и к операндам. Операцию, состоящую в применении некоторого оператора к индивидуальному операнду, можно назвать *индивидуальной*, а состоящую в его применении к родовому операнду –

родовой. Родовыми операциями являются, например, «открытие окна», «затачивание карандаша», а индивидуальными – «открытие этого окна», «затачивание того карандаша».

В предельном случае родовая операция представляет собой применение соответствующего оператора к любому релевантному для него операнду. Таковы, например, так называемые общемыслительные операции анализа, синтеза, сравнения и т. д. Вместе с тем, указывал С. Л. Рубинштейн, «анализ и синтез как операции выступают всегда в той или иной частной, специальной форме проявления, обусловливаемой определенным предметным содержанием».

Не следует смешивать понятия «операция» и «воздействие». Операция, как было сказано выше, – это применение некоторого оператора к тому или иному операнду, а воздействие – это вызывание (или предотвращение) некоторого изменения. Одно и то же воздействие (точнее – воздействие, обеспечивающее одно и то же изменение) может осуществляться посредством различных операций (или систем операций). Так, воздействие, приводящее к превращению числа 2 в число 8, может быть осуществлено посредством таких операций, как: а) прибавление к числу 2 числа 6; б) умножение числа 2 на число 4; в) возведение числа 2 в куб.

Вместе с тем посредством одной и той же операции может осуществляться ряд воздействий (например, посредством ударом по шару этот и другой шары загоняются в лузу; кроме того, шары нагреваются, издается звук и т. п.). Заметим, однако, что исследователь всегда ограничивается рассмотрением для каждой операции одного или нескольких воздействий, представляющих интерес с его точки зрения. Различение операций и воздействий весьма существенно для характеристики человеческой деятельности и организации управления ею. Важное направление совершенствования методов хозяйствования состоит в том, чтобы обеспечить «тесную увязку интересов трудовых коллективов с конечными результатами работы» и «усилить зависимость оплаты труда каждого работника от его личного вклада в конечные результаты». Это связано с тем, что общество заинтересовано в осуществлении трудовыми коллективами (и отдельными работниками) определенных социально значимых воздействий. Что же касается выбора операций, посредством которых следует обеспечить эти воздействия, то здесь должен быть открыт широкий простор для инициативы работников и коллективов, чему мешает мелочная регламентация их деятельности.

Аналогичные коллизии имеют место и в педагогической сфере. Один из «парадоксов воспитания» Я. С. Турбовской справедливо усматривает в «довольно распространенном явлении, когда воспитание как бы сводится к самому процессу, к... проведенным мероприятиям, затраченным усилиям, а вся эта деятельность напрямую в нашем сознании не связывается с тем, что в конце концов получится». Иными словами, педагоги интересуются не реальными воздействиями на личность воспитуемого, а осуществляемыми воспитательными операциями, как бы забывая о том, что последние нужны только как средство для достижения требуемых воздействий.

Рассмотрим теперь соотношение понятий «операнд» и «объект воздействия» и дополним в связи с этим характеристику непосредственных и опосредованных воздействий.

В случае непосредственного воздействия оперирующей системы на некоторый предмет операнд совпадает с объектом воздействия; в случае же опосредованного воздействия такого совпадения нет.

Возьмем простейший пример: «Пассажир нажал кнопку – кабина лифта опустилась на первый этаж». Здесь операнд (кнопка) не совпадает с интересующим нас объектом воздействия (кабиной). Оператор обозначен здесь словом «нажал» и состоит в способности (умении) пассажира нажимать на что-либо.

Одно из важных отношений между воздействиями и обеспечивающими их операциями может быть раскрыто с помощью понятий об эффективных и квазиэффективных операциях. *Эффективной* мы называем операцию, обеспечивающую совершенно определенное воздействие на некоторый предмет (т. е. вызывающую или предотвращающую совершенно определенное изменение этого предмета). Термин «*квазиэффективная* операция» мы относим к операциям, обеспечивающим такое воздействие с вероятностью, достаточно близкой к единице.

Об эффективности или квазиэффективности операций имеет смысл говорить только по отношению к определенной оперирующей системе, осуществляющей эту операцию. Эффективные операции характерны для идеализированных оперирующих систем, рассматриваемых в различных теоретических построениях. Нередко также, описывая функционирование реальных оперирующих систем (например, компьютеров), можно пренебречь их отличием от идеализированных оперирующих систем, осуществляющих только эффективные операции (например, от абстрактных цифровых автоматов). В этом смысле говорят об «абстракции безошибочности». Важно, однако, что при характеристике таких реальных систем в

других отношениях (например, при оценке надежности компьютеров) подобная абстракция неправомерна.

При переходе от описаний функционирования технических систем к описаниям человеческой деятельности сфера применимости абстракции безошибочности сужается. В связи с этим именно здесь оказывается весьма полезным понятие квазиэффективной операции (квазиэффективные операции описываются иногда под названием «элементарные»).

Отличие квазиэффективной операции от эффективной состоит не только в том, что первая обеспечивает определенное воздействие не всегда, но лишь как правило (с достаточно высокой вероятностью). Из этого очевидного различия вытекает другое: **операция, являющаяся частным видом эффективной операции, всегда также эффективна; операция же, являющаяся частным видом квазиэффективной операции, может не оказаться квазиэффективной.**

Пусть, например, для некоторого человека операция написания наречия с приставкой *по-* квазиэффективна в том смысле, что не менее чем в 98% случаев он пишет такое наречие правильно. Из этого, однако, вовсе не следует, что с вероятностью, не меньшей 0,98 (или с любой иной фиксированной вероятностью), он правильно напишет наречие «по-прежнему» (как известно, раньше это слово было исключением и писалось слитно).

Вообще, из того, что предмет (операнд) B является частным видом предмета (операнда) A , еще не следует, что субъект будет воспринимать предмет B именно в этом качестве и применять к нему соответствующие операторы. В школьной практике, как известно, весьма часты ситуации, когда наличие у предметов несущественных признаков, не встречавшихся в прежнем опыте ученика (например, такое расположение прямоугольного треугольника, когда он «лежит» на гипотенузе, а прямой угол находится сверху), приводит к ошибкам в опознавании таких предметов. Использование приемов варьирования несущественных признаков и в особенности реализация в обучении принципов теоретического обобщения снижают вероятность возникновения таких ситуаций.

В дальнейшем нам понадобится еще понятие об *эталонной операции*. Пусть операторы и операнды квазиэффективной операции a и эффективной операции a_0 соответственно совпадают. Пусть, кроме того, операция a с вероятностью, достаточно близкой к единице, обеспечивает то же воздействие (или те же воздействия), которое (которые) обязательно обеспечивает операция a_0 . **В этом случае будем**

называть эффективную операцию a_0 *эталонной операцией* для квазиэффективной операции a .

5.1.5. Процедуры. Алгоритмы и квазиалгоритмы

Процедуру можно определить как систему последовательно осуществляемых операций, обладающую следующим свойством: после любой операции, входящей в ее состав, либо больше не выполняется никаких операций, либо выполняется некоторая определенная операция, либо имеет место *разветвление* процедуры, т. е. выполняется одна из некоторого конечного набора операций.

То, какая именно операция осуществляется при разветвлении вслед за данной операцией, может однозначно определяться тем, выполняются ли некоторые четкие условия, содержащие ссылки на тот или иной признак (признаки) какого-либо предмета (предметов). Разветвления, обладающие этим свойством, мы называем *однозначно детерминированными*, а все прочие разветвления – *неоднозначно детерминированными*.

Одиночную операцию можно рассматривать как частный («вырожденный») вид процедуры (вспомним сказанное ранее о «вырожденных» системах, состоящих из одного компонента). Введем еще понятия об алгоритмических и квазиалгоритмических процедурах.

Мы называем процедуру алгоритмической, если она состоит из эффективных операций и не содержит неоднозначно детерминированных разветвлений. К алгоритмическим приближаются по своим свойствам квазиалгоритмические процедуры. Они состоят из квазиэффективных операций или из эффективных и квазиэффективных. Квазиалгоритмическая процедура, вообще говоря, может содержать неоднозначно детерминированные разветвления, но то, какая именно операция осуществляется при таком разветвлении вслед за данной операцией, с достаточно высокой вероятностью определяется тем, выполняются ли условия того типа, который был описан выше при характеристике однозначно детерминированных разветвлений.

При выяснении того, является ли некоторая процедура алгоритмической (или квазиалгоритмической), обязательно надо учитывать, какая система осуществляет или должна осуществлять ее. Ведь вполне возможен случай, когда некоторая операция эффективна (или квазиэффективна), если выполняется системой Q , и не обладает этим свойством, если выполняется системой R .

Процедуры, описываемые как фактически осуществленные, обычно не содержат разветвлений. Обычно, но не обязательно. Так, например, следователь может считать доказанным фактом, что преступник уехал из города либо поездом, либо автобусом, но не иметь достаточной информации для вынесения суждения о том, какая из этих возможностей была реализована.

Разветвления характерны для процедур, описываемых как некоторые закономерности, а также для предписываемых процедур. При этом чаще всего используются разветвления по двум направлениям, хотя находят применение, в том числе в педагогических целях, и разветвления по большему числу направлений.

Предписание о выполнении алгоритмической (или квазиалгоритмической) процедуры – при условии, что хотя бы одна из входящих в нее операций является родовой, – это *алгоритм* (или соответственно *квазиалгоритм*). Понятие квазиалгоритма используется Г. Н. Александровым. Квазиалгоритмы, предназначенные для применения в обучении, описывались также под названием учебных алгоритмов и предписаний алгоритмического типа

Если учитывать ограниченную надежность осуществления тех или иных операций, предусмотренных программой для компьютера, то ее нужно считать не алгоритмом в собственном смысле слова, а квазиалгоритмом. Вместе с тем главной сферой применения понятия «квазиалгоритм» являются предписания, реализуемые людьми. Как пишет Ст. Лем, «алгоритм математика-теоретика никогда не может «подвести»: тот, кто однажды разработал алгоритм математического доказательства, может быть уверен, что это доказательство никогда не «подведет». Прикладной алгоритм, которым пользуется инженер, может и подвести, потому что в нем «все предусмотрено заранее» только внешне».

Пусть всякой операции a_0 , предписываемой алгоритмом A_0 (напомним, что операция a_0 обязательно эффективна), соответствует в квазиалгоритме A операция a , такая, что

а) операторы и операнды операций a и a_0 соответственно совпадают;

б) операция a также эффективна или же она квазиэффективна, но при этом операция a_0 является для нее эталонной.

В таком случае мы называем алгоритм A_0 *эталонным алгоритмом* для квазиалгоритма A .

Поскольку решение вопроса об эффективности (равно как и о квазиэффективности) любой операции зависит от свойств осуществляющей ее оперирующей системы, такая же зависимость

имеет место при решении вопроса о том, является ли некоторое рассматриваемое предписание алгоритмом (равно как и о том, является ли оно квазиалгоритмом).

Примерами квазиалгоритмов (для лиц, в достаточной мере знакомых с соответствующим математическим материалом) могут служить так называемые обучающие алгоритмы, разработанные С. И. Шапиро. Приведем фрагмент одного из них.

«1. Взять произвольное сколь угодно малое положительное число ($\varepsilon > 0$).

2. Составить разность между общим членом последовательности и предполагаемым пределом ($a_n - a$).

3. По возможности упростить разность.

4. Взять абсолютное значение разности ($|a_n - a|$).

5. Допустить, что $|a_n - a|$ меньше ε .

6. Если можно, решить полученное неравенство относительно n .

7. В противном случае «усилить» неравенство, чтобы оно стало разрешимым относительно n ...».

Чтобы убедиться в том, что это предписание нельзя считать алгоритмом (в принятом нами смысле), достаточно обратить внимание на возможность (хоть и мало вероятную для указанного контингента лиц) ошибочного выполнения операций 3, 6 и 7.

5.2. Задачи и действия по их решению

Настоящий раздел посвящается характеристике общего понятия задачи и ряда других центральных понятий теории задач.

Прежде чем перейти к систематическому изложению материала, коснемся некоторых терминологических вопросов.

Наряду с термином «задача» в психологии, педагогике и других областях науки широко употребляются термины «проблема» и «проблемная ситуация». Однако соотношение обозначаемых ими понятий определяется по-своему едва ли не каждым автором. Весьма велики различия и в трактовке смысла каждого из этих терминов.

По-разному определяется также соотношение между понятиями задачи и задания. В то время как дидакты и методисты обычно рассматривают задачу как специфический вид задания, психологи, напротив, склонны считать задание частным видом задачи (согласно Е. И. Машбицу, это такая задача, где цель задается как требование к субъекту, например «выучить то-то»).

Наконец, во многих контекстах термин «задача» употребляется как синоним термина «цель».

Положение усложняется еще и вследствие отнюдь не полного совпадения смысла терминов, принятых в разных языках. Такое несовпадение неизбежно хотя бы потому, что в русском языке существуют три простых термина («задание», «задача», «проблема») для обозначения того же круга объектов, которому в большинстве европейских языков соответствуют по два простых термина («task» и «problem» – в английском, «tache» и «probleme» – во французском, «Aufgabe» и «Problem» – в немецком и т. п.). Естественно, что разные переводчики по-разному переводят идентичные термины оригинальных работ, что усиливает терминологическую путаницу.

Приведенный ниже материал настоящей работы посвящен исследованию задач. Однако, вводя в рассмотрение различные их типы, а также рассматривая «задачные ситуации» и знаковые модели задач, мы постараемся учесть ряд важных аспектов содержания, вкладываемого разными авторами не только в термин «задача», но и в другие, перечисленные выше.

Исследовав понятие задачи, мы сможем в настоящем разделе дополнить данную ранее характеристику понятий, описывающих функционирование активных систем. Говоря конкретнее, мы сможем – в дополнение к рассмотренным ранее понятиям «воздействие» и «операция» – рассмотреть понятие целенаправленного действия, тесно связанное с понятием задачи.

5.2.1. Задача как система особого рода

Из множества возможных в принципе состояний различных предметов выделим их *требуемые* состояния. Тот факт, что некоторые состояния являются требуемыми, может обуславливаться потребностями и желаниями субъекта, социальными нормами, указаниями лиц, обладающих властью или авторитетом, и т. п.

Состояние, в котором находится предмет и из которого может или должен быть осуществлен его переход в требуемое состояние, естественно назвать *исходным* состоянием этого предмета.

Приведем простейшие примеры. Груз находится на станции А (исходное состояние), а должен быть доставлен на станцию Б (требуемое состояние). Числовое значение некоторой величины неизвестно (исходное состояние), а должно быть найдено (требуемое состояние). Знания ученика по определенной теме поверхностны

(исходное состояние), а должны быть значительно глубже (требуемое состояние). **Всякий предмет (будь то материальный, как упомянутый выше груз, или идеальный, как знания ученика), для которого могут быть указаны не совпадающие друг с другом исходное и требуемое состояния, будем называть предметом задачи.** Рассмотрим следующий «контрпример». Пусть некоторое твердое тело (например, деталь какого-либо механизма), занимающее в данный момент определенное положение в пространстве, должно в течение указанного времени (например, в течение всего цикла работы этого механизма) удерживаться в этом положении. Казалось бы, исходное и требуемое состояния этого тела совпадают, и, следовательно, его нельзя считать предметом задачи. Но такой вывод основывается на неполной характеристике исходного и требуемого состояний рассматриваемого тела. В действительности его исходное состояние характеризуется не только тем, что оно в данный момент занимает определенное пространственное положение, но также и тем, что сохранение этого положения в течение определенного предстоящего периода времени не обеспечено. В отличие от этого требуемое состояние рассматриваемого тела характеризуется тем, что такое сохранение обеспечено. Таким образом, требуемое состояние указанного тела отличается от исходного, так что это тело вполне может рассматриваться как предмет задачи.

Конечно, об удержании некоторого состояния предмета имеет смысл говорить не только тогда, когда требуется сохранение пространственного положения тела. В работе В. Лукашевского подробно рассмотрены особенности двух типов активности человека. В первом случае она «носит охранный характер (удержание или восстановление предыдущего состояния)», а во втором – «инновационный характер – человек стремится изменить существующее положение вещей». Задачи, разумеется, решаются в обоих случаях.

Теперь дадим общее определение задачи.

Задача, в самом общем виде – это система, обязательными компонентами которой являются:
а) предмет задачи, находящийся в исходном состоянии (или, как мы будем часто говорить в дальнейшем, исходный предмет задачи);
б) модель требуемого состояния предмета задачи (эту модель мы отождествляем с требованием задачи).
Для обозначения задачи, рассматриваемой в качестве такого рода

системы (см. схему на рис. 1), будем иногда пользоваться термином «заданная система».

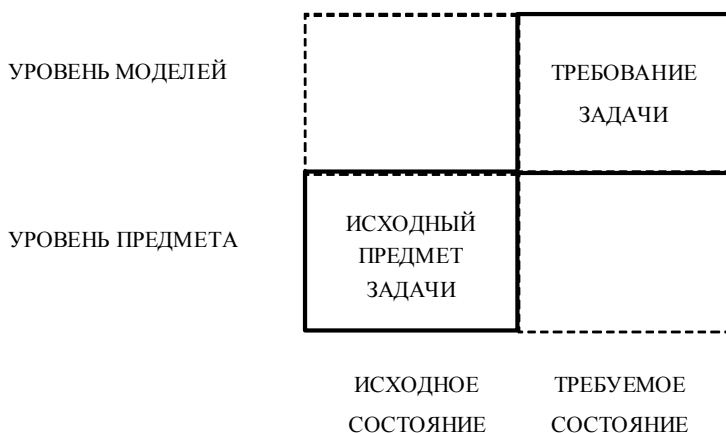


Рис. 1

Обратим внимание на то, что в данном выше определении указаны обязательные компоненты задачи (задачной системы), а значит, отнюдь не исключается наличие в ее составе и иных компонентов.

Введенное понятие задачи является весьма широким. Оно в равной мере пригодно для задач, рассматриваемых в разных отраслях психологии, а также в педагогике, социологии, нейрофизиологии, кибернетике. **Вместе с тем оно четко указывает специфику систем, представляющих собой задачи.**

Как известно, в психологии распространена трактовка задачи как совокупности цели субъекта и условий, в которых она должна быть достигнута. Эту трактовку (в системе психологической науки весьма широкую) можно рассматривать как одну из интерпретаций описанного выше общего понятия задачи. В самом деле, описывая предмет задачи, исследователь вправе включить в него все, что он считает существенным из «условий, в которых дана цель». Часть таких условий может быть включена в состав требования задачи (например, ограничения по стоимости в задачах принятия решений в народном хозяйстве. Что касается самой цели, то уже в трудах Н. А. Бернштейна была обоснована ее трактовка как «модели потребного будущего».

Задачу, рассматриваемую в качестве системы, следует отличать от *задачной ситуации* — некоторой совокупности объектов,

допускающей системное представление в виде задачи, но еще не получившей такого представления. Задачная ситуация имеет место, в частности, когда «стремление к какой-то цели встречает преграду, препятствие и возникает потребность преодолеть это препятствие, чтобы тем самым осуществить намеченную цель». (Мы процитировали Л. М. Фридмана, который пользуется термином «проблемная ситуация».)

От задачи мы считаем необходимым отличать также ее знаковую модель. Частным видом последней является словесное описание задачи, которое мы будем называть также *формулировкой задачи* или *задачной формулировкой* (формулировку задачи часто называют также *условием задачи*). Не менее часто, однако, последний термин употребляется для обозначения некоторой части задачной системы или формулировки задачи, причем вопрос о том, какой именно ее части, решается по-разному разными авторами – достаточно сравнить высказывания на этот счет, принадлежащие Д. Пойа, А. В. Брушлинскому, И. Я. Лернеру.

Приведем простейший пример заданной формулировки:

«Сундук весом 60 кг находится на первом этаже. Требуется поднять его на пятый этаж».

Обратим внимание на следующее. В задаче как таковой (задачной системе – см. рис. 1) исходное и требуемое состояния предмета задачи представлены принципиально различным образом: первое – как реально существующее, второе – как модель. В отличие от этого в формулировке задачи оба состояния представлены посредством моделей (словесных описаний).

Введем еще понятие *псевдозадачной формулировки*. Так будем называть текст, который внешне напоминает формулировку задачи, но в действительности не является ею, поскольку не описывает никакой задачной системы. Приведем пример псевдозадачной формулировки (он заимствован у Л. М. Фридмана):

«Даны числа $\sqrt{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{0}{0}$, $\frac{0}{1}$, $\lg 5$, -5 . Какие из этих чисел

рациональные?». Здесь элемент $\frac{0}{0}$ не существует (как число), а значит, приведенная формулировка внутренне противоречива и, стало быть, нет оснований ставить ей в соответствие какую-либо задачную систему. (Нашим терминам «задачная формулировка» и «псевдозадачная формулировка» соответствуют термины Л. М.

Фридмана: «правильная (правильно поставленная) задача» и «неправильная (неправильно поставленная) задача»).

Одной задаче могут соответствовать различные знаковые модели. Так, например, тексты «Требуется решить уравнение $x^2 - x + 1 = 0$ » и «Найдите корни уравнения $y^2 - y + 1 = 0$ » имеют тождественный нормативный смысл (как принято говорить, они *синонимичны*), и их можно рассматривать как модели одной и той же задачи.

5.2.2. Решение задачи. Решатель. Средства решения задач

Под *решением задачи* мы понимаем воздействие на предмет задачи, обуславливающее ее переход из исходного состояния в требуемое. Решенная задача, т. е. задача, предмет которой приведен в требуемое состояние, перестает быть задачей. Воздействующую систему, которая обеспечивает решение задачи, в кибернетике называют *решателем*; мы также будем пользоваться этим термином. В качестве решателей выступают животные, люди, коллективы людей, технические устройства, человеко-машинные системы и т. п. В настоящей работе нас интересует почти исключительно решение задач человеком-индивидом (в особенности осуществляемое в ходе учения и обучения).

Решатель может быть охарактеризован совокупностью *средств решения задачи*, находящихся в его распоряжении. К ним относятся операторы, которыми располагает решатель, а также привлекаемые им операнды, дополнительные к тем, которые имеются в предмете задачи¹. (Ср. у Т. Гергея и Е. И. Машбица: «В процессе решения задачи человек... использует не только те объекты, которые даны в задаче, но и другие: идеальные – знания и реальные – орудия труда, машины, устройства и т. д. Эти идеальные и реальные объекты, которые не входят в задачу, но привлекаются для ее решения, выступают как средства решения задачи»). Средства решения подразделяются на *внутренние* (входящие в состав решателя) и *внешние* (не входящие в его состав, но используемые им).

В рамках различных теоретических дисциплин оказывается полезным исследование *идеализированных решателей*, которые вводятся в рассмотрение как системы четко охарактеризованных средств решения задач. Для идеализированных решателей характерно, как правило, выполнение эффективных операций.

Задачи могут исследоваться как с учетом характеристик решателей, так и в абстракции от них. В дальнейшем задачу (задачную систему), рассматриваемую безотносительно к какому бы то ни было решателю, будем обозначать одной прописной латинской буквой (чаще всего *M*). Если же эта задача рассматривается по отношению к некоторому решателю (скажем, *Q* или *R*), то обозначение задачи будем снабжать соответствующим индексом: m_q , m_r и т. п.. При этом будем говорить, что задача *отнесена* к решателю *Q* (или к решателю *R* и т. п.), и употреблять термин «отнесенная задача». Задачу же, рассматриваемую в абстракции от решателя, будем называть *неотнесенной*.

Следует учесть, что при рассмотрении отнюдь не любых задач возможно абстрагирование от характеристик решателей. Оно невозможно, в частности, если предмет задачи совпадает с решателем (как, например, в задачах самовоспитания), является его подсистемой (скажем, когда коллектив воспитывает своего члена) или, напротив, содержит его в своем составе. Последний вариант имеет место, например, когда спортсмен решает задачу, требование которой состоит в том, чтобы добиться победы своей команды над командой-соперником; предмет задачи охватывает в этом случае обе команды.

Если задачи рассматриваются по отношению к определенному решателю (или решателю определенного типа), то при воссоздании задачных систем по их знаковым моделям следует учитывать не нормативный смысл последних, а их смысл для этого решателя. Нужно учитывать также, что по ходу решения этот смысл может изменяться.

Как пишут Д. Озбел и Ф. Робинсон, рассматривая решение задач учащимися, формулировка задачи первоначально является «лишь потенциально осмысленной. Если учащийся обладает релевантными фоновыми знаниями ... он сможет соотнести образующее задачу высказывание (*problem-setting proposition*) со своей когнитивной структурой и понять благодаря этому характер стоящей перед ним задачи (*problem*). Учащийся, обладающий опытом в данной области, будет способен непосредственно воспринять смысл данного суждения; неопытный учащийся должен будет пройти через более развернутый процесс идентификации смысла отдельных понятий и установления на этой основе смысла суждения в целом».

Ранее упоминалось о синонимичных знаковых моделях задач. Внесем теперь уточнение в трактовку этого вопроса. Из того, что две знаковые модели задач имеют один и тот же нормативный смысл, вовсе не следует, что они обязательно будут обладать одинаковым смыслом для воспринимающего их субъекта. Так, в экспериментах Н.

С. Мансурова сопоставлялись синонимичные с точки зрения математики знаковые модели задач: « $1+2+3+4+5+6=?$ » и « $1+2+...+5+6=?$ ». Выяснилось, что задача, представленная во втором виде (в отличие от представленной в первом), «решается преимущественно не путем подсчета, а как прогрессия. Следовательно, изменение внешнего вида задачи привело при восприятии к «включению» иных связей, чем в первом варианте наглядного оформления, в результате чего происходило иное ее осмысление и решение».

Напомним тексты, которые были приведены ранее в качестве примеров синонимичных формулировок: «Требуется решить уравнение $x^2 - x + 1 = 0$ » и «Найдите корни уравнения $y^2 - y + 1 = 0$ ». Теперь уточняем: эти тексты обладают одинаковым смыслом для человека, знающего элементарную алгебру. Но они вполне могут нести разный смысл для того, кто еще только изучает ее.

5.2.3. Способы и процессы решения задач

Способом решения задачи t_q уместно считать всякую процедуру, которая при ее осуществлении решателем Q может обеспечить решение этой задачи. Таким образом, нельзя говорить о способе решения задачи, не учитывая характеристик решателя (индивидуального или родового, реального или идеализированного).

Способ решения задачи, представляющий собой алгоритмическую или квазиалгоритмическую процедуру, будем называть соответственно *алгоритмическим* или *квазиалгоритмическим способом решения*.

Способ решения задачи как таковой нужно отличать от его модели, имеющейся в решателе и относящейся к числу средств решения задач. Такой модели может быть поставлена в соответствие некоторая система операторов. Говоря, что решатель обладает (владеет) моделью способа решения задачи, мы имеем здесь в виду, что такая модель хранится в памяти решателя и при этом функционирует таким образом, что предусматриваемый ею способ решения может быть осуществлен. (Последнее отнюдь не самоочевидно. Так, например, ученик может знать правило, но не уметь применить его.)

Психологически владение моделями способов решения задач может выражаться различным образом. В частности, содержание такой модели может осознаваться, а может и не осознаваться человеком.

Среди способов решения задач выделяются *нормативные (эталонные)*. Такие способы (в их соотношении с реально используемыми) анализировались А. Н. Соколовым, Г. П. Щедровицким и другими исследователями. Нормативные способы решения задач не зависят от свойств отдельных индивидов, но при установлении норм следует учитывать возможности контингента индивидов, которые должны решать задачи данного класса.

Нередко для одной и той же задачи может быть указано несколько нормативных способов. Так, Е. А. Шишкин приводит семь способов решения одной химической задачи с использованием разных математических приемов, а в какой-то степени и разных химических понятий. Как резонно замечает автор, знание важнейших способов решения необходимо учителю, в частности, «для того, чтобы быть справедливым к тем учащимся, которые решают... задачу правильно, но не так, как объяснял учитель. При этом важно всегда отметить наиболее рациональный путь решения».

Прокомментируем теперь положение (высказываемое, в частности, Е. П. Иваничиной в связи с характеристикой процессов решения геометрических задач) о необходимости различать понятие «способ решения задачи» (как в данном случае математическое) и психологическое понятие «способ мышления». **С нашей точки зрения, «способ мышления» также может рассматриваться как способ решения задачи. Но конечно, способы решения задачи, обсуждаемые в математическом и в психологическом исследованиях, – это разные вещи.**

Прежде всего, задачи, о которых идет речь (вполне возможно, при идентичных формулировках), отнесены к решателям разного типа. В первом случае рассматриваемая задача отнесена к идеализированному решателю, охватывающему, скажем, средства евклидовой геометрии или какого-либо ее раздела, а также некоторые средства логики и, возможно, арифметики, алгебры и других дисциплин. Во втором случае решателем, к которому отнесена задача, является человек, в большей или меньшей степени владеющий перечисленными средствами. Различен и состав операций, из которых строятся обсуждаемые в математическом и психологическом исследованиях способы решения задачи. Конечно, если человек овладел или должен овладеть средствами решения задач, предоставляемыми, например, некоторым разделом евклидовой геометрии, то в способ решения задачи, отнесенной к этому человеку, могут входить геометрические операции (вообще – операции, соответствующие операторам, имеющимся в рассматриваемом

идеализированном решателе). Но характер таких операций при этом изменяется. В частности, эффективным операциям, реализуемым идеализированным решателем, соответствуют (в лучшем случае) квазиэффективные операции, реализуемые человеком. Вместе с тем в состав способа решения задачи, отнесенной к человеку, входят также операции, обеспечивающие ориентировку в ситуации (анализ предмета задачи), планирование последующих операций и т. п.

С понятием способа решения тесно связано понятие *процесса решения задачи*. Часто **процесс решения задачи может быть описан как реализация некоторого способа решения**. В общем случае **процесс решения задачи m_q можно определить как фрагмент функционирования решателя Q , осуществляемый им при решении задачи M или с целью ее решения**. При описании процесса решения задачи **учитываются не только осуществляемые решателем операции сами по себе (как это имеет место при описании способа решения)**, но также временные и энергетические затраты на их осуществление, равно как и другие явления, сопровождающие оперирование или представляющие собой его свойства.

Общее понятие процесса решения задачи приобретает специфическую конкретизацию в рамках разработанной С. Л. Рубинштейном и А. В. Брушлинским концепции психического как процесса. В этой концепции принимается, что «каждая следующая стадия процесса вырастает из предыдущей, являющейся ее внутренним условием, и поэтому все стадии неразрывно (недизъюнктивно) связаны между собой генетически». При этом особо подчеркивается, что процессуальный аспект мыслительной (да и любой иной) деятельности субъекта не сводится к операционному.

5.2.4. Отношения между задачами. Информация, относящаяся к решению задачи

В специфическом отношении к задаче m_q находится *задача* (неотнесенная или отнесенная) *нахождения способа ее решения*. Это понятие требует некоторых комментариев.

Во-первых, вовсе не обязательно, чтобы задача нахождения способа решения для задачи m_q решалась системой Q . Так, например, человек составляет программу, в соответствии с которой компьютер осуществляет решение задачи.

Во-вторых, нахождение способа решения задачи (если решатель не владеет им заранее) играет настолько важную роль, что понятия

«решение задачи» и «нахождение способа решения задачи» часто отождествляются. Так, в переводе книги М. Доналдсон читаем: «Решение проблемы – любой проблемы – заключается в раскрытии способа, с помощью которого можно привести существующее положение дел в желательное, пока еще не имеющее места состояние». При всей распространенности и внешней привлекательности такого подхода, казалось бы, фиксирующего внимание на существе дела, мы не считаем возможным взять этот подход на вооружение, поскольку, смешивая принципиально разные вещи, он затруднил бы углубленное раскрытие интересующих нас вопросов.

Укажем еще одно важное отношение между задачами.

Отнесенную задачу n_q называют *подзадачей* отнесенной задачи m_q , если способ решения задачи n_q входит в способ решения задачи m_q (является его подсистемой).

Приведем пример из книги Д. Пойа: «При вычислении объема усеченной пирамиды нам пришлось находить объем полной пирамиды, затем еще одной полной пирамиды, затем длину отрезка».

Здесь задачи по нахождению объема первой полной пирамиды, по нахождению объема второй полной пирамиды и по нахождению длины отрезка выступают в качестве подзадач основной задачи по нахождению объема усеченной пирамиды.

Теперь, используя понятия, введенные ранее, а также выше в настоящем параграфе, мы можем уточнить характеристику задачной системы. **Помимо исходного предмета задачи и ее требования в состав задачи (задачной системы) может входить одна или большее число моделей, несущих информацию, которую мы будем называть информацией, относящейся к решению задачи.** Это может быть, в частности, информация об изменениях предмета задачи, посредством которых осуществляется его переход из исходного состояния в требуемое, о подзадачах данной задачи, о средствах и о способе ее решения. При этом, например, средства решения задачи могут указываться как рекомендуемые или как обязательные или, напротив, их использование может запрещаться. Часто накладываются также ограничения на допустимую продолжительность решения. В формулировке задачи (или в инструкции, относящейся к целой группе задач) информация, о которой мы ведем здесь речь, выражается обычно с помощью отдельных предложений, представляющих собой указания по решению задачи. Например: «Решить уравнение $x^3 + x^2 - 6x = 0$. (Целесообразно прежде всего разложить левую часть на множители)». Вместе с тем не всегда информация, относящаяся к решению задачи, четко выделена в ее формулировке. И если, скажем,

указывается, что в формулировке научной проблемы «содержатся предварительные подходы к ее решению», то информация о таких подходах, быть может, формально неотделяемая от описания предмета задачи и ее требования – тоже информация, относящаяся к решению задачи. Вспомним примеры знаковых моделей задач, приведенные ранее: « $1+2+3+4+5+6=?$ » и « $1+2+ \dots +5+6=?$ ». Отнесенные к решателю-человеку задачи, выраженные с помощью этих моделей, отличаются именно имплицитно представленной в них информацией, относящейся к решению задачи.

5.2.5. Целенаправленные действия. Соотношение действий и задач

Термин «действие» употребляется в разных смыслах. Часто его применяют для обозначения событий, описываемых в этой работе под названием воздействий и операций. В отличие от этого **мы будем пользоваться им только по отношению к действиям, являющимся в том или ином смысле целенаправленными.**

Пусть в некоторой активной системе Q существуют или формируются, во-первых, модель актуального состояния (здесь предпочтительнее использовать термин «актуальное состояние» (а не «исходное», как приведенный ранее), поскольку рассматриваемое состояние изменяется в процессе действия некоторого предмета A (мы называем ее *отображающей*) и, во-вторых, модель его требуемого состояния, иначе говоря, требование некоторой задачи, предметом которой служит A (последнюю модель мы называем *целевой*). Пусть, далее, система Q оказывает на предмет A воздействие W . **Мы называем его действием (а систему Q – *действующей системой* и предмет A – *объектом действия*), если это воздействие обладает указанными ниже особенностями.**

Первая из них состоит в том, что **целевая модель** (точнее, **рассогласование между нею и отображающей моделью**) участвует в причинной детерминации действия. В связи с этим отметим необходимость разграничения двух следующих понятий. Одно из них описывает целевую модель как таковую, иначе говоря, как требование некоторой задачи. Такая модель может входить в состав активной системы, но не обязательно участвует в детерминации тех или иных осуществляемых ею действий. В отличие от этого второе понятие, являющееся видовым по отношению к первому, охватывает только те целевые модели, которые в такой детерминации участвуют. Состояние, информацию о котором несет модель этого рода, не только является требуемым (должным), но действующая система настроена на его

достижение именно посредством данного действия (что предполагает, помимо прочего, соответствующее энергетическое обеспечение).

Воспользовавшись термином, широко используемым в психологии, можно выразить последнюю мысль и так: **целевая модель как детерминанта действия обладает побудительной функцией.** Последняя находит выражение как в инициации действия, так и в поддержании его протекания, вплоть до достижения требуемого результата (к анализу этого эффекта привлекается понятие целевой установки). **Осознаваемые цели**, имеющие побудительную функцию, описываются под названием *намерений*. Рассматриваемый вопрос имеет прямое отношение к педагогической деятельности. Много ли стоит модель «сделать ребенка счастливым», если она не воплощается в конкретных намерениях и действиях? Итак, мы обсудили первую отличительную особенность действия, касающуюся, как мы видели, его детерминации. Перейдем теперь ко второй особенности. **Она касается способа действия, т. е. процедуры его осуществления.** Способ действия (если он описывается как некоторая закономерность, а не как конкретный факт (в последнем случае мы говорим о реализации способа действия)) можно представить с помощью блок-схемы, изображенной на рис. 2; эта схема составлена на основе обобщения многочисленных схем действий, приводимых в психологической, нейрофизиологической, кибернетической литературе.

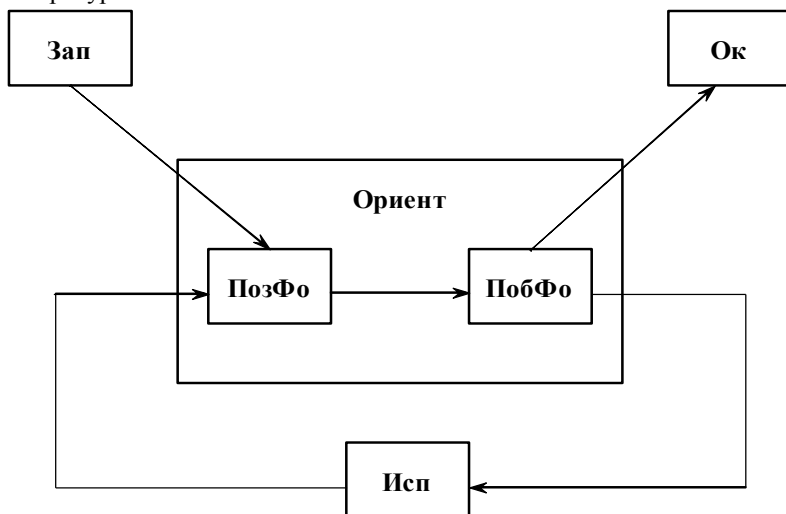


Рис. 2

Линии со стрелками идут на рис. 2 от компонентов способа действия, которые осуществляются раньше, к компонентам, которые осуществляются (или могут осуществляться) позже.

Расшифруем обозначения, использованные на схеме.

Зап («запуск») – это событие, которое, не входя в рассматриваемую систему операций (способ действия), служит причиной того, что это действие начинается. Запускающим событием может быть, в частности, операция, осуществленная как системой *Q*, так и какой-либо другой активной системой (Н. А. Бернштейн проводил классификацию действий в зависимости от роли, которую играет в их детерминации внешний пусковой сигнал. Эта роль максимальна в случае рефлекса и минимальна в случае произвольного действия).

ПозФо («познавательная фаза ориентировки») – процедура, основная функция которой заключается в формировании *сигнала рассогласования*, т. е. модели, несущей информацию о различии между актуальным и требуемым состояниями предмета *A* или об отсутствии такого различия. Познавательная фаза ориентировки может выполнять и такие функции, как формирование или изменение в том или ином отношении отображающей и целевой моделей предмета *A*, а также формирование моделей, несущих информацию о возможных путях преодоления рассогласования между актуальным и требуемым состояниями этого предмета.

ПобФо («побудительная фаза ориентировки») – операция или процедура, основная функция которой состоит в настройке действующей системы на осуществление тех или иных последующих операций (сознательно осуществляемый действующим субъектом выбор из заранее известных ему альтернатив является специфическим частным случаем).

Разумеется, *ПобФо* не принадлежала бы к ориентировке не обладая она также и познавательной функцией. Точными (но менее удобными) были бы термины: «чисто познавательная фаза ориентировки» вместо *ПозФо* и «познавательно-побудительная фаза ориентировки» вместо *ПобФо*. *ПозФо* и *ПобФо* примерно соответствуют введенным Т. Гергеем и Е. И. Машбицем понятиям «собственно ориентировка» и «ориентировка на исполнительную часть способа действия».

Один из возможных результатов операции или процедуры *ПобФо* состоит в прекращении оперирования или переходе к операции *Ок*. В случае реализации какой-либо иной возможности *ПобФо* может

обеспечивать также формирование *плановой модели*, т. е. такой модели операции или процедуры *Исп* (см. ниже), которая первична по отношению к ней и участвует в ее детерминации.

Исп («исполнение») – это операция или процедура, которая обеспечивает или должна обеспечить переход предмета *А* из актуального состояния в требуемое. Здесь может возникнуть недоумение: ведь о способе действия, взятом в целом, также можно сказать, что он обеспечивает (или должен обеспечить) такой переход. Эта трудность преодолевается так: исполнительные операции переводят (или должны переводить) предмет *А* из актуального состояния в требуемое при условии, что действующая система подготовлена к осуществлению такого перевода; операции, предшествующие исполнению в способе действия, обеспечивают соответствующую подготовку.

Ок («окончание») – это операция, обеспечивающая формирование сигнала об окончании действия (она в принципе может и отсутствовать).

Блоки способа действия, выделенные на рис. 2, – это его *функциональные части* (данный термин заимствован у Т. Гергея и Е. И. Машбица; Н. Ф. Талызина) пользуется понятием «функциональные части действия»). Основными функциональными частями способа действия являются, с одной стороны, упомянутое выше *исполнение*, или исполнительная часть способа действия, и, с другой стороны, *ориентировка*, или ориентировочная часть способа действия. На рис. 2 ориентировке соответствует блок, обведенный жирной линией и обозначенный символом *Ориент*.

Помимо ориентировочной и исполнительной частей действия или способа действия упомянутые выше авторы выделяют его контрольную часть. Мы считаем более правильным говорить о контроле как об одной из функций ориентировочной части способа действия. В заключительной реализации ориентировки ее контрольная функция выступает наиболее наглядно ввиду исчерпания или сведения к минимуму прочих функций.

¹ Отсутствие достаточных оснований для выделения в способе любого действия самостоятельной «контрольной части» несколько не противоречит важности формирования специальных «действий контроля и оценки», как и, вообще, тому, что достаточно крупные задачи, решаемые в ходе трудовой и учебной деятельности, включают в себя явно зафиксированное в их формулировках (либо в общей инструкции к группе задач) или же подразумеваемое указание, согласно которому решение задачи считается завершенным лишь при

условии, что субъект убедился в том, что она действительно решена (требуется не только получить результат, но и проверить его правильность).

Структура познавательной и побудительной фаз ориентировки на рис. 2 не раскрыта: эта структура может быть и простой, и весьма сложной. В частности, в случае так называемой активной ориентировки ее познавательная фаза включает в себя систему операций, изоморфную той, которая представлена на рис. 2, взятом в целом, но отличающуюся тем, что входящее в эту систему «исполнение» является не «настоящим», а осуществляется на модели – «в плане образа». Как отмечает П. Я. Гальперин, «только на основе такого примеривания действия в плане образа... возможно его приспособление к единичным одноразовым особенностям условий поведения». Высший уровень активной ориентировки обеспечивается человеческим сознанием, позволяющим «проигрывать на моделях» события, сколь угодно удаленные в пространственном, временном и содержательном отношении от непосредственно воспринимаемых ситуаций. А это позволяет, не ограничиваясь приспособлением к таким ситуациям, овладевать все более широкой действительностью.

Перейдем к рассмотрению *реализаций способа действия*. Каждая такая реализация всегда начинается с ориентировочной части и ею же оканчивается (если не считать операции *Ок*). Функция последней реализации познавательной фазы ориентировки сводится при этом к контролю достижения цели действия. Если исполнительная часть способа действия повторяется n раз, то ориентировочная часть повторяется $n+1$ раз. В предельном случае $n = 0$, т. е. реализация способа действия не содержит исполнительной части: так обстоит дело, если первая же реализация ориентировки приводит к выбору пути, ведущему к операции *Ок*. В этом случае, говоря словами П. Я. Гальперина, «предметное содержание действия же не выполняется, а только «имеется в виду» за пределами того, что фактически делается». Итак, реализация способа действия (нередко – оптимальная в конкретной ситуации) может не содержать исполнительных операций. Это касается, в частности, способов осуществления *поступков*, т. е. таких действий, в которых «ведущее значение имеет сознательное отношение человека к другим людям... и нормам общественной морали». Мы процитировали С. Л. Рубинштейна, отметившего также, что «в некоторых случаях воздержание от участия в каком-нибудь действии само может быть поступком с значительным резонансом, если оно выявляет позицию, отношение человека к окружающему».

Введенное выше понятие **действующей системы**, а также понятия об **отображающих, целевых и плановых моделях** требуют некоторых комментариев. Диапазон объектов, к которым применимо понятие действующей системы, весьма широк. В качестве такой системы может рассматриваться и отдельный человек (в действии-поступке действующей системой служит личность) или животное, и коллектив людей, и организация (производственная, политическая и т. п.), и самые различные биологические, технические и человеко-машинные системы, удовлетворяющие приведенному выше определению действующей системы.

Широкой трактовке понятия действующей системы соответствует столь же широкая трактовка понятий об отображающих, целевых и плановых моделях. Для обозначения их осознаваемых форм безоговорочно применимы термины «образ», «цель» и «план». Вопрос об их применимости к неосознаваемым формам этих моделей вызывает непрекращающиеся споры. С нашей точки зрения, дело не в используемых терминах, а в необходимости учитывать как специфические свойства осознаваемых образов, целей и планов, так и все то, что роднит эти феномены с неосознаваемыми формами соответствующих моделей. Следует помнить также о наличии разных уровнях осознания, равно как и о том, что для **формирования сознания** необходим **определенный уровень развития целенаправленных действий**.

Важными характеристиками действий являются их **результаты**, т. е. те состояния различных материальных и идеальных предметов, в которых они оказались вследствие осуществления этих действий. По отношению к *успешным действиям* (т. е. таким, цели которых достигаются) оказывается полезным различение их *прямых результатов* (тех, достижение которых предусматривается целями действий) и всех прочих – *побочных* – результатов (используются также термины «прямой продукт действия» и «побочный продукт действия»). Это различение важно с психологической точки зрения: результат, предусмотренный в осознаваемой цели действия, с большей вероятностью, чем другие результаты, осознается субъектом, лучше запоминается им и в большей мере влияет на его дальнейшую деятельность.

Выделение функциональных частей в способах действий и различение прямых и побочных результатов действий весьма существенны для исследования и построения процесса обучения. Эффективность и развивающие возможности последнего во многом определяются тем, какие функциональные части способов

формируемых действий служат основными объектами отработки. Точнее говоря, они зависят от того, каким из упомянутых функциональных частей соответствуют в основном цели (а значит, и прямые результаты) действий, осуществляемых в процессе учения. Подавляющее большинство используемых ныне учебных заданий (требующих, например, нахождения ответа на вопрос математической задачи, запоминания тех или иных сведений и т. п.) нацелено на отработку исполнительных частей способов действий. **Важный резерв усовершенствования обучения состоит в увеличении удельного веса заданий, обеспечивающих отработку ориентировочных частей указанных способов.**

Как уже отмечалось, понятие действия (целенаправленного) существенным образом связано с понятиями «задача» и «решение задачи». В самом деле, в детерминации всякого действия участвует **целевая модель, т. е. требование некоторой задачи, решаемой действующей системой.** Мы говорим в таком случае, что указанное действие *направлено на решение этой задачи* (последнее достигается, если действие оказывается успешным).

При характеристике соотношения между действиями и задачами следует учитывать, что в случае сколько-нибудь развитых действующих систем (в том числе, конечно, в человеческой деятельности) те и другие имеют иерархическое строение. **Решение достаточно сложной задачи достигается при этом путем осуществления системы действий, каждое из которых направлено на решение некоторой подзадачи этой задачи.**

Если фрагмент функционирования действующей системы, соответствующий определенной функциональной части способа рассматриваемого действия, сам может быть описан как действие, то в способе этого последнего действия в свою очередь можно выделить функциональные части. Отсюда вытекает важное **следствие: одни и те же фрагменты поведения могут относиться к различным функциональным частям способа действия в зависимости от того, в системе какого действия они рассматриваются.** И поэтому, например, одна и та же операция может входить в исполнительную часть способа действия по нахождению причины неисправности какого-либо прибора и одновременно в ориентировочную часть способа более сложного действия по устранению неисправности, охватывающего первое действие. Выше отмечалась принципиальная важность отработки в процессе обучения ориентировочных частей формируемых способов действий. Учитывая, однако, иерархию

действий, следует вести речь о формировании иерархической многоуровневой структуры ориентировки.

5. 3. Основные типы задач

Приступая к рассмотрению некоторых важнейших типов задач, отметим, что такие типы могут выделяться:

1) на основании учета только структурных свойств задач (задачных систем) – эти типы могут быть установлены уже при рассмотрении задач как неотнесенных, т. е. в абстракции от характеристик решателей;

2) на основании учета наряду со структурными также и функциональных свойств задач – эти типы устанавливаются только для отнесенных задач.

5.3.1. Типы задач, устанавливаемые безотносительно к свойствам решателя

В этом пункте мы рассмотрим типы задач, выделяемые в соответствии с первым из названных только что принципов, или, конкретнее говоря, в соответствии со свойствами предмета задачи, а также отношениями, существующими между этим предметом и требованием задачи.

Прежде всего обратим внимание на то, что исходный предмет задачи, как и предмет вообще, может быть индивидуальным и родовым (любым из некоторого класса индивидуальных предметов). В зависимости от этого имеет смысл различать *индивидуальные* задачи и *родовые*, каждой из которых соответствует некоторый класс индивидуальных задач.

Сопоставим введенные понятия индивидуальной родовой задач с математическими понятиями единичной и массовой проблем. С этой целью обратимся к примеру, приводимому А. А. Марковым. «Можно, например, интересоваться, – пишет он, – единичными проблемами о взаимной простоте каких-нибудь двух заданных натуральных чисел. Каждая из этих проблем формулируется как вопрос: «Являются ли данные натуральные числа M и N взаимно-простыми?» Массовая проблема, соответствующая классу этих единичных проблем, будет состоять в разыскании единого общего конструктивного метода, позволяющего узнавать для любых двух данных натуральных чисел M и N являются ли они взаимно-простыми».

Очевидно, что «единичная проблема», по А. Маркову, вполне подходит под наше понятие индивидуальная задача». Но «массовая проблема», по А. А. Маркову, является, в наших терминах, задачей нахождения способа (точнее, алгоритма) решения для некоторой родовой задачи. **В рамках общей теории задач и ее психолого-педагогических применений имеет смысл говорить о родовых задачах не только в тех случаях, когда может быть предложен алгоритм, обеспечивающий решение любой задачи данного класса.** Об ориентации на родовые задачи фактически идет речь и там, где «анализ условий и требований одной задачи данного класса позволяет человеку выявить *общий принцип* решения всех задач этого класса...» (таким образом характеризуется так называемый теоретический способ решения задач). Обращаясь к задачам, решаемым педагогами, следует сказать, что и здесь важно исходить из общих принципов решения задач определенных классов, и педагогическая наука должна стремиться к большей конкретности в разработке таких принципов. Вместе с тем учитель (в особенности это относится к воспитательной работе) должен творчески решать каждую индивидуальную педагогическую задачу, стремясь при этом к возможно более полному учету специфических особенностей каждой формирующейся личности, каждой ситуации, складывающейся в ученическом коллективе. Продолжая рассмотрение типов задач, определяемых характером предмета задачи, сопоставим следующие два случая.

В первом случае предмет задачи материален и к тому же не выступает в функции модели. Задача решается с тем, чтобы обеспечить некое сугубо материальное свойство этого предмета (нахождение в указанном месте, определенную конструкцию, химический состав и т. п.).

Во втором случае предметом задачи является некоторая модель какой-либо моделируемой системы (ее описание, изображение, образ в сознании человека и т. п.). Задача решается с тем, чтобы обеспечить требуемые характеристики информации, которую данная модель несет о моделируемой системе.

В дальнейшем будем называть задачи первого из рассмотренных типов *материально направленными*. а задачи второго типа – *информационными*.

В человеческой деятельности процессы решения задач обоих этих типов тесно переплетаются. Так, разработка проектов (представляющих собой своеобразные модели будущих изделий и сооружений) необходима для решения задач материального производства в промышленности и строительстве. А, скажем,

изготовление таких специфических материальных предметов, как приборы для научных исследований, служит предпосылкой создания научных моделей соответствующей сферы действительности.

В отношении информационных задач следует подчеркнуть, что модель – будь то материальная, материализованная или идеальная – является предметом информационной задачи именно как модель чего-то, т. е. в своей информационной функции.

Обратимся в связи с этим к такому примеру. Скульптурное произведение с точки зрения принятой нами классификации представляет собой материальную модель: известно, насколько важны в этом виде искусства правильный выбор материала и умение использовать его качества. Но разве из этого вытекает, что цель скульптора состоит в приведении, скажем, куска мрамора в некоторое требуемое состояние? Материальные модели обладают помимо специфических свойств общим качеством любых моделей – способностью нести информацию, которая может быть использована, и именно в этом своем качестве они могут быть предметами информационных задач.

Система, моделируемая предметом информационной задачи, сама может представлять собой модель. При решении задач, заданных определенной формулировкой, или, говоря словами Г. П. Щедровицкого, «определенным текстом условий», **такое моделирование модели (иначе говоря, вторичное моделирование)** осуществляется при «переходах от текста к выражениям тех знаковых систем, в которых эти задачи могут быть решены». Л. М. Фридман говорит в этом смысле о переходе от «задачи-описания» к «подлинной задаче», т. е. такой, «которая может быть решена средствами того языка, на котором она изложена». О переходе рассматриваемого типа говорят и применительно к решению исследовательских задач. Так, в числе теоретических методов исследования в педагогике выделяют «метод переформулирования исходных данных и конечных требований научных задач в той системе новых понятий и представлений, в которой объективно содержится их решение».

5.3.2. Задачи, неразрешимые и разрешимые для определенного решателя. Рутинные, квазирутинные и нерутинные задачи

Рассмотрение информационных задач мы продолжим в следующем разделе, а пока обратим внимание на то, что учет отношений, существующих между предметом и требованием задачи,

позволяет подразделить задачи на принципиально неразрешимые и принципиально разрешимые.

Задача является *принципиально неразрешимой*, если в соответствии с закономерностями той области действительности, к которой относится задача, ее решение невозможно, т. е. либо невозможно требуемое состояние предмета задачи, либо хотя оно в принципе и возможно, но невозможен переход к нему из исходного состояния этого предмета. Принципиально неразрешимой является, например, задача построения вечного двигателя или задача оживления умершего человека после наступления необратимых изменений в нервной системе.

Все задачи, не являющиеся принципиально неразрешимыми, естественно называть *принципиально разрешимыми*.

Здесь следует сделать два уточнения.

Во-первых, подчеркнем, что вопрос о принципиальной разрешимости может быть поставлен уже для неотнесенных задач; иначе говоря, он не связан с особенностями тех или иных решателей. Вместе с тем если предмет задачи идеален, то вопрос о том, возможно ли некоторое его состояние или некоторый переход из одного состояния в другое, часто может быть решен различным образом – в зависимости от принятой договоренности. Например, в классической математике возможен переход некоторого множества в состояние, когда количество его элементов оказывается бесконечным, а в интуитивистской или конструктивной математике – невозможен.

Во-вторых, и принципиально разрешимые и принципиально неразрешимые задачи существуют как задачи (задачные системы), и, стало быть, им могут быть поставлены в соответствие некоторые задачные формулировки. Псевдозадачная формулировка не описывает, с нашей точки зрения, какой-либо задачи, и, следовательно, вопрос о разрешимости здесь неуместен.

Сопоставим две формулировки «задач, не имеющих решения», из работы Я. И. Груденова:

«В треугольнике AEK $\angle A=62^\circ$, $\angle E=75^\circ$, $\angle K=53^\circ$. Вычислить внешние углы треугольника»; (1)

«Вычислить сторону прямоугольника, если его площадь равна 435 м^2 ». (2)

Формулировка (1) является псевдозадачной, так как не может существовать (в евклидовой геометрии) треугольник, сумма углов которого не равна 180° . Что касается формулировки (2), то ее можно считать:

а) формулировкой задачи, имеющей бесконечное множество решений (в математике такие задачи называют неопределенными), если имеется в виду произвольный прямоугольник, обладающий указанной площадью;

б) формулировкой принципиально неразрешимой задачи, если имеется в виду конкретный прямоугольник, площадь которого известна. В самом деле, узнать длину стороны прямоугольника, зная только его площадь, невозможно.

По вопросу о целесообразности использования в обучении псевдозадачных формулировок (и, в частности, такой их разновидности, как «задачи с ложными данными») высказываются разные мнения. Что же касается принципиально неразрешимых задач, то желательность их применения в учебном процессе отмечается многими специалистами. При этом обращается внимание на то, что для подготовки к практической, трудовой деятельности «важно, чтобы еще на школьной скамье ученик получил правильное представление о том, что не всякая задача и не при любых условиях... может быть решена».

Родовая задача может быть принципиально разрешимой при одних значениях параметра или параметров, характеризующих ее предмет, и принципиально неразрешимой при других их значениях. Отсюда вытекает, что среди индивидуальных задач, входящих в класс задач, соответствующий этой родовой задаче, имеются как принципиально разрешимые, так и принципиально неразрешимые. Как справедливо отмечает С. М. Чуканцов применительно к сюжетным математическим задачам, полезно, чтобы, обнаружив принципиальную неразрешимость индивидуальной задачи, учащиеся переходили «к введению параметров в условие задачи и решению и исследованию задачи в общем виде».

5.3.3. Четкие, квазичеткие и нечеткие задачи

Понятие отнесенной задачи богаче по содержанию, чем понятие неотнесенной задачи, ибо отражает в себе не только свойства задачной системы, но и некоторые характеристики отношений между задачной системой и решателем, а также между этими двумя системами и внешней средой. В связи с этим все типы, выделяемые для неотнесенных задач, сохраняют силу и для отнесенных, но, кроме того, типы отнесенных задач могут выделяться и по другим признакам.

В частности, для отнесенных задач сохраняется понятие принципиальной разрешимости (или неразрешимости). Но наряду с ним вводится понятие разрешимости задачи для определенного

решателя (того, к которому эта задача отнесена). Отнесенная задача m_q *разрешима* (для решателя Q), если последний способен осуществить процедуру, которая обеспечила бы решение рассматриваемой задачи, и *неразрешима* в противном случае. Совершенно ясно, что если решатели Q и R не идентичны, то вполне возможно, скажем, что задача m_q неразрешима, а задача m_r разрешима.

Так, например, разрешимость геометрических задач на построение существенно зависит от набора инструментов, которыми разрешено пользоваться в ходе построения. Скажем, задача «об

удвоении куба, т. е. о построении отрезка длиной $a\sqrt[3]{2}$, где a – длина данного отрезка, не может быть решена с помощью циркуля и линейки, но может быть решена с помощью циркуля и произвольного угла.

В этих рассуждениях следует учитывать, конечно, что в геометрии как математической дисциплине речь идет не о реальных инструментах, используемых в чертежной практике, а о соответствующих им абстракциях («абстрактных инструментах»). Так, например, прямая может быть построена, если она определена двумя точками. Это определение «выражает в абстрактной форме свойство линейки».

С точки зрения системы понятий, принимаемой в настоящей работе, и реальным и абстрактным инструментам соответствуют некоторые операторы, которыми владеет решатель (соответственно реальный или идеализированный).

Подразделение отнесенных задач на разрешимые и неразрешимые (для определенного решателя) – это один из путей их классификации, основывающейся на выяснении соотношения между задачей системой и средствами решения, которыми обладает решатель. Оставаясь в рамках того же направления классификации задач, можно исходить также из характеристик тех моделей способов решения, которые имеются в решателе и входят в число средств решения задач. В связи с этим необходимо дополнить сведения о таких моделях, представленные ранее, а именно ввести понятия об алгоритме решения задачи и квазиалгоритме решения задачи.

Модель способа решения родовой задачи M_Q , представляющую собой алгоритм и обеспечивающую решение любой индивидуальной задачи из класса задач, соответствующего этой родовой задаче, мы называем алгоритмом решения задачи m_q (или алгоритмом решения задач указанного класса).

Понятие «алгоритм решения задачи» является видовым по отношению к общему понятию алгоритма, описанному ранее. Это следует специально подчеркнуть, поскольку очень часто различие между этими понятиями не проводится, что исторически вполне объяснимо: алгоритмы издавна разрабатывались и использовались в математике именно как средства решения задач определенных классов. Развитие информатики привело, однако, к необходимости разграничить два понятия алгоритма: более широкое (система правил, по которой совершается определенное преобразование некоторой информации» и более узкое («точное предписание о исполнении в строго установленном порядке определенной системы операций, дающее решение всех задач некоторого класса»).

Смещение общего понятия алгоритма и понятия об алгоритме решения задачи привело в свое время к недоразумениям при оценке так называемых **эвристических программ**, с помощью которых во многих случаях удается решить на цифровых вычислительных машинах задачи, алгоритмы решения которых не введены в машину и, может быть, вообще не известны. Констатация этого вызывала иногда недоумение. Между тем суть дела ясна. **Эвристическая программа, как и всякая программа для вычислительной машины, реализует какой-то алгоритм, но он не является, вообще говоря, алгоритмом решения любой задачи того класса задач, на который рассчитана программа, и поэтому не для всех задач этого класса обеспечивает получение правильного результата решения.**

К понятию «алгоритм решения задачи» примыкает понятие «квазиалгоритм решения задачи». Модель способа решения родовой задачи t_q , представляющую собой квазиалгоритм, мы называем *квазиалгоритмом решения задачи t_q* , если алгоритм, эталонный для этого квазиалгоритма, является алгоритм решения задачи t_q . Понятие «квазиалгоритм решения задачи» является, конечно, видовым по отношению к общему понятию квазиалгоритма, рассмотренному ранее.

Ясно, что на алгоритмы решения задач и квазиалгоритмы решения задач распространяется все то, что было сказано об общих свойствах алгоритмов и квазиалгоритмов (равно как и то, что было сказано об общих свойствах моделей способов решения задач). В частности, некоторое предписание не может выступать по отношению к решателю Q как алгоритм решения какой-либо задачи, если хотя бы одна из предусматриваемых этим предписанием операций не является эффективной для решателя Q . Точно так же предписание не может рассматриваться по отношению к решателю Q как квазиалгоритм

решения какой-либо задачи, если хотя бы одна из предусматриваемых указанным предписанием операций не является для решателя Q ни эффективной, ни квазиэффективной.

Рассмотрим конкретный пример. Пусть ученик хорошо знает требуемую последовательность операций при перемножении двузначных или трехзначных чисел «в столбик». Но таблицу умножения он как следует не усвоил и потому, перемножая однозначные числа, часто допускает ошибки. Таким образом, здесь не обеспечена высокая вероятность успешного выполнения операций такого умножения. Поэтому, то предписание, которое реализует ученик, не является для него ни алгоритмом решения задачи, ни квазиалгоритмом решения задачи (и это – несмотря на то, что рассматриваемое предписание внешне совпадает с «настоящим», математическим алгоритмом).

Алгоритмы и квазиалгоритмы решения задач (как и, вообще, модели способов решения задач) могут находиться в распоряжении решателя в различной форме. Рассматривая решение задач человеком, следует различать такие случаи.

1. Указанная модель представлена вовне в виде развернутого предписания (инструкции), устанавливающего содержание и последовательность подлежащих выполнению операций.

2. Вовне представлена только упрощенная (свернутая) модель способа решения задачи, но субъект при этом владеет способом перехода от нее к развернутому предписанию.

Так, например, формулу $(a+b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$ можно считать свернутым представлением алгоритма возведения двучлена в квадрат.

(Пример принадлежит Л. М. Фридману. Он пишет: «Учителю математики, который сам владеет алгоритмами, кажется, что указаний, сформулированных в свернутом виде, т. е. в том виде, в котором принято излагать эти алгоритмы в научной литературе, вполне достаточно, чтобы решить самостоятельно любую задачу рассматриваемого вида». **Но ученику таких указаний недостаточно, если он «не умеет самостоятельно преобразовать свернутую форму алгоритма в развернутую»**).

3. Субъект помнит предписание и пооперационно воспроизводит его под контролем сознания. Требование хорошего освоения учебного алгоритма «не означает, что его следует специально заучивать». Значительно полезнее его произвольное запоминание в результате многократного осознанного выполнения.

4. Последовательность операций, предусмотренная предписанием, сформирована на уровне навыка.

Мы называем родовую отнесенную задачу m_q *рутинной* (соответственно *квазирутинной*), если решатель Q обладает представленным в той или иной форме алгоритмом (соответственно квазиалгоритмом) решения этой задачи. Прочие родовые отнесенные задачи мы называем *нерутинными*. Введенные понятия можно обобщить на случай индивидуальных задач. Индивидуальную отнесенную задачу n_q мы называем *рутинной* (соответственно *квазирутинной*), если одновременно выполняются следующие условия: **во-первых**, задача n_q принадлежит к классу задач, соответствующему рутинной (квазирутинной) родовой задаче; **во-вторых**, прямая информация об этом имеется в решателе Q или же операция, обеспечивающая отнесение задачи n_q к указанному классу, является для этого решателя эффективной (соответственно квазиэффективной).

Обратим внимание на важность с психолого-педагогической точки зрения второго условия, упомянутого в предыдущем абзаце. Следует считаться с тем, что реальная сфера успешного применения индивидом некоторого способа действия (точнее, сфера, в рамках которой этот способ выступает как квазиалгоритм решения задачи) может быть значительно уже той области, на которую этот способ в принципе рассчитан. В связи с этим обеспечение необходимой общности формируемых способов, с тем чтобы обучаемые были готовы применить их к разнообразным, в том числе не встречавшимся им ранее, ситуациям, выступает в качестве важного дидактического требования.

Индивидуальные отнесенные задачи, не являющиеся рутинными или квазирутинными, мы обозначаем как *нерутинные*.

В педагогическом плане нерутинность для учащихся решаемых ими задач следует оценивать отрицательно, если она является следствием недостаточного усвоения тех способов действий, которыми учащиеся уже должны владеть на данном этапе учебного процесса. В иных случаях ее следует считать вполне нормальным явлением. Более того, часто она специально проектируется, в особенности в системе проблемного обучения.

Употребив последний термин, мы должны отметить, что наше понятие нерутинной задачи близко к широко используемому научными работниками и психологами понятию «проблемная задача» (иногда ее называют просто проблемой). Так, например, Н. А. Менчинская писала об «осознании учащимся задачи как проблемы, способы решения которой еще неизвестны». Соответствие этих понятий становится отчетливым, если учесть, что обычно при этом имеются в виду способы, гарантирующие (по крайней мере, с достаточно высокой

вероятностью) решение задачи, а такие способы всегда могут быть представлены как алгоритмы или квазиалгоритмы решения задачи.

Мы, однако, не случайно предпочли термин «нерутинная задача» гораздо более распространенному словосочетанию «проблемная задача». Дело в том, что термин «проблема» весьма многозначен. Выступая часто (в особенности в психологических и дидактических текстах) как синоним выражения «нерутинная (нестандартная) задача», он употребляется наряду с этим для обозначения таких сложных образований, как научная проблема или социальная проблема.

Психологи при характеристике стоящей перед субъектом проблемы нередко подчеркивают мотивационные моменты.

Как пишет об этом, например, Д. Берлайн, «если субъект не способен быстро найти подходящий ответ в некоторой ситуации, но сама ситуация не является для него интересной или важной, так что последствия отсрочки в нахождении решения несущественны, то можно сказать, что эта ситуация не является для данного субъекта проблемой в сколько-нибудь значительной степени».

Важный для дидактики вывод из такого понимания проблемы состоит в том, что не только слишком легкая для учащегося задача, но и «слишком трудная утрачивает проблемный характер». В дидактических трудах проблеме часто приписывают и другие (помимо нерутинности) свойства. Утверждается, например, что в проблеме «отсутствуют все данные, необходимые для ответа... Тот, кто решает проблему, должен определить, каких фактов ему недостает и как он должен их искать».

Во многих случаях исходят из того, что отличительным свойством проблемы является фиксация в ней некоторого диалектического противоречия. В соответствии с этим принимается, что **«увидеть проблему – это значит осознать тот вопрос, который вытекает из сочетания несовместимых на первый взгляд информации»**.

В стимулировании путем соответствующего построения учебного материала «проблемного видения» в этом смысле справедливо усматривается одно из важных направлений усиления развивающего характера обучения. Вместе с тем ясно, что «проблема», как она трактуется здесь, – понятие, намного более узкое, чем то, которое обозначала этим термином Н. А. Менчинская, а мы называем *нерутинной задачей*.

Обратимся к работам по методике математики. У В. М. Бадиса нашему понятию нерутинной задачи соответствует термин «задача в

собственном смысле слова»; таким задачам противопоставляются «задачи-примеры». В. Г. Болтянский подразделяет задания, предлагаемые учащимся, на «упражнения» (понятие, близкое к «задаче-примеру» в смысле В. М. Брадиса и к нашему понятию квазирутинной задачи) и «задачи» (к последним он относит только, говоря нашими терминами, нерутинные задачи).

А. А. Столяр выделяет «три вида учебных ситуаций, связанных с решением задач...:

I – решение стандартных задач, общий метод решения которых еще неизвестен учащимся;

II – решение стандартных задач, общий метод решения которых уже известен учащимся;

III – решение нестандартных задач».

Эти ситуации требуют, отмечает А. А. Столяр, различных стратегий обучения (впрочем, здесь вернее, по-видимому, подход «с другого конца»: в зависимости от дидактических целей, находящихся отражение в стратегиях обучения, должны быть построены наборы учебных задач, обладающих определенными свойствами). В ситуации I такая стратегия «должна быть ориентирована на открытие учащимися (с помощью учителя) общего метода решения всех задач данного класса», в ситуации II – «на обучение распознаванию принадлежности частных задач к классам задач, решаемых определенными, уже известными методами», в ситуации III – «на обучение методам поиска решений». Общий метод, о котором идет речь, можно считать квазиалгоритмом решения некоторой отнесенной к учащемуся Q родовой задачи M_Q . (Вместе с тем это может быть алгоритм решения родовой задачи m , отнесенной к идеализированному решателю R). Учитывая это, представим в табл. 1 в принятых нами терминах характеристики этой задачи, а также произвольной индивидуальной задачи, принадлежащей к классу, соответствующему родовой задаче m_q .

Следует иметь в виду, что решение рутинной задачи может осуществляться и не в соответствии с алгоритмом ее решения (алгоритмом решения задач соответствующего класса). Аналогично решение квазирутинной задачи может осуществляться и не в соответствии с квазиалгоритмом ее решения. Субъект нередко отдает предпочтение такому подходу, если имеющийся в его распоряжении алгоритм или квазиалгоритм слишком громоздок и есть надежда обойдись без него, получить требуемый результат меньшими затратами труда. Могут быть и другие причины отказа от использования

имеющегося квазиалгоритма, например нежелание субъекта выполнять давно известные, наскучившие ему процедуры.

Таблица 1

Тип учебной ситуации (по А. А. Столяру)	Родовая задача		Индивидуальная задача	
	до обучения	после обучения	до обучения	после обучения
I	нерутинная	квазирутинная	нерутинная	квазирутинная
II	квазирутинная		нерутинная *	квазирутинная
III	не рассматривается		нерутинная	нерутинная, но менее трудная

* Если учащийся не владеет способом отнесения задачи к соответствующему классу.

По мнению А. А. Колпакова, знакомить учащихся с алгоритмами решения физических задач целесообразно «в том случае, если, во-первых, данный тип задачи важен и будет встречаться достаточно часто, во-вторых, алгоритм ее решения не сложен»; если же это не так, то задачу «лучше решать эвристически на основе анализа физических процессов, описываемых в ее условии». Интересно, что и при использовании автоматических решателей «часто желательно (даже необходимо) заменить гарантированную процедуру поиска практически более пригодной процедурой поиска, которая, однако, не гарантирует успеха».

Заметим еще следующее. То, что некоторая задача является рутинной (или квазирутинной), отнюдь не исключает нерутинности задачи n_q нахождения оптимального в том или ином отношении способа решения задачи m_q . Важная цель «формирования алгоритмической культуры учащихся», приобретающая особую значимость в связи с введением курса «Основы информатики и вычислительной техники» и внедрением компьютеров в учебный процесс, предполагает обучение не столько выполнению алгоритмов (которое часто целесообразно передать компьютеру), сколько их рациональному выбору и составлению

Требование четкой постановки задач систематически выдвигается в качестве одного из наиболее важных применительно к самым различным сферам человеческой деятельности, в том числе к сфере обучения. В то же время справедливо отмечается, что человеческий разум «не может довольствоваться одними лишь четко очерченными целями». Эта противоречивая ситуация определяет значимость понятий, которым посвящается настоящий пункт.

Мы называем отнесенную задачу m_q (родовую) или индивидуальную):

четкой, если прямая информация о том, решена ли эта задача, находится в распоряжении решателя Q или если задача установления того, решена ли задача m_q , является для этого решателя рутинной;

квазичеткой, если прямая информация о том, решена ли эта задача, с вероятностью, достаточно *близкой к* единице, находится в распоряжении решателя Q или если задача установления того, решена ли задача m_q , является для этого решателя квазирутинной;

нечеткой, если она не является ни четкой, ни квазичеткой.

Понятия о четкой, квазичеткой и нечеткой задачах, равно как и понятия о рутинной, квазирутинной и нерутинной задачах, имеют, конечно, смысл только для отнесенных задач, иначе говоря, только по отношению к определенному решателю или решателю определенного типа.

Введенные выше понятия «четкая задача» и «квазичеткая задача», с одной стороны, и «нечеткая задача», с другой стороны, соответствуют одной из основных трактовок понятий «хорошо определенная задача» («well-defined problem») и «плохо определенная задача» («ill-defined problem»), широко используемых в кибернетической и психолого-педагогической литературе. Так, согласно Д. Дёрнеру, в случае хорошо определенной задачи «существует алгоритм для принятия решения о том, что достигнуто целевое состояние; такой алгоритм не существует для плохо

определенной задачи». Вместе с тем о «нечеткой» («плохо определенной», «плохо структурированной») задаче говорят также, имея в виду недостаточную определенность не критерия решенности задачи, а самого ее предмета, когда, например, не вполне ясно, что, собственно, «дано» в задаче.

На этом типе «нечеткости» мы вкратце остановимся далее.

С точки зрения общей теории задач не исключена возможность, что нечеткая задача является рутинной или квазирутинной. Но если, как это имеет место для учебных задач, задача считается решенной только при условии, что решатель владеет информацией об этом, то, конечно, рутинной может быть только четкая, а квазирутинной – только чёткая или квазичеткая задача. Четкая задача может быть, разумеется, как рутинной или квазирутинной, так и нерутинной.

Какие требования надо предъявлять к учебным задачам в отношении их характеристик, описанных в настоящем параграфе? Ответ аналогичен тому, который был дан ранее в связи с рассмотрением рутинных, квазирутинных и нерутинных задач. В учебном процессе нежелательна нечеткость решаемых учащимися задач, обусловленная то ли неясностью или противоречивостью формулировок заданий (вообще, неадекватностью обучающих воздействий), то ли несформированностью самоконтроля учащихся, неумением оценить успешность своих действий. Иное дело, когда нечеткость задач, о которых идет речь, предусматривается специально с целью стимулирования их самостоятельного уточнения обучаемыми.

Так, академик П. Л. Капица считал целесообразным «ставить задачи менее определенно, давая учащемуся возможность самостоятельно подбирать подходящие величины из опыта. Вот примеры таких простых задач. Предложить определить мощность мотора насоса, необходимого для поддержания струи, чтобы тушить пожар шестизэтажного дома. Или другая задача: каких размеров должна быть линза, чтобы собранные в ее фокусе солнечные лучи раскалили железную проволоку? Очевидно, ученик сам из жизненного опыта или из справочника... должен подобрать необходимые ему данные... Студенты любят такие задачи, они не имеют точного решения, и это вызывает живое обсуждение».

5.3.4. Внешние и внутренние задачи

Существенными характеристиками отнесенных задач являются отношения, существующие между основными компонентами задачи (ее предметом и требованием), с одной стороны, и решателем, с

другой. Наряду с наиболее простым случаем, когда предмет задачи находится вне решателя, возможны ситуации, когда они совпадают, когда предмет задачи входит в состав решателя или, напротив, решатель – в состав предмета задачи и т. п. Соответствующие примеры приводились ранее. Наряду с предметом задачи и решателем можно ввести в рассмотрение также «задающую систему» (т. е. ту, которая ставит задачу) и провести классификацию задач, основываясь на отношениях, которые могут иметь место между этими тремя объектами.

Теперь введем понятия о внешних и внутренних задачах.

Задачу, предмет и требование которой находятся вне решателя *Q*, мы называем *внешней* относительно него. *Внутренняя* (относительно решателя *Q*) – это такая задача, предметом которой служит некоторая имеющаяся в решателе *Q* модель (а требованием – соответственно модель требуемого состояния этой модели) .

Противопоставление внешних и внутренних задач проводят многие исследователи, использующие, однако, различную терминологию. Так, например, В. В. Репкин и В. Т. Дорохина называют внешней задачу, находящую применение в процессе обучения, «заданием», а внутреннюю задачу – просто «задачей».

Переход от внешней задачи к внутренней имеет место в процессах принятия человеком предложенной ему извне задачи. При этом «психическому моделированию» подвергается как исходный предмет задачи, так и ее требование.

Легко видеть, что всякая внутренняя задача является информационной. Кроме того, исходя из данной ранее трактовки понятия целенаправленного действия, констатируем, что необходимым условием осуществления такого действия активной системой является наличие задачи, внутренней для этой системы.

Ясно, что внешние и внутренние (относительно произвольно избранного решателя) задачи в своей совокупности, вообще говоря, не исчерпывают множества отнесенных (к этому решателю) задач. В этой связи сопоставим понятия «внутренняя задача» и «фактически решаемая задача». Данные термины взаимозаменяемы в некоторых контекстах, но отнюдь не во всех. Задача может быть принята субъектом (и стать внутренней для него) в том смысле, что он осознает необходимость решать ее, но тем не менее достаточно сильное намерение действовать в этом направлении может не сформироваться. «Фактически решаемыми» являются многие (в том числе материально направленные) задачи, предметом которых не является (в отличие от внутренних задач) заключенная в решателе модель (примером здесь

могут служить хотя бы двигательные задачи). Правда, каждой такой задаче можно поставить в соответствие некоторую внутреннюю задачу. Решаемая субъектом внутренняя задача, возникшая в результате принятия им некоторой внешней задачи, как правило, по своему содержанию не тождественна ей: здесь имеет место явление, получившее название *доопределения задачи* и играющее важную роль, в частности, в учебной деятельности. **Содержание внутренней (доопределенной) задачи зависит от установок, мотивов и целей субъекта, имеющихся у него знаний, способов действий, которыми он владеет, и т. д.** Все эти факторы влияют во всяком случае на формируемую в составе внутренней задачи информацию, относящуюся к ее решению. **Вместе с тем нередко их влияние оказывается настолько значительным, что при переходе от внешней задачи к внутренней изменяются ее основные компоненты: исходный предмет и требование.** В таких случаях есть основания говорить о «подмене» или о так называемом *переопределении задачи*. Переопределение учебных задач школьниками – весьма распространенное явление, проявляющееся на разных возрастных уровнях и, как правило, отрицательно сказывающееся на результатах учения. Как отмечает Е. И. Машбиц, оно происходит особенно часто в тех случаях, когда требование задачи обращено непосредственно к учащемуся (например, «выучить то-то»). При этом существенную роль играют фактические (часто отличающиеся от декларируемых) требования учителя, под которые «подстраиваются» обучаемые.

Отнюдь не всегда, однако, значительное отличие внутренней задачи от внешней, на основе которой она сформировалась, должно оцениваться отрицательно. В самом деле, **переход субъекта от предложенной извне задачи к другой, носящей во многих случаях более обобщенный характер, является одним из важных проявлений творческой активности.**

Внутренние задачи могут сформироваться решателем и в отсутствие внешней задачи (самостоятельно). Учитывая это, **остановимся на соотношении понятий «формирование задачи» и «постановка задачи».** Первое из них является более общим. Что же касается второго, то его можно трактовать двояко: во-первых, как частный вид самостоятельного формирования задачи субъектом, характеризующийся тем, что достигается ее четкое осознание; во-вторых, как исполнительную часть способа действия по постановке задачи в первом смысле (реализацию ориентировочной части этого способа действия описывают при этом как «усмотрение задачи»).

Проблема постановки задач весьма значима с научной точки зрения. Как показали исследования, проведенные на материале грамматики, трудового обучения и др., обучающиеся привыкли выполнять четко сформулированные задания и не готовы к деятельности, которая предполагает самостоятельную постановку задач, а также творческое отношение к задачам, поставленным извне, – их проверку, дополнение и конкретизацию. Соответствующие умения, несмотря на их важность для подготовки к различным видам труда и для общего умственного развития обучаемых, целенаправленно не формируются ныне (в массовом порядке) ни в средней школе, ни в системе профтехобразования, ни в вузе (упражнения на составление математических задач по готовым образцам не формируют, конечно, умения самостоятельно ставить задачи. Задачи на составление математических задач приносят существенную пользу, если они, во-первых, нерутинны и, во-вторых, органично включены в систему учебных задач). Не удивительно, что затруднения, подобные указанным выше, проявляются на разных возрастных уровнях – сошлемся хотя бы на сходные результаты, полученные Т. К. Чмут в экспериментах по постановке математических задач младшими школьниками и взрослыми. Процессы постановки задач плодотворно изучаются в теоретическом и экспериментальном плане, в концептуальных рамках исследования целеобразования. В этой связи отметим, однако, что хотя цель субъекта является, несомненно, важнейшим компонентом решаемой им (внутренней) задачи, но этот компонент детерминирует протекание деятельности субъекта лишь в сочетании с отражаемыми его психикой условиями достижения цели. Приведенное общее положение находит подтверждение в конкретных экспериментальных результатах. Так, упоминавшееся выше исследование постановки математических задач младшими школьниками показало, что они испытывают затруднения не только при выдвижении цели, но и при выделении условий, необходимых и достаточных для ее достижения, нередко они не могут правильно объединить в единую конструкцию поставленную ранее цель и соответствующие ей условия.

Успешная постановка задачи предполагает адекватное отражение субъектом условий достижения цели. Иначе говоря, формируемый субъектом исходный предмет внутренней для него задачи должен быть адекватен ситуации, в которой ему приходится действовать. Это касается, в частности, педагогических задач: «Учителям необходимо иметь не только ясную картину того, какими должны стать дети под их руководством, но и четкое

понимание того, что собой они представляют к началу процесса обучения» (и на каждом этапе этого процесса). Неадекватное отражение во внутренней задаче объективных характеристик ситуаций деятельности может быть обусловлено не только недостатком знаний у формирующего задачу субъекта, но также индивидуально-типологическими особенностями его «когнитивного стиля». Так, в исследовании А. Е. Самойлова, проведенном на материале деятельности инженеров по нахождению неисправностей компьютеров, у большинства испытуемых при постановке ими задач обнаружилась достаточно устойчивая склонность либо к игнорированию части существенных признаков ситуации, либо, напротив, к приписыванию ей дополнительных, фактически отсутствующих признаков.

Принимаемая нами широкая трактовка понятия задачи, включение в него нечетких и не формулируемых субъектом задач позволяют утверждать, что формирование внутренней задачи субъектом (то ли под влиянием внешней задачи, то ли без нее) происходит всегда в процессе решения им какой-либо другой внутренней для него задачи. Иногда (в случае так называемых «целевых целей») последняя осознается. Так или иначе важное значение процессов формирования задач субъектом не ставит под сомнение тезис о том, что его деятельность **может быть описана как система процессов решения задач.**

5.3.5. Теоретические и практические задачи

Решатель функционирует (воздействует на предмет задачи), будучи «погружен» вместе с ним в некоторую внешнюю среду. **Можно провести классификацию задач, основываясь на отношениях между решателем, предметом задачи и внешней средой.**

Прежде всего введем различие теоретических и практических задач. *Теоретической* мы называем такую отнесенную задачу m_q , для которой выполняются следующие условия:

- 1) изменения предмета задачи возможны только в результате воздействий со стороны решателя Q ;
- 2) внешняя среда может влиять на предмет задачи только посредством воздействий решателя Q .

Отнесенную задачу, для которой не выполняется хотя бы одно из условий (1) и (2), мы называем *практической*.

Невыполнение условия (2) означает, что наряду с влиянием на предмет задачи, оказываемым через посредство воздействий решателя,

возможно и непосредственное влияние внешней среды на этот предмет. Такое влияние может состоять:

а) в установлении требований или ограничений, которые должны соблюдаться при переходах предмета задачи из одного состояния в другое (условие (1) может при этом выполняться);

б) в обеспечении таких переходов без вмешательства решателя (в этом случае не выполняется ни условие (1), ни условие (2)).

В то время как при решении теоретических задач «существует возможность вернуться при неудаче в произвольную из пройденных ранее позиций», в практических задачах такое возвращение – вследствие влияний типа «а» или «б» – чаще всего невозможно. «Работа практического ума, – писал Б. М. Теплов, – непосредственно вплетена в практическую деятельность и подвергается ее непрерывному испытанию, тогда как работа теоретического ума обычно подвергается такой проверке лишь в конечных результатах. Отсюда та своеобразная ответственность, которая присуща практическому мышлению».

Те практические задачи, для которых условие (1) выполняется, естественно назвать *статическими*, а те, для которых оно не выполняется, – *динамическими*. Задача может быть динамической вследствие либо того, что предмету задачи свойственны спонтанные изменения, либо того, что он подвержен воздействиям со стороны предметов, входящих в состав внешней среды, либо обоих факторов.

На процесс решения динамических задач зачастую накладываются жесткие временные ограничения. Так (продолжаем цитировать Б. М. Теплова), «в работе полководца... мгновенное решение проблемы является иногда необходимостью; оно не может быть заменено длительным, постепенным решением».

Рассмотрим соотношение между материально направленными и информационными задачами, с одной стороны, и теоретическими и практическими задачами, с другой. Во всякой материально направленной задаче имеет место указанное выше влияние типа «а», проявляющееся, по крайней мере, в обязанности выполнения для предмета задачи всеобщих физических законов.

Р. Дикке задает вопрос: «Можно ли в ходе выполнения лабораторного опыта игнорировать остальную часть Вселенной? Следует, признать, – отвечает он, – что в принципе и физик, и его приборы так прочно связаны с остальной частью Вселенной, так органически погружены в нее, что даже мысленное разделение их невозможно». Всякая материально направленная задача является практической. (При этом она может быть статической или

динамической. Простейшими примерами здесь могут служить задачи, решаемые стрелком и предусматривающие соответственно поражение неподвижной или движущейся цели.) **Информационная задача может быть как теоретической, так и практической.** Скажем, **исследовательские задачи, решаемые математиком, представляют собой теоретические информационные задачи.** А, например, решаемые учителем задачи по формированию у обучаемых определенных знаний, будучи информационными, являются вместе с тем динамическими практическими задачами. В заключение отметим, что от практических задач в собственном смысле слова (их характеристика дана выше) следует отличать теоретические задачи практического содержания (для их обозначения есть удобный простой термин: **прикладные задачи**). Более широкое и продуманное, чем ныне, использование в обучении как практических, так и прикладных задач является, несомненно, необходимым.

5.4. Познавательные задачи

Среди информационных задач важнейшее место занимают *познавательные*. Посвящая им настоящий раздел, мы кратко рассмотрим также коммуникативные задачи, весьма сходные с ними по своей структуре. В этом же разделе мы проанализируем соотношение решения задач и творчества (как подтвердит анализ, творческая деятельность обязательно включает решение удовлетворяющих определенным требованиям познавательных задач).

Понятие познавательной задачи, рассматриваемое в общей теории задач, представляет собой обобщение одноименного понятия, используемого в психологии, педагогике, методологии науки. Заметим, что чаще всего о познавательных задачах говорят в тех случаях, когда предусматривается приобретение субъектом информации, рассчитанной на длительное хранение в его памяти или же в памяти общества, если речь идет о профессиональной деятельности ученого. Вместе с тем термин «познавательная задача» употребляется в психологии и в более широком смысле, находящемся в соответствии с психологическим понятием познавательного процесса. Так, согласно Г. С. Костюку, «понять новый объект – это значит решить какую-то, пусть маленькую познавательную задачу». Однако даже по отношению к этому смыслу понятие познавательной задачи, вводимое в рамках общей теории задач, является обобщенным, поскольку охватывает задачи, отнесенные к решателю любой природы, а не только к человеку-субъекту. Возможность введения такого понятия не означает,

конечно, будто «решатель любой природы» может быть субъектом познания в том смысле, в каком этой способностью обладает человек.

5.4.1. Структура познавательной задачи

Познавательная задача в самом общем смысле – это отнесенная к некоторому решателю задача совершенствования знания, которым он обладает.

Приступая к рассмотрению структуры познавательной задачи, напомним прежде всего, что **всякое знание можно представить как идеальную модель некоторой моделируемой системы (объекта познания), содержащую в своем составе не менее двух компонентов-моделей.** Знание, служащее предметом познавательной задачи, можно описать как систему взаимосвязанных компонентов-моделей двух типов. В исходном состоянии предмета задачи только компоненты первого типа несут достаточно полную информацию о соответствующих компонентах объекта познания. В отличие от этого информация, которую несут компоненты второго типа, недостаточно полна. Компоненты объекта познания, моделируемые компонентами-моделями первого и второго типов, – это то, что принято называть соответственно *известными* и *неизвестными* предметами.

Рассмотрим весьма простой пример, а именно познавательную задачу, сформулированную следующим образом:

«В прямоугольном треугольнике ABC длина гипотенузы AC составляет 10 см, а длина катета AB – 6 см. Найти площадь треугольника».

Исходный предмет этой задачи представим с помощью табл. 2.

Таблица 2

Наименование предмета, моделируемого компонентом-моделью	Математическая характеристика этого предмета	Единица измерения	Численное значение
Длина гипотенузы AC	Положительное действительное число	см	10
Длина катета AB	То же	»	6
Длина катета BC	» »	»	?
Площадь треугольника ABC	» »	см ²	?

Он состоит из компонентов-моделей, которыми служат строки таблицы. Каждая из них описывает соответствующий компонент объекта познания (треугольника).

В рассматриваемой задаче длина гипотенузы AC и длина катета AB описаны достаточно полно – это известные предметы. Недостаточно полно описаны длина катета BC и площадь треугольника ABC – это неизвестные предметы. В строках таблицы, описывающих эти предметы, имеются незаполненные (обозначенные вопросительными знаками) клетки. Связи между моделями известных и неизвестных предметов обеспечиваются в данном случае теоремой Пифагора и формулой для вычисления площади прямоугольного треугольника.

Итак, **наличие наряду с неизвестными известных (или, как еще говорят, данных) предметов обязательно для всякой познавательной задачи.** Правда, в литературе иногда встречаются высказывания, которые могут быть восприняты как противоречащие этому положению. Так, Т. В. Кудрявцев отмечает, что в проектно-конструкторской задаче (которая, с нашей точки зрения, является частным случаем познавательной) «часто указываются лишь цель и функции требуемого технического устройства, а сами данные никак не определены...». Это верно, если под «данными» понимать (как это и делает Т. В. Кудрявцев) принцип действия устройства, тип элементов, из которых оно должно строиться, и т. п. Но с точки зрения теории задач «цель и функции требуемого технического устройства» в задаче разработки его проекта – это тоже известные, т. е. «данные», предметы.

Что касается различия между известными и неизвестными предметами, то оно состоит вовсе не в том, что информация о первых имеется в исходном предмете задачи, а о вторых – якобы отсутствует. Еще раз подчеркнем, что **исходный предмет познавательной задачи несет информацию как об известных, так и о неизвестных предметах** (как отмечает Е. Б. Кузина, «если древние греки не знали строения атома, то они не знали и об этом своем незнании, и поэтому для них структура атома не была областью незнания»); разница лишь в том, что в первом случае эта информация достаточно полная, а во втором – недостаточно полная. Существенно также, что информация о неизвестных предметах содержится в исходном предмете задачи не только в моделях этих неизвестных предметов (это прямая информация), но и в связанных с такими моделями моделях известных (и других неизвестных) предметов (это уже косвенная информация).

Описав исходный предмет познавательной задачи, охарактеризуем теперь ее **требование**. Оно предусматривает перевод

всех или некоторых из компонентов указанного исходного предмета, являющихся моделями неизвестных предметов, в разряд моделей известных предметов, иначе говоря, **перевод всех или некоторых из моделей неизвестных предметов в такое состояние, когда полнота содержащейся в них информации будет достаточной (не меньшей, чем требуемая).**

Те неизвестные предметы, к моделям которых относится требование познавательной задачи, – это *искомые* предметы. Искомыми являются, таким образом, все или некоторые из неизвестных предметов. Так, например, в рассмотренной выше задаче искомым является только один из неизвестных предметов, а именно площадь треугольника.

Можно сказать, что **всякая познавательная задача требует пополнения содержащейся в некотором знании (в исходном предмете этой задачи) прямой информации об искомых предметах.**

Неизвестные предметы, не являющиеся искомыми в рассматриваемой задаче, могут быть искомыми в ее подзадаче (такова в приведенном примере длина катета BC). Неизвестные предметы подобного рода называют промежуточными или вспомогательными неизвестными. В познавательных задачах часто моделируются и такие неизвестные предметы (в математических задачах это так называемые «неопределенные неизвестные»), которые не являются искомыми ни в рассматриваемой задаче, ни в каких-либо ее подзадачах, но используются для установления связей между известными и искомыми предметами (точнее, между их моделями).

Применяя к познавательным задачам общее понятие о решении задачи, констатируем, что **решение познавательной задачи – это такое воздействие на ее предмет, в результате которого он оказывается содержащим достаточно полную прямую информацию об искомых предметах.** Здесь уместно принять подход, согласно которому для достаточной полноты информации требуется, во-первых, ее достаточный объем и, во-вторых, ее достаточная адекватность. Такое воздействие на предмет познавательной задачи, в результате которого обеспечивается достаточный объем, но не обеспечивается адекватность прямой информации об искомых предметах, можно назвать *псевдорешением* указанной задачи (обычно в таких случаях говорят о «неверном решении» или «ошибочном решении»).

Решение познавательной задачи может быть формально описано как превращение **высказывательной нормы** в истинное высказывание, а псевдорешение такой задачи – как превращение той

же высказывательной формы в ложное высказывание. (*Высказывательной формой* называют «предложение, в составе которого имеется переменная (или несколько переменных) и которое при одних значениях переменной является истинным высказыванием, а при других – ложным»). Основанные на этом принципе «высказывательные модели» задач предложил Л. М. Фридман.

Присоединяясь к общепринятой терминологии, будем называть решение познавательной задачи также *нахождением искомого* (предметов, данных). По отношению к каждому искомому предмету имеет смысл различать следующие случаи:

1) когда его нахождение невозможно (принципиально или для данного решателя);

2) когда его нахождение возможно, причем может быть найден только один результат решения (т. е. только одна удовлетворяющая требованию задачи модель рассматриваемого искомого предмета, несущая о нем достаточно полную информацию);

3) когда его нахождение возможно, причем может быть найдено конечное число (большее, чем 1) различных моделей описанного характера (различных приемлемых результатов решения);

4) когда его нахождение возможно, причем множество приемлемых результатов решения, которые могут быть найдены, бесконечно.

В терминологии Л. Л. Гуровой случаю 2 соответствует «задача с определенным условием», т. е. задача, структура которой «содержит достаточно ограничений для получения определенного результата решения»; случаям 3 и 4 соответствует «задача с неопределенным условием».

На понятии искомого (точнее, искомого предмета) следует остановиться несколько подробнее. Принимаемая здесь трактовка этого понятия находится в полном соответствии с той, которая общепринята в математике: если, скажем, в некоторой задаче требуется узнать численное значение величины x , то для математика ясно, что искомым в задаче является именно x . А. В. Брушлинский считает, однако, что подобная трактовка неправомерна с точки зрения психологии мышления, главным образом, вследствие того, что она игнорирует многократные изменения направленности мыслительного процесса решения задачи. Как отнестись к этой позиции? Верно, разумеется, что «всё более содержательные определения искомого... лишь постепенно и с трудом добываются в ходе всего мыслительного процесса решения задачи». Но из этого следует только то, что психолог, исследующий процесс решения задачи некоторым

субъектом, не вправе ограничиться фиксацией искомого, существующего в принятой субъектом задаче (тем более во внешней задаче), но обязан интересоваться также прочими объектами, которые субъект должен искать или фактически ищет, решая задачу. (Иначе говоря, он обязан интересоваться искомыми подзадач решаемой субъектом задачи.) Вместе с тем неверно, на наш взгляд, игнорировать искомое исходной задачи или отказывать ему в «статусе» искомого, и на этом основании отвергать **эвристическое правило**: «С самого начала нужно ясно видеть, что является искомым».

Заметим, что ценность этого правила (адресованного, конечно, человеку, решающему математическую задачу, а не психологу, изучающему его деятельность) едва ли подлежит сомнению. Пусть, например, школьник приступает к решению задачи, где нужно вычислить полную поверхность усеченного конуса. Важно, чтобы он сразу же хорошо осознал это требование и понимал, что значит «полная поверхность», не путая ее, скажем, с боковой поверхностью.

Степень представленности компонентов познавательной (как и любой иной) задачи в ее формулировке может быть весьма различна. Как отмечает Л. М. Фридман, «**все обычно встречающиеся в практике и в учебном процессе задачи – это задачи с неполно заданной (свернутой) информацией**». В частности, связи между компонентами-моделями, входящими в состав предмета познавательной задачи, очень часто не фигурируют в формулировке задачи в явном виде; так обстоит дело и в рассмотренном выше примере. Нередко выделение связей, опира на которые позволит решить задачу, требует больших усилий. Существенно также, что, хотя, как отмечалось выше, известные предметы должны быть представлены (смоделированы) в познавательной задаче, вовсе не обязательно, чтобы они были представлены столь же полно в ее формулировке, где они могут лишь подразумеваться.

При этом в общем случае отнюдь не тривиален вопрос о том, что именно представляют собой «подразумеваемые» в формулировке задачи известные предметы. Это в особенности касается задач, решаемых в реальных жизненных ситуациях – в профессиональной деятельности, в быту и т. д. – и являющихся, в терминологии Х. Дрейфуса, «**задачами с открытой структурой**». Как отмечает этот исследователь, в отличие от настольных игр и тестов (в отличие также от подавляющего большинства учебных задач, добавим мы) **такие задачи «поднимают вопросы, связанные с трудностями трех типов: приходится определять, какие факты могут иметь отношение к рассматриваемой задаче, какие из них действительно имеют к ней**

отношение и какие из этих последних существенны, а какие нет». Дрейфус прав в том, что указанные трудности ставят особенно серьезные проблемы перед разработчиками систем искусственного интеллекта. Вместе с тем они, несомненно, должны учитываться и в психолого-педагогических исследованиях, в частности в связи с необходимостью подготовки обучаемых к успешной постановке и решению задач, соответствующих реальным жизненным (в том числе производственным) ситуациям.

Мы говорили о том, что содержание познавательной задачи не исчерпывается сведениями, явно представленными в ее формулировке. Но столь же справедливо и то, что отнюдь не все компоненты формулировки в общем случае существенны для решения задачи. В связи с этим С. Л. Рубинштейн обращал внимание на важность выделения «условий задачи в собственном смысле слова... которые обуславливают решение и включаются в качестве необходимых посылок в ход рассуждения, ведущего к решению».

В заключение отметим, что либо познавательные задачи могут решаться без *доступа к внешней информации* (в этом случае в процессе решения может использоваться только информация, заключенная в самом решателе и в формулировке или иной предъявленной решателю модели задачи), либо такой доступ может быть предоставлен.

Наличие доступа к внешней информации определяется:

- а) фактическим существованием такой внешней информации, которая могла бы быть использована для решения задачи;
- б) наличием у решателя средств ее извлечения и применения;
- в) отсутствием запрета на ее использование (например, студенту на экзамене может быть запрещено или разрешено пользоваться справочными пособиями).

Ясно, что задача, неразрешимая без доступа к внешней информации, может оказаться разрешимой (для того же решателя) при наличии такого доступа.

5.4.2. Пути решения познавательных задач

Как отмечалось выше, предмет познавательной задачи уже в исходном состоянии содержит некоторую (пусть весьма бедную) прямую информацию об искомым предметам, а в результате решения задачи достигается необходимое пополнение этой информации. Оно может быть осуществлено разными путями, в том числе:

- а) путем использования решателем связей между компонентами-моделями, входящими в состав предмета задачи, и преобразования

благодаря такому использованию косвенной информации об искомых предметах в прямую;

б) путем извлечения решателем недостающей прямой информации из системы, моделируемой предметом задачи, т. е. из объекта познания;

в) путем генерирования решателем недостающей прямой информации.

При психологическом анализе деятельности рассматриваются типы решаемых субъектом задач, соответствующие тем психическим процессам, которые обеспечивают в основном их решение. При этом выделяются, в частности, мыслительные, перцептивные, имажинативные (активизирующие воображение) задачи. Все эти разновидности задач принадлежат к познавательным (в том смысле последнего термина, который принят в настоящей работе). Обращаясь к названному выше путям решения познавательных задач, констатируем, что для решения *мыслительных* задач требуется преимущественное использование пути «а», для решения *перцептивных* задач – пути «б», *имажинативных* задач – пути «в».

Существенно, что независимо от того, должны ли использоваться другие пути, путь «а» всегда необходим в той или иной мере для решения познавательных задач. Новая прямая информация всегда должна увязываться при их решении с информацией, имеющейся в исходном предмете задачи. (Объем этой последней информации может быть, конечно весьма различен. Как замечает, характеризуя перцептивные процессы, У. Найссер, «вы можете быть готовы к тому, чтобы увидеть «что-то», или «кого-то», или своего шурина Джорджа, или улыбку на лице Джорджа, или даже циничную улыбку на лице Джорджа»). Как было показано ранее, для того чтобы считать познавательную задачу решенной, необходимо, в частности, достижение достаточной адекватности содержащейся в предмете задачи прямой информации об искомых предметах. Возникает вопрос, о какой адекватности идет речь: безусловной или условной. Ясно, что оценивать безусловную адекватность рассматриваемой информации имеет смысл лишь в той мере, в какой используется упомянутый выше путь «б» решения познавательной задачи. В той мере, в какой используется путь «а», оценивать следует условную адекватность прямой информации о каждом искомом предмете, считая его эталонной (достаточно адекватной) моделью исходный предмет познавательной задачи. Здесь следует учитывать, конечно, как прямую, так и косвенную информацию об искомых предметах, содержащуюся в этом исходном предмете. Если используется и путь «а», и путь «б» (а

путь «б», как было сказано выше, всегда сочетается с путем «а»), то для обеспечения достаточной адекватности содержащейся в предмете задачи прямой информации об искомым предметах нужна и ее достаточная условная адекватность (по отношению к исходному предмету задачи как эталонной модели), и ее достаточная безусловная адекватность (по отношению к непосредственно воспринимаемому объекту познания). Как пишет У. Найссер, имеющаяся у воспринимающего субъекта перцептивная схема «делает возможным развитие по некоторым определенным направлениям, но конкретный характер такого развития определяется только взаимодействием со средой». Не исключено, что эти требования вступают между собой в логическое противоречие, т. е. не могут быть одновременно удовлетворены – в таком случае рассматриваемая познавательная задача оказывается принципиально неразрешимой. Чтобы она превратилась в принципиально разрешимую, должны быть внесены изменения в ее исходный предмет. В психологической интерпретации это означает, что должны быть перестроены перцептивные схемы (можно сказать также: перцептивные установки субъекта).

Применительно к пути «в» говорить об адекватности содержащейся в предмете задачи прямой информации об искомым предметах не имеет смысла, поскольку, когда решается задача, эти последние предметы еще не существуют. Следовательно, при совместном использовании путей «а» и «в» (напомним, что путь «в» всегда сочетается с путем «а») требуется обеспечить, как при использовании одного лишь пути «а», только достаточную условную адекватность рассматриваемой прямой информации по отношению к исходному предмету задачи как к эталонной модели.

Путь «в» при прочих равных условиях может играть тем большую роль в решении познавательной задачи, чем больше для каждого искомого предмета может быть найдено приемлемых результатов решения. Ситуации, когда их может быть много, характерны для задач, решаемых в области искусства. Как пишет музыкант-педагог Н. Е. Перельман, «задачи в искусстве отличаются от арифметических тем, что не только решения, но и ответы у них бесконечно разнообразны. Распространенное среди исполнителей «списывание» с грампластинок стирает это отличие».

Приведем примеры использования в учебном процессе рассматриваемых разновидностей познавательных задач. Перцептивные задачи учащиеся должны решать, например, когда от них требуется «рассмотреть рисунок, определить, что на нем изображено, найти главные части объекта» и т. д. Если же требуется

также «сравнить объекты или процессы ... сделать выводы», то должен произойти переход к мыслительной задаче. Такие переходы желательно предусматривать, руководя учебной деятельностью учащихся.

Решение имагинативных задач требуется, в частности, при выполнении так называемых образных заданий по истории, когда надо, опираясь на полученные знания, представить себе и описать событие, которое когда-то происходило (или могло происходить). Например, надо рассказать о древнеегипетском войске и его походе в чужую страну (таким образом, фактически здесь решается и коммуникативная задача). Здесь следует подчеркнуть, что образное задание только направляет учащихся на решение имагинативных задач, но не обеспечивает его, поскольку они обычно «стремятся заменить творческий подход к историческому материалу репродуктивным». Поэтому следует специально обучать их «оперировать своими представлениями, создавать на основе полученной информации новые образы». Необходимо также обеспечить благоприятную психологическую атмосферу: «Учащиеся охотно и успешно выполняют образные задания только в том случае, если безусловно доверяют своему учителю, убеждены в его чуткости и доброжелательности». В качестве мыслительных задач (в одних случаях – квазирутинных, в других – нерутиных) выступают в психологическом плане математические задачи. Для их решения в принципе достаточно одного только пути «а». Вспомним хотя бы задачу, проанализированную в 5.4.1. Использование связей между моделями известных предметов и моделями неизвестных предметов позволило решить ее без того, чтобы непосредственно извлекать информацию из системы, моделируемой предметом задачи (например, путем измерения с помощью линейки каких-либо размеров треугольника ABC)². Сошлемся в этой связи на определение математи-

ческой задачи С. О. Шатуновским: «Задача есть изложение требования «найти» по «данным» вещам другие, «искомые» вещи, находящиеся друг к другу и к данным вещам в указанных соотношениях». (Подчеркнем, что здесь речь идет именно о математических задачах, а не о прикладных задачах, решаемых с помощью математики. В таких задачах обычно приходится «уточнять условие посредством обращения к источнику информации. Источниками, датчиками информации являются: сам рассматриваемый объект, заказчик, для которого решается задача, справочные пособия и др.». Примеры подобных задач, использовавшихся академиком П. Л. Капицей в вузовском курсе физики, мы приводили в 5.3.3).

В рамках педагогики математики это определение, сформулированное еще в 1910 г., по сей день остается одним из лучших. Правда, В. М. Брадис критиковал его на том основании, что под него якобы не подходят многие задачи на доказательство. С этим трудно согласиться: ведь способ доказательства (точнее говоря, последовательность операций, посредством которых из известных определений, аксиом и теорем, а также из имеющихся в задаче сведений о конкретных объектах логически выводится то, что требуется доказать) также можно считать «искомой» вещью, находящейся в указанном отношении к «данным» вещам.

Путаница здесь возникает из-за неоднозначности понятия «данное» (применительно к конструктивно техническим задачам мы говорили о ней в 5.4.1). **При характеристике процесса доказательства в математике принято называть *данным* («тем, что дано») ту информацию, из которой должна логически следовать некоторая другая информация («то, что требуется доказать»).** Но с точки зрения теории задач и «то, что дано», и «то, что требуется доказать», в равной мере являются известными («данными») предметами.

В 5.4.1 шла речь о том, что компоненты познавательной задачи могут быть в разной степени представлены в ее формулировке. В связи с этим заслуживают внимания выделенные Н. В. Гродской (на материале школьного курса родного языка) виды мыслительных задач, различающиеся по «степени сформулированности и сокращенности их условия»:

1) задача, «сформулированное условие которой содержит систему известных и неизвестных данных, а также требование установить значения неизвестных»;

2) задача, «в сформулированном условии которой содержатся неизвестные и требование установить их значения, а системы известных данных, с которыми должны быть соотнесены неизвестные в процессе решения задачи, нет»;

3) задача, «сформулированное условие которой состоит только из требования установить значения неизвестных, хотя самой системы неизвестных, как и стемы известных, нет. Задачи этого вида часто встают перед учащимися в форме обобщенного вопроса, лишенного специфических особенностей: «Что это», «Почему?», «Вследствие чего?» и т. п.»;

4) задача, «условие которой вообще не формулируется, а лишь задается общими требованиями наличной ситуации. (Примером задач этого вида могут быть разные орфографические и пунктуационные

задачи, которые приходится самостоятельно решать учащимся при написании контрольных диктантов, изложений, сочинений и т. п.)». Необходимо, чтобы учащиеся умели выделять ситуации, где требуется поставить такую задачу, правильно ее ставили и решали.

Наряду с охарактеризованными выше разновидностями познавательных задач при психологическом анализе деятельности рассматриваются также *мнемические* задачи, в том числе задачи запоминания и задачи вспоминания. Легко убедиться в том, что и они могут быть интерпретированы как познавательные (в принимаемой нами трактовке последнего понятия). В самом деле, задача запоминания направлена на обеспечение достаточной полноты того сохраняемого в памяти знания, которое сможет быть актуализировано в процессе будущей, предстоящей деятельности, с тем чтобы выступить в качестве средства решения ее задач. При этом подлежащая запоминанию информация всегда привязывается к уже хранящейся в памяти (например, текст стихотворения – к его названию).

Проявление характерных свойств познавательных задач в задаче вспоминания проиллюстрируем на типичном примере. «Предположим, – писал У. Джемс, – что мы пытаемся вспомнить забытое имя. Любопытно состояние нашего сознания. В нем существует пробел... Это пробел, который интенсивно активен. В нем имеется разновидность «двойника» имени, манящего нас в правильном направлении, вызывающего у нас иногда трепет от чувства нашей близости и затем отбрасывающего нас назад без нахождения искомого термина. Если нам предлагаются неправильные имена, этот однозначно определенный пробел действует немедленно таким образом, чтобы отвергнуть их. Они не соответствуют его шаблону. И пробел одного слова не похож на пробел другого...». С нашей точки зрения, описанный здесь «пробел» можно охарактеризовать как существующую в сознании субъекта модель, несущую недостаточно полную информацию об имени, хранящемся в памяти субъекта, но скрытом (пока задача не решена) от сознания.

Для решения мнемических задач, так же как и перцептивных, преимущественно используется выделенный выше путь «б» (извлечение недостающей прямой информации из объекта познания), совмещаемый в большей или меньшей степени с путем «а» (использованием связей между компонентами знания, находящегося в распоряжении решателя – в данном случае познающего субъекта). Однако, в то время как в перцептивной задаче объект познания находится, как правило, вне субъекта, в задаче запоминания таким объектом является некоторый уже сформированный в процессе

восприятия образ (модель, находящаяся в поле сознания), а в задаче вспоминания – модель, хранящаяся (наверняка или предположительно) в психике субъекта, но вне поля сознания.

Мнемические задачи используются в обучении весьма широко. Не всегда, однако, их применение оправдано, и способы их решения сплошь и рядом далеки от оптимальных. Тенденция многих учащихся к механическому заучиванию нередко фактически поддерживается учителями и даже некоторыми методистами (соответствующие факты приводит Я. И. Груденов. Путь к ее преодолению лежит в вооружении учащихся «приемами логического запоминания» и, вообще, в обеспечении тесной взаимосвязи мнемических и мыслительных задач в процессе учения.

5.4.3. Коммуникативные задачи и их соотношение с познавательными

Как уже отмечалось, с познавательными задачами во многом сходны *коммуникативные*. Подобно понятию познавательной задачи, понятие коммуникативной задачи допускает как психологическую трактовку, так и более общую, вводимую в рамках **общей теории задач**. В соответствии с этой последней трактовкой **структура коммуникативной задачи может быть описана так. Предметом коммуникативной, как и познавательной, задачи является нуждающееся в усовершенствовании знание**, причем структура этого предмета в его исходном состоянии совершенно аналогичная той, которая была описана в 5.4.1 для познавательных задач. Отличие состоит в следующем. **Решая познавательную задачу, некоторый решатель Q совершенствует знание I_q , которым он сам обладает; решая же коммуникативную задачу, он совершенствует знание L_R , которым обладает другая активная система – реципиент (скажем, R).** Сущность этого совершенствования состоит в приведении знания L_R в соответствие с принимаемым за совершенное знание I_q , которым владеет решатель Q (знания I_q и L_R описывают, конечно, один и тот же объект познания – обозначим его K). **Критерием решенности коммуникативной задачи являются достижение достаточной условной полноты информации, несомой знанием I_r об объекте K , причем за эталонное принимается знание I_q .** От этой общей трактовки легко перейти к психологической, если принять, что Q – решающий коммуникативную задачу субъект, а R – другой субъект, знания которого он должен обогатить (или, может быть, каждый субъект из некоторой группы, например из класса, с которым работает учитель Q).

Чтобы решить коммуникативную задачу, направленную на обогащение знаний субъекта *R*, субъект *Q* должен организовать решение субъектом *R* соответствующей познавательной задачи (или обеспечить такое решение, если данная коммуникативная задача поставлена перед субъектом *Q* самим субъектом *R*). Решить коммуникативную задачу субъект-реципиент *R* может лишь в том случае, если каким-то (пусть весьма неполным) знанием обладает заранее (вспомним анализ познавательной задачи в 5.4.1). Недаром источник информации сравнивают с сосудом, из которого способен испить только тот, кто «пил до этого из других сосудов, чтобы быть подготовленным к восприятию информации».

Решение коммуникативных задач учащимися специально организуется, в частности, при их обучении выразительному художественному чтению. Например, внимание учащихся привлекается к тому, что, «сказывая сказку, надо помогать не только живо представить происходящее, но и направлять ожидания слушателей... Побуждая учащихся манерой сказывания воздействовать на слушателей, вызывая то настороженность, то восхищение, любованье, можно раскрыть мастерство сказочников, искусство повествования».

Недостаточное внимание преподавателя к насыщению деятельности учащихся коммуникативными задачами снижает ее мотивацию и результативность. На занятиях, констатирует Г. М. Иваницкая, «мы чаще всего ставим учащихся в такое положение, когда они говорят и пишут ради самого процесса, не обращая ни к кому и не преследуя никакой цели (если не считать получение оценки)». В этом она усматривает «важнейшую причину того, что сочинения и высказывания учащихся часто бывают неинтересными и невыразительными».

В противовес подобной практике стимулируемое преподавателем стремление решить коммуникативную задачу способствует активизации не только речевых, но и познавательных процессов. Так, при изучении иностранного языка оно «подводит учащегося к необходимости поиска средств выражения (нужных слов). Учащийся находит их в словаре, тексте, «просит» у учителя» [89, с. 5]. В экспериментах В. В. Андриевской младшие школьники должны были **вычленить смысловую структуру сюжетного рисунка (мыслительная задача) и описать эту структуру понятно для партнера-соученика (коммуникативная задача)**. Было установлено, что наличие последней способствует выработке эффективных стратегий анализа изображений.

5.4.4. Вопросы и ответы. Закрытые и открытые задачи

Введем в рассмотрение понятие *вопроса*. В рамках теории задач **вопрос** можно определить как знаковую модель (обычно – словесную формулировку) требования познавательной или коммуникативной задачи (или же части такого требования, относящейся хотя бы к одному из фигурирующих в задаче искомым предметам). С этой точки зрения вопросом следует считать не только предложение «Чему равен периметр квадрата?», но и предложение «Найдите периметр квадрата».

Здесь используется, таким образом, **не грамматическое, а логическое понятие вопроса**. Характеризуя его, Ф. С. Лимантов отмечает «очень сложную взаимосвязь вопросов с грамматическими формами их выражения в естественных языках». И хотя «наиболее адекватной формой воплощения вопроса в естественном языке является вопросительное предложение», вопрос может выражаться также повелительными и повествовательными предложениями, а вопросительное предложение иногда выражает утверждение, просьбу и т. п. Под понятие вопроса, как оно определено выше, не подпадают и так называемые неправильные (незаконные) вопросы, например: «Какова температура атома газа?» «Этот вопрос, – пояснял И. К. Кикоин, – узаконен потому, что понятие «температура» относится к газу, состоящему из большого числа атомов в состоянии равновесия, для определенного атома такого понятия нет». Неправильный вопрос можно рассматривать как компонент или частный вид псевдозадачной формулировки. Знаковая модель соответствующего определенному вопросу результата решения познавательной задачи – это *ответ* на указанный вопрос. Ответ является *правильным*, если достигнута достаточная **полнота (т. е. и объем, и адекватность) информации об искомом предмете (предметах), которого (которых) касается вопрос**; *неправильным*, если не достигнута ее достаточная адекватность; *частичным*, если при достаточной адекватности не достигнут требуемый объем информации.

Как было показано в 5.4.1, множество достижимых приемлемых результатов решения познавательной задачи (по отношению к каждому искомому предмету) может быть пустым, конечным (в простейшем случае содержащим только один результат) и бесконечным. Для познавательной задачи, имеющей сформулированное требование (т. е. один или большее число вопросов), здесь следует говорить о

множестве достижимых правильных ответов на вопрос задачи (или на каждый из ее вопросов).

Если рассматриваемое множество конечно, то возможны ситуации, когда оно является подмножеством некоторого множества (содержащего обычно еще и неправильные ответы), все компоненты которого представлены в исходном предмете задачи. В этом случае, чтобы решить задачу, достаточно выбрать (для каждого из ее вопросов, если их больше одного) подходящий ответ из находящегося в распоряжении решателя набора вариантов. Познавательные задачи, которых для всех искомым предметом имеют место такие ситуации, будем называть *закрытыми*, а прочие познавательные задачи – *открытыми*.

Для того чтобы четкая закрытая познавательная задача оказалась рутинной (или квазирутинной), в принципе достаточно предоставить в распоряжение решателя алгоритм (или квазиалгоритм) поиска ответа (ответов) на вопрос (вопросы) задачи. (**Поиск понимается при этом как процесс выделения элемента с заданными свойствами из некоторого конечного множества.**) Как пишет Дж. Слэйгл, характеризуя решение задач системами искусственного интеллекта, «если для нахождения достаточно провести поиск среди небольшого числа возможностей, задача тривиальна – программа в состоянии просто рассмотреть все эти возможности». Если, однако, приходится вести поиск среди большого числа возможностей, то процесс поиска может оказаться слишком громоздким, так что иногда целесообразнее обратиться к нерутинному способу решения задачи. Об этом мы уже говорили в 5. 3.2.

От понятий закрытой и открытой задач следует отличать понятия *закрытого* и *открытого вопросов*. Закрытым называют такой вопрос, в котором множество возможных ответов на него перечисляется явным образом или задается его грамматической формой. Прочие вопросы называют открытыми.

Так, например, вопрос «Чем различаются снег и лед?» является открытым, а вопрос «Что быстрее тает: снег или лед?» – закрытым. К закрытым вопросам относятся, в частности, такие, которые требуют ответа «да» или «нет».

Задача, сформулированная в виде вопроса «Чем отличаются снег и лед?», также является открытой. Но иногда задача закрыта, хотя и формулируется с помощью открытого вопроса.

Рассмотрим в качестве примера грамматическую задачу из сборника упражнений по русскому языку, в которой для каждого из существительных, содержащихся в предложенном тексте, требуется

указать род, число и падеж. Хотя возможные значения рода, числа и падежа не перечислены явно в формулировке задачи, т. е. все вопросы задачи являются открытыми, саму задачу естественно считать закрытой, если эти значения хорошо известны решающему ее учащемуся (и поэтому, рассматривая задачу как отнесенную к нему, целесообразно при ее анализе считать, что информация об этих значениях включена в исходный предмет задачи).

На деятельность учащегося по решению задачи оказывает влияние не только то, является ли открытой или закрытой задача, но и то, являются ли открытыми или закрытыми вопросы, содержащиеся в формулировке этой задачи. Так, в программированном обучении использование закрытых вопросов (и соответственно так называемых выборочных ответов) побуждает некоторых учащихся, в особенности слабых, к попыткам отгадывать правильный ответ вместо того, чтобы находить его путем рассуждений.

5.4.5. Трехкомпонентные познавательные задачи

Рассмотрим класс познавательных задач, в которых идет речь о некоторой процедуре (в частном случае – одиночной операции) (*Пр*), переводящей некоторый предмет из начального состояния (*НС*) в конечное состояние (*КС*). В предмете любой задачи этого класса можно выделить три компонента, моделирующие соответственно **состояние *НС*, состояние *КС* и процедуру *Пр***.

Начальные и конечные состояния, а также операции и процедуры, моделируемые компонентами предмета познавательной задачи (их называют *состояниями*, *операциями* и *процедурами первого рода*), не следует смешивать с начальным (исходным) и конечным (требуемым) состояниями всего предмета задачи, т. е. с так называемыми *состояниями второго рода*, и с *операциями* и *процедурами второго рода*, осуществляемыми решателем и направленными на перевод предмета задачи из исходного состояния в требуемое.

Различие операций первого и второго рода проиллюстрируем на примере простейших задач, формулировки которых приводятся ниже.

Задача 1. « $2 + 3 = x$. Найти x ».

Способ решения: складываем числа 2 и 3. Получаем: $x = 5$.

Задача 2. « $2 + x = 5$. Найти x ».

Способ решения: из 5 вычитаем 2. Получаем: $x = 3$.

В обеих задачах операцией первого рода является сложение. Но в качестве операции второго рода сложение выступает только в задаче

1, в то время как в задаче 2 операцией второго рода служит вычитание. Заметим, что эта задача представляет собой алгебраическую модификацию одного из видов так называемых обратных арифметических задач, вызывающих при отсутствии правильного педагогического руководства значительные трудности у детей в начале школьного обучения. Их источник лежит именно в различии между операциями, представленными в предмете задачи, и теми операциями, которые должен осуществить ученик, чтобы решить ее.

Применительно к задаче 2 можно говорить о предметах «2» и «х» как о нашедшихся в начальном (несложном) состоянии первого рода; в конечном (сложном) состоянии первого рода они выступают в виде одного числа 5. В то же время уравнение $2 + x = 5$ представляет собой начальное состояние предмета задачи в целом (состояние второго рода).

Найдя значение x , удовлетворяющее данному уравнению, решатель преобразует предмет задачи к виду $x + 3 = 5$, представляющему собой конечное состояние второго рода.

К сожалению, в литературе по решению задач нередко допускается смешение состояний и операций первого и второго рода. Это связано с тем, что одни и те же термины: «наличное (исходное, начальное) состояние» и «потребное (требуемое, конечное) состояние» – используются, как правило, без всяких оговорок для обозначения состояний то первого, то второго рода.

Обратимся к шуточному примеру У. Рейтмана. Рассматривая «классическую задачу превращения свиного уха в шелковый кошелек», он говорит, что, «если дано, что имеется свиное ухо, эта задача в значительной степени сводится к задаче отыскания последовательности операций над этим ухом, превращающих его в шелковый кошелек». Но из того, что первая задача «в значительной степени сводится» ко второй, никак не вытекает допустимость отождествления первой (материально направленной) задачи со второй (познавательной). Исходным состоянием предмета первой задачи является свиное ухо, а пре-состоянием – шелковый кошелек. Исходным состоянием предмета второй задачи является описание превращения свиного уха в шелковый кошелек, не содержащее описания (достаточно полного) процедуры этого превращения (но и свиное ухо, и шелковый кошелек описаны с достаточной полнотой и в этом смысле совершенно «равноправны» в отличие от их явного неравноправия в первой задаче). Требуемым же состоянием предмета второй задачи является такое описание указанного превращения, в котором его процедура описана достаточно полно.

Имеет смысл различать шесть видов трехкомпонентных познавательных задач рассматриваемого класса (см. табл. 3, где даны также простейшие примеры формулировок задач каждого вида). В таблице использованы обозначения *НС*, *Пр* и *КС*, расшифрованные в начале параграфа. Знаком «+» обозначается известный компонент; знаком «–» – неизвестный.

Таблица 3.

Шесть видов трехкомпонентных познавательных задач

№ п/п	Вид задачи	<i>НС</i>	<i>Пр</i>	<i>КС</i>	Пример формулировки задачи
1	Задача <i>исполнения</i>	+	+	–	«Пользуясь таблицей синусов, найти синус $27^{\circ} 35'$ »
2	Задача <i>преобразования</i>	+	–	+	«Доказать, что $\sin 105^{\circ} = \cos 15^{\circ}$ »
3	Задача <i>восстановления</i>	–	+	+	«Пользуясь таблицей синусов, найти $\arcsin 0,412$ »
4	Задача <i>построения</i>	–	–	+	«Представить числа 0,825 как какую-либо тригонометрическую функцию острого угла»
5	Задача <i>использования процедуры</i>	–	+	–	«Дать пример нахождения синуса угла с помощью таблицы»
6	Задача <i>использования имеющегося состояния</i>	+	–	–	«Указать значение какой-либо тригонометрической функции угла 48° »

В качестве иллюстрации на рис. 3 дана схема задачи преобразования (она является, конечно, одной из возможных конкретизации общей схемы задачи, представленной на рис. 1). Различие состояний (*НС* и *КС*), моделируемых компонентами предмета

задачи, и состояний (исходного и требуемого) этого предмета в целом представлено на схеме весьма наглядно.

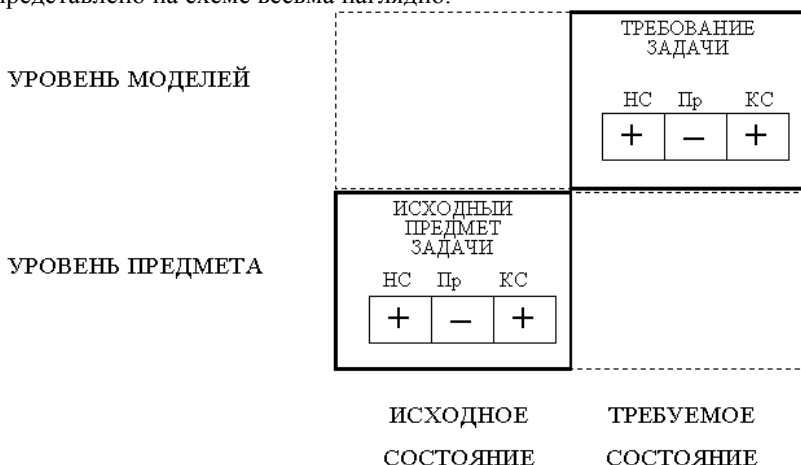


Рис. 3

Итак, **задачи преобразования – это частный вид познавательных задач.** Но тогда верно ли, что «в большинстве случаев решение задачи – это процесс преобразования некоторой начальной (заданной) ситуации в некоторую конечную (требуемую) ситуацию»? **С нашей точки зрения, именно так обстоит дело при решении не большинства, а всех задач.** В преобразовании исходного состояния предмета задачи в требуемое состоит решение любой задачи, в преобразовании несовершенного знания в боле совершенное – **решение любой познавательной (а также коммуникативной) задачи.** Не нужно только смешивать это преобразование с тем, которое служит объектом познания и способ которого в некоторых познавательных задачах – именно они названы в табл. 3 задачами преобразования – является искомым.

Примером задачи преобразования является знаменитая задача о квадратуре круга, формулируемая следующим образом: **«Дан круг, радиус которого известен; требуется построить при помощи циркуля и линейки квадрат, площадь которого в точности равнялась бы площади этого круга» (эта задача, как известно, принципиально неразрешима).**

Обратим внимание на то, что мы относим данную задачу к задачам преобразования, хотя по классификации, принятой в

геометрии, это задача на построение: **построение с точки зрения геометрии и с точки зрения общей теории задач – разные вещи**. Ряд примеров задач построения (в том смысле, какой придается этому термину в теории задач) приводит У. Рейтман. Он, в частности, пишет: «Рассмотрим, с одной стороны, ученого, который хочет дать объяснение странному явлению, которое он только что наблюдал, а с другой стороны, вора, который ищет себе алиби, чтобы доказать свою непричастность к событиям, приведшим к его аресту. Как бы они ни отличались во всем остальном, оба сходны в том отношении, что перед ними стоят задачи, для которых характерно то, что они включают достаточно хорошо определенные конечные состояния и по существу бессодержательные начальные состояния и процессы».

Классификация трехкомпонентных познавательных задач оказывается полезна при интерпретации результатов психологических экспериментов. Так, в исследовании А. Е. Самойлова [197] (мы уже упоминали о нем в 5.3.4) была установлена склонность многих субъектов ставить перед собой задачу преобразования даже в тех ситуациях, которые объективно требуют постановки более сложной по своей структуре задачи построения. Была выделена также группа лиц, которые, напротив, склонны ставить перед собой задачу построения даже в тех более простых ситуациях, которые объективно требуют постановки задачи преобразования. На основе проведенного исследования разработаны рекомендации по учету такого рода склонностей при организации трудовой и учебной деятельности.

Говоря о возможных педагогических применениях рассматриваемой классификации, отметим, что в учебных целях применяют, как правило, задачи первых четырех из представленных в табл. 3 видов. Между тем задачи пятого и шестого видов могут быть не менее полезны. К последнему виду относятся, в частности, так называемые задачи-модели, разработанные Е. И. Машбицем и оказавшиеся весьма эффективными. В таких задачах указывалась, например, какая-либо одна характеристика прямоугольного треугольника (скажем, синус одного из острых углов) и требовалось найти все характеристики, которые можно определить исходя из нее.

Отнесение познавательной задачи, сформулированной определенным образом, к тому или иному из рассмотренных видов может зависеть от того, каким образом исследователь выделяет компоненты предмета задачи, какие именно подразумеваемые сведения он считает добавленными к сведениям, явно содержащимся в формулировке задачи.

Так, например, задача, имеющая формулировку «Решить уравнение $x^2-5x+6=0$ », может быть истолкована как задача восстановления, где x есть неизвестное начальное состояние некоторой числовой величины, а известны, во-первых, произведенная над этой величиной процедура, состоящая из операций возведения в квадрат, умножения, вычитания и сложения, и, во-вторых, ее конечное состояние – нуль. Но той же формулировке можно поставить в соответствие и задачу исполнения, где неизвестен результат решения уравнения (его корни), известен начальный вид уравнения и предполагается известной процедура его решения.

Заметим, что если описываемая задача трактуется как неотнесенная, то обе указанные интерпретации равноправны. Если же она рассматривается как отнесенная к школьнику, который должен ее решать, то ее следует считать задачей исполнения, если этому школьнику известен общий метод решения квадратных уравнений, и задачей восстановления, если такой метод ему не известен, но он понимает, что значит «решить уравнение».

В предметах познавательных задач описываемого в настоящем параграфе класса можно выделять три компонента иным образом, чем описано выше; вместе с тем иногда оказывается полезным выделять четыре компонента. Так, Ю. М. Колягин показал (применительно к школьным математическим задачам), что полезно вводить в рассмотрение наряду с тремя компонентами, которые могут быть отождествлены с описанными выше, еще и четвертый, который он назвал «базисом решения задачи». **Последний представляет собой «теоретическую или практическую основу» для преобразования начального состояния изменяемого предмета в конечное посредством определенной процедуры (примером здесь может служить теорема, устанавливающая правомерность такого преобразования).**

Ю. М. Колягин построил классификацию четырехкомпонентных задач и на ряде примеров продемонстрировал, что она «дает возможность, изменив формулировку почти любой традиционной школьной задачи, получать задачу нового типа». Это позволяет существенно обогатить находящийся в распоряжении учителя набор обучающих воздействий.

5.4.6. Эвристические средства

Продолжим применительно к познавательным задачам начатое в разделе 5.3 рассмотрение средств решения задач.

Для решения нерутинных познавательных задач оказываются необходимыми так называемые *эвристические средства*. Эвристическими (применительно к задаче m_q) мы называем все средства (помимо алгоритмов и квазиалгоритмов ее решения), которые обладают следующими свойствами:

а) они находятся или могут находиться в распоряжении решателя Q ;

б) они являются моделями для него, т. е. несут для него информацию;

в) их применение делает возможным или облегчает (или хотя бы может сделать, возможным или облегчить) решение задачи m_q . (Под «облегчением» здесь понимается уменьшение уровня трудности задачи по сравнению с тем случаем, когда при прочих равных условиях рассматриваемое эвристическое средство отсутствует.)

Часто эвристические средства называют просто «эвристики». Мы предпочитаем термин «эвристическое средство» во избежание смешения с «эвристикой» как отраслью науки.

Всякое эвристическое средство можно охарактеризовать, во-первых, его *силой*, т. е. тем, в какой мере применение этого средства уменьшает (или может уменьшить) трудность рассматриваемой задачи или задачи рассматриваемого класса, и, во-вторых, *широтой сферы применимости*, т. е. объемом класса задач, трудность которых может быть уменьшена благодаря применению этого средства. Примерами эвристических средств с весьма узкой сферой применимости являются подсказки и намеки, относящиеся к содержанию конкретной индивидуальной задачи. Примерами эвристических средств, обладающих чрезвычайно широкой сферой применимости, могут служить основные законы формальной и диалектической логики.

Понятие эвристического средства, как мы его трактуем, охватывает очень широкий круг самых разнородных образований, начиная от наглядных пособий и кончая возникающими у субъекта ассоциациями или даже его эмоциями. Распространяя на эвристические средства проведенную в 5.1.2 классификацию моделей, мы различаем материальные, материализованные и идеальные эвристические средства. Приведем несколько примеров. При решении задачи, связанной с анализом работы какого-либо технического устройства, его действующая модель может служить материальным эвристическим средством. В качестве материализованных эвристических средств могут выступать печатные инструкции, графические схемы, устные указания руководителя работы и т. п. Те же указания, когда решающий задачу человек вспоминает их, или та

же схема, как она существует в его представлении,— это уже идеальные эвристические средства.

Рассмотрим (не приводя соответствующих определений) некоторые виды эвристических средств.

1. *Эвристические сведения.* Применительно, например, к физическим задачам в качестве таковых выступают закон Архимеда, закон сохранения энергии и другие физические законы.

Заметим здесь, что важную эвристическую роль способны играть сведения, а также образы, казалось бы, не имеющие отношения к содержанию решаемой задачи. Это связано с тем, что, говоря словами Э. де Боно, **«вы никогда... не получите новой идеи, если будете изучать только ту информацию, которая соответствует старой идее».**

2. *Эвристические предписания.* Их примерами могут служить разработанные Б. А. Гохватом (и с успехом использованные в школьном обучении) указания по построению «учебных алгоритмов преобразования».

Приведем одно из них. Оно направлено на получение «учебного алгоритма», обеспечивающего построение математического объекта на основе его генетического определения. Для получения такого «учебного алгоритма» нужно: «1) выделить операции, необходимые для построения объекта; 2) найти рациональную их последовательность; 3) определить логические условия их выполнения; 4) выделить дополнительные операции, которые производятся в случае невыполнения логических условий; 5) построить учебный алгоритм».

Весьма развернутыми эвристическими предписаниями являются разработанные Г. С. Альтшуллером различные модификации «алгоритма решения изобретательских задач» (АРИЗ). С точки зрения описываемой в настоящей книге системы понятий, это, конечно, не алгоритм и даже не квазиалгоритм, поскольку эффективность или квазиэффективность предусматриваемых им операций вовсе не гарантируется.

3. *Эвристические рекомендации.* Примером их набора служит следующий отрывок из указаний Д. Пойа по решению «задач на нахождение».

«Рассмотрите неизвестное. И постарайтесь припомнить знакомую задачу с тем же или подобным неизвестным. Сохраните только часть условий, отбросив остальные; в какой мере теперь определяется неизвестное? Как можно его варьировать? Сумеете ли вы вывести что-нибудь полезное из данных? Сможете ли вы придумать другие данные, из которых можно было бы определить неизвестное?».

Системы эвристических рекомендаций, рассчитанные на использование на разных этапах процесса решения учебных математических задач, приводит Ю. М. Колгун.

Подобно алгоритмам и квазиалгоритмам решения задач, эвристические сведения, предписания и рекомендации могут находиться в распоряжении решателя в различной форме: то ли *внешней опоры*, то ли *внутреннего достояния*.

В качестве эвристических сведений, являющихся внутренним достоянием субъекта, выступают его *знания*, находящие применение при решении задачи. Что касается *умения* субъекта решать задачи некоторого класса, то его естественно трактовать как квазиалгоритм решения задач этого класса или же обладающее достаточной силой эвристическое предписание по их решению при условии, конечно, что такой квазиалгоритм или предписание является внутренним достоянием субъекта.

Как известно, в психологии активно исследуются так называемые *стратегии* – психические образования, обеспечивающие «интеграцию основных операций в сложные формы мышления». Каждая стратегия применима обычно к достаточно широкому классу задач. Таковы, например, выделенные при изучении творческой деятельности конструкторов «мыслительные стратегии поиска аналогов, комбинирования, реконструирования, а также объединенные, универсальные стратегии...». Возрастающее внимание уделяется анализу стратегий учения и формированию у обучаемых наиболее эффективных из них.

В нашей системе понятий *стратегию решения задачи* (или задач некоторого класса) можно охарактеризовать как эвристическое предписание или рекомендацию, находящуюся в распоряжении решателя и несущую информацию о свойствах способа решения данной задачи (или любой задачи данного класса). Стратегии решения подзадач некоторой задачи описываются иногда под названием *тактик*. Для характеристики индивидуально-типологических особенностей, выражающихся в предпочтении определенных стратегий, используется понятие *когнитивного стиля* (в том числе стиля учения, стиля мышления). Резонно обращается внимание на важность осознания субъектом «собственного стиля мышления, его сильных сторон и его слабостей».

Среди эвристических средств, используемых для решения мыслительных задач, особую роль играют так называемые *общелогические указания* (выступающие в форме сведений или предписаний). Они несут информацию о средствах и способах

рассуждений безотносительно к особенностям предметов, о которых эти рассуждения ведутся. При этом полезно различать *доказательно-логические* и *правдоподобно-логические* указания, несущие соответственно информацию о способах и средствах доказательных и правдоподобных рассуждений.

Логике правдоподобных рассуждений нередко называют эвристической логикой. Д. Пойа говорит об «эвристических умозаключениях» в противоположность доказательным. Термин «эвристический» имеет в этом контексте примерно такой смысл: «способствующий получению новых правдоподобных суждений, но не обеспечивающий доказательства их истинности». Такое словоупотребление может, на наш взгляд, порождать путаницу, поскольку эвристическими (облегчающими решение нерутинных познавательных задач) средствами являются и доказательно-логические указания, которые не имеют отношения к логике правдоподобных рассуждений.

(Нередко в литературе вообще противопоставляют «эвристическое» «логическому», но это связано с употреблением, по крайней мере, одного из этих терминов в совершенно ином смысле, чем принятый нами. Так, И. Мюллер разграничивает «эвристические последовательности операций» и «логические последовательности операций». Второй термин при этом означает, однако, не что иное, как алгоритмы решения задач.)

Общелогические указания (как доказательнологические, так и правдоподобно-логические), являющиеся достоянием субъекта, играют весьма важную роль в решении им разнообразных познавательных задач. В связи с этим продолжает оставаться актуальной не решенная до сих пор проблема специального формирования общелогических умений у школьников.

Отметим в заключение важную роль и недостаточную разработанность (в том числе применительно к школьному обучению) *содержательно-логических указаний*. В отличие от общелогических они несут информацию о средствах и способах рассуждений, посвященных не любым предметам, а принадлежащим некоторой области. Наибольшую ценность представляют при этом рассуждения, реализующие принципы диалектической логики и находящие применение при формировании содержательных (теоретических) обобщений.

5.4.7. Решение задач и творчество

Исследования творчества в психологическом и педагогическом аспектах является особо актуальными. В соответствии с темой 5-го раздела рассмотрим соотношение творчества и решения задач.

Понятие творчества, как известно, весьма многогранно. Многие из его трактовок при всех своих достоинствах не подходят для наших целей, будучи либо слишком широки (таково, например, понятие «творчества в самом широком смысле... как механизма развития, как взаимодействия, ведущего к развитию»), либо чересчур узки (здесь мы имеем в виду принятое в социологии, науковедении, искусствоведении и других науках понятие творчества как создания продуктов, обладающих выраженной социальной ценностью и новизной). **Нас интересует творчество в психологическом плане как совокупность тех компонентов деятельности субъекта, которые хотя бы для него оказываются носителями принципиально новых качеств.**

В соответствии с проблематикой настоящей работы сосредоточим внимание на том, с какими характеристиками решаемых субъектом задач сопряжено творчество.

Начнем с введенного в 5.2.1 различения задач сохранения (удержания) существующего положения вещей и задач его изменения. Какой из этих типов задач в большей мере требует творчества? Поначалу ответ представляется очевидным: **ведь именно в инновациях принято видеть сущность творчества.** В действительности дело обстоит сложнее. Во-первых, изменение существующего положения приводит к состоянию, новому по сравнению с тем, которое непосредственно предшествовало ему, но отнюдь не обязательно – к принципиально новому. Во-вторых, задачи удержания сложнее многих инновационных в том отношении, что требуют учета не только актуальных, проявляющихся в данный момент, но и потенциальных свойств предмета задачи, прогнозирования его возможных изменений. На этой основе часто должны предприниматься действия, отличные от тех, к которым побуждает решающего восприятие наличной ситуации. А это значит, что предъявляются дополнительные требования к его волевым и интеллектуальным качествам.

Итак, характер результата решения задачи (изменение наличного состояния или обеспечение его сохранения) не может служить критерием творчества.

Следующее предположение, которое мы обсудим, состоит в том, что такой критерий лежит в новизне для субъекта используемого им способа решения. Ее мы отражаем посредством понятия о нерутинной

задаче, которое явилось уточнением широко используемого понятия «проблемная задача». **Известно, что термины «проблемная задача» и «творческая задача» часто употребляются психологами и педагогами как синонимы. Но оправдан ли подобный подход?**

Представим себе такую ситуацию. Пусть ребенок дошкольного возраста должен путем последовательного нажатия на несколько кнопок находящегося перед ним аппарата добиться того, чтобы зажглась его лампочка. Пусть ребенок не владеет никаким способом, обеспечивающим с достаточно высокой вероятностью решение задачи (в том числе и способом систематического перебора возможных последовательностей). Тем не менее не исключено, что, действуя методом проб и ошибок, он в конце концов решит задачу. Задача является здесь нерутинной для ребенка, но для ее решения не требуется творчество (как оно интуитивно понимается), а значит, нет оснований считать эту задачу творческой.

Мы постарались выбрать яркий пример. Но в плохо организованном учебном процессе встречается множество ситуаций, когда учащиеся, не владея способами решения предлагаемых им задач, действуют наугад, вслепую перебирая известные им возможности. При этом иногда они попадают в точку: результат совпадает с приведенным в учебнике ответом или одобряется учителем. В таких случаях оказываются решенными нерутинные задачи – но никак не творческие.

Итак, из того, что задача является нерутинной для субъекта, не следует, что она требует от него творчества. Но может быть, хотя бы из того, что задача является квазирутинной для него, можно сделать вывод, что творчества от него не требуется? Такая гипотеза выглядит весьма правдоподобной.

Обратимся опять к примеру. Предположим, что редактор газеты поручил журналисту срочно подготовить материал на определенную тему. Этот журналист в прошлом всегда успешно справлялся с такого рода заданиями, и редактор уверен, что он не подведет и на этот раз. Значит, решаемую журналистом задачу – если рассматривать ее решение как единый акт, не вникая в механизм его осуществления, – можно считать квазирутинной для этого журналиста. Правда, может возникнуть вопрос: где здесь квазиалгоритм решения задачи, которым владеет журналист? По меньшей мере, один такой квазиалгоритм указать можно. Он предусматривает выполнение одной операции, которая совпадает с упомянутым выше актом и в ситуации данного типа обеспечивает (с вероятностью, достаточно близкой к единице) подготовку требуемого материала. (Следует уточнить, что мы применяем общее понятие операции в отличие, например, от

одноименного понятия, используемого в концепции А. Н. Леонтьева. Исследователь вправе выделять в деятельности субъекта и мелкие и крупные операции. Он должен только, если речь идет об операциях, предусматриваемых квазиалгоритмом, быть уверен в высокой вероятности их успешного выполнения субъектом).

Приведенный пример иллюстрирует важную особенность заданной структуры деятельности. В дополнение к той очевидной закономерности, что нерутинная задача может включать в себя квазирутинные подзадачи, существуют также и нерутинные подзадачи квазирутинных задач. Такие подзадачи, скорее всего, пришлось решать нашему журналисту, чтобы оправдать оказанное ему доверие.

При этом надо, однако, учесть следующее. Задача перед журналистом поставлена таким образом, что он обладает большой свободой в ее дальнейшем уточнении и выборе способа ее решения. В каждом из уточненных вариантов задача может быть для него нерутинной, так что он вполне может не добиться удачи. Почувствовав это, он переходит к другому, затем, возможно, к третьему варианту – и в результате практически всегда задание оказывается выполненным.

Итак, нерутинность задачи сама по себе не является ни достаточным, ни необходимым условием для того, чтобы задачу можно было считать творческой.

Несомненно, рассматриваемые свойства задач взаимосвязаны, но связь эта не столь проста, как представлялось поначалу.

По всей видимости, нельзя с уверенностью судить о том, носит ли решаемая субъектом задача творческий характер, абстрагируясь от особенностей познавательных процессов, которые должны быть осуществлены для ее решения. Учитывая это, мы сочли необходимым опереться на материалы проведенного в настоящей главе анализа познавательных задач. Мы имеем в виду очевидную связь творчества с использованием пути «в» решения познавательных задач (генерирования недостающей информации, см. 5.4.2) и с благоприятствующим такому использованию открытым характером решаемой задачи (см. 5.4.4).

Учитывая сказанное, попытаемся дать в нашей системе понятий определение *творческой задачи*. При этом будем стремиться к тому, чтобы оно в максимально возможной степени соответствовало интуитивному представлению о таких задачах как предполагающих получение – способом, новым для решающего задачу субъекта, – некоторого (окончательного или промежуточного) результата, также являющегося, – по крайней мере, для этого субъекта – принципиально новым.

Мы называем отнесенную задачу m_q творческой, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

а) m_q является нерутинной открытой познавательной задачей;

б) необходимым условием разрешимости задачи M_Q служит то, что ее подзадачей является некоторая нерутинная открытая познавательная задача n_q .

В качестве упомянутой подзадачи n_q часто выступает задача нахождения способа решения задачи m_q .

Все отнесенные задачи, не являющиеся творческими, будем называть *нетворческими*.

Рассмотрим в качестве примера задачу, где требуется «перечислить все возможные виды использования обычного кирпича». Эта задача является открытой нерутинной познавательной задачей, а следовательно, и творческой задачей практически для любого человека. (О рассматриваемой и подобных задачах говорят, что они требуют «дивергентного продуцирования», или «дивергентного мышления»). Такие задачи используются в получивших распространение на так называемых тестах творческих способностей (creativity tests). Однако, хотя сами по себе эти задачи и следует относить к творческим, отнюдь не доказана целесообразность их использования для прогнозирования успешности решения сложных творческих задач). В самом деле, вряд ли кто-либо обладает то ли прямой информацией обо всех элементах множества, включающего в себя множество всех возможных видов использования кирпича, так что задача является для такого человека закрытой, то ли квазиалгоритмом решения этой задачи (об алгоритме нет и речи), так что задача является для него квазирутинной.

Вернемся к приведенному выше определению творческой задачи и специально обратим внимание на то, что, для того чтобы задачу M_q можно было считать творческой, достаточно выполнения хотя бы одного из условий «а» и «б». Если условие «б» соблюдается, то условие «а» может и не выполняться. Задача M_Q может, в частности, быть квазирутинной (вспомним рассмотренный выше пример с журналистом). Она также может быть закрытой, как, например, задача, сформулированная в виде вопроса: «Справедлива ли континуум-гипотеза?» Над нею, как известно, несколько десятилетий бились лучшие математики мира, пока наконец не была доказана ее неразрешимость.

Существенно, что на вопрос о том, является ли задача творческой (так же, как и о том, например, является ли она

нерутинной), нельзя отвечать, абстрагируясь от характеристик решателя. Задача, являющаяся творческой для школьника, сплошь и рядом не является таковой для учителя. **Задача, являющаяся творческой для конкретного ученого, очень часто уже давно не является таковой для человечества.**

Обеспечивая условия, при которых некоторая нерутинная познавательная задача m_q (или задача нахождения способа решения задачи m_q , выступающая в качестве ее подзадачи) будет обязательно или с высокой вероятностью открытой, мы тем самым повышаем вероятность того, что задача m_q окажется творческой. К числу таких условий относится обеспечение, по крайней мере, для одного из предметов, искомых в задаче m_q (или в задаче нахождения способа ее решения), возможно большего числа достижимых приемлемых результатов решения.

Не случайно академик П. Л. Капица обычно строил свои задачи, рассчитанные на выявление и развитие творческих способностей студентов, «так, чтобы подходов к их решению было несколько, с тем чтобы и в выборе решения могла проявиться индивидуальность студента». У. Рей, «тренируя испытуемых на задачах, требующих только одного решения, и на задачах, допускающих несколько вариантов решения, нашел, что тренировка на задачах с одним решением отрицательно сказывается на оригинальности мышления».

Приведем здесь и слова А. Эйнштейна, не потерявшие поныне своей актуальности: «В сущности, почти чудо, что современные методы обучения еще не совсем удушили святую любознательность, ибо это нежное растение требует наряду с поощрением прежде всего свободы – без нее оно неизбежно погибает».

Говоря о месте творческих и нетворческих задач в деятельности субъекта, следует учитывать доопределение им предлагаемых извне задач (см. 5.3.4). Внешняя задача может не быть творческой, но построенная на ее основе внутренняя может тем не менее оказаться таковой благодаря наложению решающим ее субъектом дополнительных условий, которым должен удовлетворять результат или процесс решения. Ситуации такого типа возникают, в частности, в тех случаях, когда субъект, склонный к творчеству, должен выполнять отнюдь не творческие трудовые задания. Нередко он находит возможность придать своей работе творческий характер (т. е., в нашей терминологии, сделать творческими внутренние задачи). Это явление представляет интерес в социальном плане в двух отношениях. Во-первых, при рациональной организации труда оно непосредственно ведет к повышению его эффективности и качества его продуктов, что

наглядно проявляется в деятельности рабочих-новаторов. Во-вторых, оно способствует тому, чтобы «труд был привлекательным трудом, чтобы он был самоосуществлением индивида, что ни в коем случае не означает, что этот труд будет всего лишь забавой всего лишь развлечением...».

Проанализируем теперь некоторые рассмотренные нами ранее свойства задач с точки зрения того, способствуют ли они тому, чтобы эти задачи оказались творческими.

Обратимся прежде всего к такому свойству, как наличие доступа к внешней информации (о чем говорилось в конце 5.4.1). Благоприятствует ли оно творческому характеру деятельности по решению задачи? Однозначно ответить на этот вопрос нельзя. С одной стороны, свободный доступ к внешним источникам информации нередко побуждает субъекта попыткам отыскать там готовый ответ или нечто близкое к нему, а это может мешать выработке собственных идей, затруднять получение оригинального результата.

А теперь посмотрим на обсуждаемую проблему с другой стороны. С этой целью уточним проведенное только что рассуждение. Мы выдвинули альтернативу: использовать информацию (имеющуюся в готовом виде) или генерировать ее. Но существует и третий вариант: недостающую информацию можно просто вспомнить. В учебном процессе чаще всего реализуется именно он, и возможности для проявления и развития творческих возможностей обучаемых оказываются минимальными.

Разумеется, лучшие педагоги с этим не мирятся. Так, академик П. Л. Капица, разработав серию физических задач проблемного характера и предлагая их студентам на экзаменах, предоставлял «полную свободу в пользовании литературой... Для аспирантских экзаменов составлялись новые и более сложные задачи, но здесь разрешалось экзаменуемому не только пользоваться литературой, но и консультацией». **В. М. Аганисьян описывает организацию выполнения проверочных заданий с разрешением при этом пользоваться учебниками как один из компонентов системы мер, направленных на развитие творческого мышления студентов педагогических вузов.**

Экзаменационные задачи, решаемые с доступом к внешней информации, лучше моделируют задачи научного исследования. Это объясняется не только тем, что последние сами решаются при наличии такого доступа (пусть на определенных этапах – ограниченного), но и тем, что его введение позволяет повысить

уровень нерутинности задачи при сохранении практически приемлемого уровня ее трудности.

Использование задач, решаемых с доступом к внешней информации, представляет интерес не только для высшего образования. В Павлышской школе, возглавлявшейся В. А. Сухомлинским, при повторении материала по гуманитарным предметам широко практиковалась постановка перед учащимися проблемных вопросов. Подготовившись дома к ответам на них, «ученики спорят с книгой в руках, доказывают свои мысли ссылками на источники. При такой постановке вопросов отвечать с помощью книги значительно труднее, чем без книги».

Г. А. Ягодин высказался за переход – и в вузе, и в средней школе – к системе таких экзаменов, «когда можно пользоваться всем, чем угодно, но нужно показать, что ты можешь оперировать тем багажом знаний, который у тебя есть».

Рассмотрим теперь соотношение творческого или нетворческого характера задачи со степенью ее четкости. Многие задачи, решаемые в профессиональной творческой деятельности, являются поначалу нечеткими и становятся квазичеткими в результате накопления социального опыта их решения. «Например, – пишет Х. Дрейфус, – у художника нет никакого критерия, с помощью которого он мог бы определить, что является решением стоящей перед ним художественной задачи... Впоследствии его работа, возможно, послужит основанием для определения стандартных требований, обеспечивающих успех, но тем не менее сам успех первичен по отношению к канонам, вводимым позднее критиками».

Существуют, конечно, четкие творческие задачи. Они характерны, например, для деятельности математиков и шахматистов. Важно, однако, что, будучи четкими в своей исходной постановке, эти задачи предполагают решение многих нечетких подзадач. Отмечается, что существенные трудности в шахматной игре связаны с определением подцелей, с «построением конкретного образа того, что должно быть достигнуто».

При наличии у субъекта творческой направленности нечеткость предложенной ему внешней задачи способствует тому, чтобы построенная на ее основе внутренняя задача оказалась творческой. В этой связи обратимся вновь к задачам П. Л. Капицы. Их характерной чертой «является то, что они не имеют определенного законченного ответа, поскольку студент может по мере своих склонностей и способностей неограниченно углубиться в изучение поставленного

вопроса». Приведем в качестве примера формулировку одной из таких задач.

«Перечислите факторы, которые сказываются на точности хода карманных часов. Оцените относительные значения этих факторов».

Вместе с тем явно нетворческая – четкая или квазичеткая – внешняя задача часто служит основой, на которой субъект строит творческую внутреннюю задачу, причем последняя может быть нечеткой и может вообще не формулироваться. Такого рода явления характерны для деятельности в области искусства. Например, для музыканта-исполнителя, в должной мере владеющего техникой игры на каком-либо инструменте, нотный текст можно рассматривать как запись квазиалгоритма. Но задача реализации этого квазиалгоритма представляет собой лишь основу, на которой должна строиться решаемая исполнителем творческая задача.

Наконец, последнее замечание. Известно, что **важнейшую роль в творческой деятельности играют процессы постановки задач**. Ником образом не ставя под сомнение этот тезис, подчеркнем, что не всякая «задача постановки задачи» является творческой, а только такая, которая удовлетворяет сформулированным выше общим требованиям к творческим задачам. Напомним в этой связи, что методы решения задач «путем выработки и последующего решения подзадач» широко используются и в системах искусственного интеллекта. Разумеется, реализация такого рода методов – будь то машиной или человеком – сама по себе творчеством вовсе не является.

5.5. Оценка трудности и сложности задач

В разделах 5.3 и 5.4 мы рассмотрели ряд понятий, обеспечивающих качественную характеристику задач, т. е. их отнесение к тем или иным типам. Обратимся теперь к понятиям, которые открывают возможность для количественной оценки задач и позволяют дополнить дискретный подход к описанию их свойств непрерывным.

Основными из понятий этого рода являются уровни трудности и сложности задач. В обиходной речи, а нередко и в научной литературе термины «трудность» и «сложность» используются при описании задач почти как синонимы. Между тем целесообразно разграничивать области их употребления. Более того, каждое из этих понятий нуждается в дальнейшей дифференциации.

Проводя ее, мы будем пользоваться, помимо прочего, понятиями *субъективности* и *объективности*. Заметим в связи с этим, что термин

«субъективный» (зависящий от субъекта) употребляется в разных смыслах. Необходимо различать субъективность в онтологическом смысле (зависимость от субъекта как элемента бытия) и в гносеологическом смысле (зависимость от познающего субъекта, от осуществляемого им процесса познания). Сопоставим, к примеру, высказывания «Особенности обучающихся и обучаемых выступают как субъективные факторы эффективности обучения» и «При оценивании знаний учащихся учителями могут сказываться их субъективные предпочтения». В первом высказывании термин «субъективный» употреблен в онтологическом смысле, а во втором – в гносеологическом. Соответствующим образом имеет смысл различать и два вида объективности (независимости от субъекта).

Прежде чем перейти к изложению конкретного материала, подчеркнем, что разработка методов оценки количественных характеристик задач имеет важное практическое значение в плане совершенствования процесса обучения. Справедливо отмечается, что «умение классифицировать задачи по сложности – важная составная часть общего умения учителя составлять системы задач для учащихся». В особенности возрастает важность оценивания количественных характеристик задач в условиях компьютеризации обучения.

5.5.1. Уровень трудности задачи. Уровень нерутинности задачи

В качестве одного из существенных признаков задачи, проблемы, проблемной ситуации психологи называют обычно необходимость преодоления субъектом тех или иных трудностей (затруднений). При этом важную роль играет их качественный анализ. Мы, однако, ограничимся рассмотрением количественного аспекта трудности задач, или, иначе говоря, уровня их трудности. Но для этого потребуется предварительно ввести понятие *ресурсов решателя*. Будем относить к ним находящиеся в его распоряжении средства решения задач, а также время, в течение которого эти средства могут функционировать. Существенное свойство ресурсов состоит в том, что в ходе функционирования решателя они расходуются, т. е. переходят в такое состояние, когда не могут быть вновь использованы (по крайней мере, в течение некоторого времени или без специальных операций по их восстановлению).

Задача m_q , отнесенная к решателю Q , обладающему некоторыми (ограниченными) ресурсами, может быть **охарактеризована уровнем**

трудности этой задачи, т. е. мерой фактического или предполагаемого (прогнозируемого) расходования ресурсов решателя Q на ее решение.

Уточним, что «решение задачи» понимается нами в соответствии с определением, данным в 5.2.2, т. е. имеется в виду успешное решение – приведение предмета задачи в требуемое состояние. Если ресурсы решателя Q недостаточны (в качественном или количественном отношении) для решения задачи m_q , то последняя не может быть решена (этим решателем). Об уровне трудности задачи m_q в таком случае можно говорить лишь условно (считая его бесконечным). Если решение задачи достигается лишь с некоторой вероятностью, меньшей единицы, то уровень ее трудности естественно считать большим, чем следует из оценки реально расходуемых ресурсов.

Уровнем трудности, как он определен выше, можно в принципе характеризовать и задачи, отнесенные к искусственным решателям, например компьютерам. Вместе с тем для неотнесенных задач (как правило, также и для задач, отнесенных к идеализированным решателям) понятие трудности лишено смысла.

Уровень трудности отнесенной задачи m_q зависит от характеристик как неотнесенной задачи M , так и решателя Q . Как явствует из приведенного выше определения уровня трудности, это понятие непосредственно относится не к задаче как таковой, а к процессу (реальному или предполагаемому) ее решения. Если некоторая задача может быть решена различными способами, то уровень ее трудности может существенно зависеть от того, каким именно способом она решается.

Имеет смысл различать *интегральную трудность* (трудоемкость) задачи, характеризующую объем расходования ресурсов (ср. физическое понятие работы), и *дифференциальную трудность*, характеризующую интенсивность расходования. При этом можно выделять мгновенные значения последней и значение, усредненное на отрезке времени, в течение которого решается задача (ср. физические понятия мгновенного значения мощности и средней мощности).

Для количественной оценки трудности решаемых людьми задач используют различные показатели – субъективные и объективные (в гносеологическом смысле).

Субъективные показатели можно разделить на две группы. Показатели первой группы отражают мнения или впечатления самих субъектов, решающих задачи, об их трудности, о вызванном ими

утомлении, а показатели второй группы – мнения экспертов (учителей и методистов в случае учебных задач, руководителей работ в случае трудовых задач и т. д.). Субъективные показатели обеих групп используются, в частности, для характеристики трудности текстов, в том числе учебных.

На две группы делятся и *объективные показатели*. К первой относятся те из них, которые характеризуют расходование ресурсов субъектом. Сюда, в частности, входят: а) физиологические показатели, например изменения частоты пульса, частоты дыхания, артериального давления; б) продолжительность процесса решения; в) дискретные поведенческие показатели, характеризующие объем расходования ресурсов (объем затраченного труда), такие, например, как количество предпринятых субъектом попыток решения задачи.

Показатели подгрупп «б» и «в» являются показателями интегральной трудности, однако сами по себе не всегда адекватно характеризуют ее (например, при малой вероятности достижения решения задачи). В таких случаях приходится учитывать также объективные показатели второй группы: они характеризуют степень успешности процесса решения задачи или качество достигаемого результата. В дальнейшем будем коротко называть их *показателями успешности*. Таковы, в частности, вероятность того, что субъект решит задачу, количество допускаемых им ошибок, количество обращений за помощью, количество подсказок, которые пришлось дать ему, чтобы задача оказалась решенной, и т. д. (Если считать, что успешность улучшается с увеличением каждого показателя успешности, то последние три показателя должны быть взяты с обратным знаком.)

В ряде экспериментальных исследований были установлены корреляции между показателями трудности, относящимися к разным группам. Например, по данным А. М. Сохора, варианты изложения учебного материала оказались одинаковым образом проранжированными по доступности на основе как экспертных оценок учителей и других специалистов, так и индивидуальных экспериментов по проверке усвоения учащимися этого материала.

Заметим при этом, что использование для оценки трудности задач впечатлений тех, кто их решает, требует учета мотивационных характеристик деятельности этих лиц. Так, некоторые учебные тексты по иностранному языку, «которые по всем параметрам оказались самыми трудными, относились по субъективным оценкам учащихся к легким (например, текст о спорте...)».

В ряде случаев уровень трудности задачи характеризуется каким-либо одним показателем. В частности, о трудности включаемых

в тесты заданий для некоторого контингента испытуемых судят обычно, исходя из вероятности их правильного выполнения (которую, в свою очередь, оценивают по проценту испытуемых, правильно выполнивших задание).

Как следует из сказанного выше, в принципе более адекватной является оценка интегральной трудности задачи совокупностью двух или большего числа показателей. Так, для оценки процесса формирования навыка (который может быть интерпретирован как процесс существенного снижения трудности задач некоторого класса) следует, согласно К. М. Шоломию, использовать два критерия: количество ошибок и время выполнения заданий.

Вместо того чтобы оценивать уровень интегральной трудности задачи совокупностью двух (или большего числа) показателей, можно представить его как их функцию, например, возрастающую при увеличении продолжительности решения или иного показателя, характеризующего объем затраченного труда, и убывающую при увеличении показателя, характеризующего успешность процесса решения. Такой подход был применен для оценки трудности предлагаемых для усвоения фрагментов учебного материала (в программированном обучении – «шагов» или «доз»).

Подход, этот, однако, накладывает лишь весьма общие ограничения на вид функции, используемой в качестве меры трудности задачи. Значительно большая определенность в установлении такой меры достигается при использовании следующего метода: интегральная трудность ϕ задачи M_Q определяется объемом ресурсов, которые должен израсходовать субъект для достижения зафиксированного (эталонного) значения показателя успешности γ . Так, например, в экспериментах по формированию двигательных навыков в качестве меры трудности задачи используется «число упражнений, необходимых испытуемому для достижения критерия».

В тех случаях, когда значение показателя успешности γ , которое удобно считать эталонным (обозначим это значение символом γ_3), практически не достигается, величина трудности ϕ часто может быть найдена путем экстраполяции зависимостей, установленных экспериментально в диапазоне значений показателя γ , не включающем γ_3 . В этих случаях величина ϕ , имея размерность показателя объема расходуемых ресурсов, тем не менее не представляет никакого реального отрезка времени (или количества предъявлений и т. п.), зафиксированного в эксперименте. Экстраполяция описанного типа оказалась полезна, в частности, в экспериментальном исследовании

влияния «размера шага» на эффективность программированного обучения.

Чтобы повысить адекватность оценивания трудности задач, обращаются к методам математической статистики. Так, Я. А. Микк, измерив значения 31 показателя трудности задачи понимания текста и проведя факторный анализ, выделил фактор, который он интерпретировал как «суммарную трудность текста». На основе результатов анализа получен ряд формул, связывающих этот фактор с отдельными показателями трудности, доступными непосредственному измерению.

Отметим теперь, что рассмотренные выше понятия интегральной и дифференциальной трудности при всей их полезности охватывают не все даже количественные аспекты того содержания, которое вкладывается в традиционное, интуитивное понятие трудности задачи. Еще один такой аспект представляется возможным учесть с помощью понятия о *уровне* проблемности, или, точнее, *нерутинности*, задачи. Так мы называем характеристику, показывающую, в какой мере решатель, для того чтобы обеспечить решение этой задачи, должен выйти за пределы находящихся в его распоряжении алгоритмов и квазиалгоритмов решения задач.

Рассмотрим простой пример. На одной из математических олимпиад участвовавшим в ней школьникам была предложена *такая* задача: найти сумму всех трехзначных чисел, все цифры которых нечетны. Часть участников олимпиады пошла по наиболее простому, естественному пути: составляется полный список чисел, удовлетворяющих поставленному условию, и вычисляется их сумма. Интересно, однако, что ни один из школьников, выбравших этот путь, не успел в отведенное время довести до конца процесс решения и получить ответ. Другие участники олимпиады пошли по пути отыскания формулы, которая позволяет получить ответ без того, чтобы выписывать и складывать все подходящие числа. Многие из этих школьников успешно решили задачу.

Возникает вопрос: при каком способе решения задачи ее следует признать более трудной для учащихся? Очевидно, это зависит от того, что понимать под трудностью. Если пользоваться нашей системой понятий, то следует констатировать, что интегральная трудность рассматриваемой задачи при первом способе решения выше, чем при втором, однако уровень ее нерутинности при первом способе решения близок к нулю.

5.5.2. Уровень сложности задачи

В отличие от трудности, представляющей собой специфическую характеристику задач, **сложность** – это характеристика, применимая к любой системе. Общее понятие об уровне сложности системы (см. 5.1.1) может касаться, в частности, таких систем, как предмет задачи, задачная система или формулировка задачи. Мы, однако, говоря об *уровне сложности* задачи, имеем в виду сложность не какой-либо из

этих систем, а реального или предполагаемого процесса решения задачи. Такая трактовка, на наш взгляд, в наибольшей степени соответствует интуитивному представлению о сложности задачи. К тому же при указанной трактовке уровня сложности задачи достигается полный параллелизм с понятием об уровне ее трудности, которое, как указывалось в 5.5.1, характеризует реальный или предполагаемый процесс решения задачи. Трактуемое описанным образом понятие об уровне сложности задачи так же, как и понятие об уровне ее трудности, имеет смысл только для отнесенных задач. При этом, однако, в отличие от понятия об уровне трудности понятие об уровне сложности применимо и к задачам, отнесенным к идеализированным решателям, ресурсы которых можно считать бесконечными. Понимая сложность задач как сложность процессов их решения, можно рассматривать, с одной стороны, реальные или возможные процессы решения задач разными решателями и, с другой стороны, процессы их решения нормативными способами. В соответствии с этим имеет смысл различать два вида сложности задач: *реальную*, т. е. сложность реального или возможного процесса решения задачи, и *нормативную*, т. е. сложность процесса ее решения нормативным способом. (Термин «реальная сложность» носит не только условный характер: он относится и к сложности возможного процесса решения задачи, в том числе такого, который соответствует какой-либо гипотезе, выдвинутой исследователем).

Если существует несколько нормативных способов решения некоторой задачи M_Q , то ее можно охарактеризовать несколькими значениями нормативной сложности. Например, одна и та же математическая задача может обладать для одного и того же решателя разной сложностью в зависимости от того, как ее решать – арифметическим или алгебраическим способом.

Реальная сложность задачи, как правило, выше или равна нормативной, но иногда бывает и ниже, т. е. фактический процесс решения оказывается проще нормативного (например, задуманного учителем, если рассматривается решение задач учащимися). В таких случаях говорят иногда о «красивом (изящном) решении».

Обычно, если уж различают понятия о трудности и сложности задач, то трактуют **«сложность задачи как объективную категорию и трудность как субъективную категорию»**. Мы процитировали И. Я. Лернера, поясняющего, что **«трудность характеризует возможность субъекта преодолеть объективную сложность задачи...»**. С нашей точки зрения, такая трактовка правомерна в качестве первого приближения к раскрытию существа дела. Более детальный анализ показывает, однако, что и трудность, и сложность задач (отнесенных к людям, которые решают или должны решать их) зависят как от объективных, так и от субъективных (в онтологическом смысле) факторов. К объективным принадлежит: лежащий вне субъекта предмет задачи или (для познавательных задач) объект познания; требование задачи, находящееся вне субъекта (в случае, если рассматривается трудность или сложность внутренней задачи, – требование внешней задачи, являющейся источником возникновения рассматриваемой внутренней); наконец, условия, в которых осуществляется или должно осуществляться решение задачи. К субъективным факторам относятся способности и подготовка субъекта, его мотивы и установки, его отношение к задаче, его физическое и психическое состояние.

Разумеется, соотношение объективных и субъективных факторов для трудности задач и разных видов их сложности различно. Трудность задачи – это наиболее субъективная (в онтологическом смысле) характеристика. Она, конечно, зависит и от объективных факторов, но эта зависимость полностью опосредуется характеристиками субъекта. Очевидно также большое влияние субъективных факторов на реальную сложность задачи. Нормативная сложность задачи в большей мере носит объективный характер. Она, как правило, не зависит от особенностей отдельных субъектов (учащихся, испытуемых), но может существенно зависеть от контингента субъектов. Это связано с тем, что, во-первых, для разных контингентов часто планируются различные нормативные способы решения одной и той же задачи, и, во-вторых, для них могут быть весьма различны наборы элементов (в частности, операторов и операндов), используемых в процессе решения, так что процессы решения, весьма сходные с точки зрения внешнего наблюдателя, могут обладать для разных контингентов разной сложностью. Как отмечал Л. С. Выготский, «не может быть никаких сомнений в том, что запомнить один и тот же материал мыслящему в понятиях и мыслящему в комплексах – две совершенно разные задачи, хотя и сходные между

собой... В одном и в другом случае смысловая структура материала различна».

Заметим, что выделение элементов (компонентов) в любом объекте, т. е. представление этого объекта в виде системы, всегда зависит в той или иной степени от субъектов, работающих с этим объектом, а потому в сложности любого объекта всегда присутствует наряду с объективным субъективный аспект. Это справедливо, в частности, для таких объектов, «как способы решения задач, отнесенных к идеализированным решателям, а также для различных объектов (лингвистические, математические и пр.), из которых строятся предметы задач. Субъективный аспект во всех этих случаях проявляется, однако, еще в меньшей степени, чем в нормативной сложности задач, отнесенных к людям. К тому же, этот аспект связан здесь с характеристиками уже не субъекта, решающего задачу, а исследователя.

5.5.3. Алгоритмический подход к оценке сложности задач

Наиболее четко содержание понятий о реальной и нормативной сложности задач выявляется при *алгоритмическом подходе* к оценке сложности. В соответствии с ним реальную сложность задачи оценивают по количеству эффективных или квазиэффективных операций в реально осуществляемом (или таком, который, возможно, осуществляется) алгоритмическом или квазиалгоритмическом процессе решения этой задачи, а нормативную сложность задачи – по количеству таких операций в нормативном алгоритмическом или квазиалгоритмическом способе ее решения.

Следует учитывать при этом, что невозможность указания алгоритмического или квазиалгоритмического способа решения задачи, являющегося нормативным, т. е. таким, согласно которому должна решаться задача, вовсе не исключает возможности описания фактически реализованного алгоритмической или квазиалгоритмического способа ее решения (так как в последнем случае достаточно перечисления наблюдавшихся операций и не требуется указания условий, при которых должны осуществляться те или иные операции). Поэтому в ряде случаев реальная сложность задачи известна, а нормативная – неизвестна.

Нормативный алгоритмический или квазиалгоритмический способ решения предназначается, как правило, для некоторого класса задач. В зависимости от особенностей конкретной индивидуальной

задачи минимальное количество эффективных или квазиэффективных операций, необходимых для решения задачи в соответствии с этим способом, может быть различно. Ввиду этого представляет интерес *средняя нормативная сложность* задач того или иного класса. Если учитывается k индивидуальных задач, относящихся к данному классу, то такая средняя сложность χ_{cp} может быть подсчитана по формуле

$$\chi_{cp} = \sum_{i=1}^k \chi_i P_i$$

где χ_i – нормативная сложность i -й индивидуальной задачи; P_i – вероятность того, что будет решаться именно эта задача (этот вариант родовой задачи).

Величину χ_{cp} можно считать мерой нормативной сложности родовой задачи, соответствующей описываемому классу индивидуальных задач. Другим показателем этой сложности является длина самого алгоритма (или квазиалгоритма), в соответствии с которым решается задача, т. е. количество операций, явным образом указанных в этом алгоритме (или квазиалгоритме).

Приведем примеры использования алгоритмического подхода для оценки нормативной и реальной сложности задач.

Первый пример относится к геометрическим задачам на построение, решаемым с помощью циркуля и линейки. Принято выделять четыре вида элементарных операций, используемых при решении таких задач: 1) прикладывание линейки к данной точке; 2) помещение ножки циркуля в данной точке; 3) проведение прямой и 4) описание окружности. (Для идеализированного решателя, обладающего «абстрактным циркулем» и «абстрактной линейкой», эти операции являются эффективными, а для человека, владеющего техникой черчения, – квазиэффективными).

Число операций всех этих видов, которые осуществляются при решении данной задачи, служит **мерой ее сложности**. Так, например, для задачи проведения прямой через две точки эта мера равна 3 (линейка прикладывается к двум точкам и проводится одна прямая).

Описанным методом может быть измерена как нормативная, так и реальная сложность задач на построение (с тем существенным уточнением, что она оценивается с точки зрения математики, а не психологии: сложность процесса нахождения способа решения никак не учитывается). За нормативную принимается минимально возможная

сложность, устанавливаемая в соответствии с теорией геометрических построений.

Во втором примере оценивается реальная сложность решаемой человеком мыслительной задачи. Этот пример взят из работы О. К. Тихомирова и В. А. Терехова, регистрировавших осознательную активность слепых шахматистов. Один из показателей, который был использован исследователями, – общее число фиксаций полей шахматной доски («вызовов информации») перед принятием окончательного решения о выборе хода. Этот показатель характеризует реальную сложность задачи нахождения хода. Оценить описанным методом ее нормативную сложность, разумеется, невозможно.

В ряде случаев оказывается полезна относительная алгоритмическая мера реальной сложности задач. Такой мерой является, например, предложенный А. Т. Роговым показатель «развернутости выполненного действия», представляющий собой отношение количества «элементарных операций» в реально выполняемом действии к их количеству в том же действии, если оно «максимально развернуто».

Отмечая широкую сферу применимости алгоритмического подхода к оценке сложности задач, следует обратить внимание и на те затруднения и ограничения, с которыми сопряжено его использование.

Во-первых, для очень многих задач, особенно творческих, не удастся описать даже фактически реализуемых алгоритмических или квазиалгоритмических способов их решения.

Во-вторых, выделение операций, из которых строятся такие способы, часто связано со значительными затруднениями. Адекватность набора операций, предлагаемого для использования в целях оценки сложности задач на основе алгоритмического подхода, требует экспериментальной проверки: необходимо убедиться в том, что эти операции действительно квазиэффективны для соответствующего контингента субъектов.

В-третьих, отдельные виды операций, выделенные в качестве квазиэффективных, могут существенно различаться между собой по трудности. В этом случае оценка сложности задачи по количеству таких операций в способе ее решения оказывается неадекватной. Н. М. Розенберг приводит в этой связи такой пример: «Алгоритм поиска неисправности в телевизоре, состоящий, скажем, из 10 операций, нередко оказывается рациональнее алгоритма из 5–7 шагов, если в последнем случае используется более сложная измерительная аппаратура, менее доступны точки контроля и в конечном итоге требуется большая величина среднего времени поиска». Отдельные

операции могут значительно отличаться друг от друга не только в количественном, но и в качественном отношении (например, при решении многих математических задач – операции по нахождению способа решения и вычислительные операции).

Наконец, нельзя забывать, что процесс решения задачи – это не простая последовательность операций, а их система. При оценке сложности только по количеству операций существенные особенности этой системы могут остаться неучтенными.

Кратко рассмотрим некоторые пути преодоления (или обхода) указанных трудностей.

Для уменьшения отрицательного влияния различий между видами операций на адекватность алгоритмической меры сложности можно воспользоваться приемом, в соответствии с которым каждому виду операций приписывается так называемый *«коэффициент сложности»*, пропорциональный среднему времени выполнения операции этого вида. При этом сложность задачи оценивается как сумма коэффициентов сложности последовательно выполняемых операций.

Подобный подход нашел применение для оценки сложности вычислительных задач. Как установили Н. М. Кандарацкова и Г. В. Суходольский, процесс выполнения людьми арифметических действий можно представить как последовательность элементарных (квазиэффективных, в нашей терминологии) вычислительных операций. В качестве таковых авторы выделили операции сложения, вычитания, умножения и деления в пределах одного десятичного разряда; перехода из младшего в старший разряд (при сложении) и из старшего в младший (при вычитании); выбора цифр частного (при делении). При этом операции перехода из разряда в разряд и выбора цифр частного имеют ту особенность, что при письменных вычислениях не заканчиваются записью результата. Средняя вероятность безотказного выполнения элементарной операции составила 0,988. Были определены статистические оценки затрат времени на элементарные операции. Оказалось, что эти затраты «определяются не спецификой действия, а количеством элементарных вычислительных операций. Затраты времени на одну такую вычислительную операцию без записи цифры результата составляют в среднем 0,8 сек, а с записью цифры – 1,1 сек...». Ясно, что эти значения могут быть использованы в качестве упомянутых выше коэффициентов сложности.

Возможности алгоритмического подхода к оценке сложности задач могут быть расширены также путем использования иных

характеристик алгоритмических (или квазиалгоритмических) способов решения задач, помимо числа операций. Подобные характеристики могут часто более адекватно отразить существенные черты способа решения, рассматриваемого в качестве системы. Мы имеем в виду, прежде всего, характеристики графов, изображающих способы решения.

Так, В. Н. Пушкин провел сравнительный анализ решения задач игры «5» здоровыми людьми и больными с локальными поражениями коры головного мозга. Обнаружилась большая разница между ними по количеству циклов, т. е. замкнутых контуров в графах процессов решения задач (вершинами графов служили ситуации игры «5», а дугами – ходы этой игры).

Приведем пример использования графов иного рода. Мы имеем в виду так называемые структурные формулы учебного материала и учебных задач, разработанные А. М. Сохором. Они представляют собой графы, вершинами которых служат «логические элементы» рассуждений, необходимых для усвоения материала или для решения представленной в явном виде учебной задачи, а дугами – операции перехода от одного такого элемента к другому.

С нашей точки зрения, структурные формулы А. М. Сохора – это графы нормативных (а не реальных, как в исследовании В. Н. Пушкина) процессов решения задач, требования которых состоят то ли в усвоении учащимся некоторого учебного материала, то ли в нахождении им значения некоторой неизвестной величины. По данным А. М. Сохора, доступность учебного материала оказалась тем меньше и трудность задач тем больше, чем больше были число замкнутых контуров в графе и среднее число дуг, связывающих его вершины.

Следует, правда, учесть, что операции перехода от одного «логического элемента» к другому, соответствующие дугам графов Сохора, не являются, вообще говоря, квазиэффективными. Поэтому описанный способ оценки сложности учебного материала и учебных задач выходит за рамки алгоритмического подхода. Можно сказать, что этот способ охватывается *операционным подходом*, представляющим собой обобщение алгоритмического.

Такой подход был применен также И. Г. Пудаловым, стремившимся измерить «дидактический объем учебного материала». Здесь на основе построения графов подлежащего усвоению материала подсчитывалась «мера учебного материала», пропорциональная количеству входящих в него «учебных элементов», причем коэффициент пропорциональности определялся требуемым уровнем усвоения заданного содержания (по В. П. Беспалько). С учетом

найденного ранее времени, затрачиваемого на единицу рассматриваемого объема, «теоретически вычислялось время на овладение заданным учебным материалом... Полученное теоретически время сравнивалось с фактически затраченным временем на обучение по найденной граф-стратегии». По данным И. Г. Пудалова, расхождение, полученное при этом на различном математическом материале, не превышало 8 – 10%.

5.5.4. Энтропийный подход к оценке сложности задач

Наряду с алгоритмическим весьма распространен *энтропийный* (статистико-информационный) *подход* к оценке сложности задач. В соответствии с ним реальная сложность задачи оценивается по величине неопределенности, устраняемой в реальном (или возможном) успешном процессе решения задачи, а нормативная сложность – по величине неопределенности, которая должна устраняться, если решение задачи осуществляется в соответствии с некоторой нормой (в том числе замыслом экспериментатора, учителя и т. п.). **Сложность задачи χ , т. е. устраняемая неопределенность, трактуется при этом как некоторое количество информации (в смысле статистической теории информации К. Шеннона).** Конкретнее говоря, принимается, что

$$\chi = H_1 - H_2,$$

где H_1 и H_2 – значения энтропии некоторой случайной величины, характеризующей предмет задачи; значение H_1 относится к исходному состоянию этого предмета, а значение H_2 – к требуемому.

В простейшем случае, когда устранение неопределенности, обеспечивающее решение задачи, достигается путем выбора одного из n несовместных событий, энтропия H_2 равна нулю и

$$\chi = H_1 = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i,$$

где P_i – вероятность i -го события.

Поскольку энтропийный подход предусматривает оценку сложности задачи по величине устраняемой неопределенности, наиболее естественно применять его при исследовании познавательных задач. Напомним, что предметами последних являются модели, имеющиеся в решателе, и именно их должны характеризовать величины H_1 и H_2 . Если решателем является человек,

то вероятности, фигурирующие в используемых формулах статистической теории информации, – это не объективные, а субъективные вероятности. При этом под *субъективной вероятностью* $Ps(A)$ некоторого события A для субъекта S понимается оценка этим субъектом объективной вероятности $P(A)$ указанного события, осуществляемая им осознанно или неосознанно и находящаяся проявление в его поведении.

Рассмотрим простой пример.

В урне находятся красные и зеленые шары, причем красные составляют $\frac{2}{3}$, а зеленые – $\frac{1}{3}$ общего количества. Испытуемому предъявляют сигнал, вынимая из урны один шар; в зависимости от цвета шара испытуемый должен реагировать тем или иным образом. Перед предъявлением следующего сигнала шар возвращают в урну. Чему равна в данном случае энтропия, характеризующая среднюю сложность задачи реагирования на появление шара?

Подставив в приведенную выше формулу указанные значения объективных вероятностей, получаем:

$$H_1 = -\frac{2}{3} \log_2 \frac{2}{3} - \frac{1}{3} \log_2 \frac{1}{3} = 0,92 \text{ бит.}$$

Но эта величина характеризует сложность задачи только в том случае, если испытуемый научился, допустим, в результате долгого опыта вероятностям появления сигналов. Если же такое научение не имело места и испытуемому известно только, что в урне есть красные и зеленые шары, то появление красного шара и появление зеленого шара являются для него равновероятными событиями, так что адекватной оценкой средней сложности задачи реагирования на появление шара будет энтропия, равная

$$-\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = 1,00 \text{ бит.}$$

В случае частичного научения рассматриваемая средняя сложность лежит в пределах от 0,92 до 1,00 *бит*.

При использовании энтропийного подхода наряду с оценкой первоначальной сложности задачи обычно выясняется и то, как уменьшается эта сложность по ходу решения. Таким образом, открывается возможность сопоставления различных стратегий решения задач на основе сравнения того, насколько в среднем уменьшается неопределенность (энтропия) ситуации в результате каждой операции, осуществляемой субъектом в соответствии с рассматриваемой стратегией.

В работах по инженерной психологии рассматривается так называемая информационная напряженность оператора, измеряемая количеством информации (в смысле Шеннона), которое субъект (оператор) должен переработать или фактически перерабатывает за определенный промежуток времени (или за единицу времени), решая стоящую перед ним задачу. Таким образом, для информационной напряженности, как и для сложности задач, могут быть указаны нормативные и реальные значения.

Существуют различные мнения по вопросу о широте класса задач, для которых энтропийная мера сложности является адекватной. По всей видимости, она подходит, например, для оценки сложности восприятия таблиц, составленных из элементарных геометрических фигур (такую оценку проводит М. Я. Антоновский, изучая пути обеспечения наглядности в учебном процессе). С достаточной уверенностью можно говорить об адекватности энтропийной меры по отношению к задачам выбора из нескольких альтернатив (в частности, **к задачам распознавания**) или **задачам, которые естественно сводятся к задачам выбора**. Но что понимать под «естественной сводимостью»? Скажем, мыслительные задачи, которые можно описать с помощью **лабиринтной модели**, в принципе могут быть представлены как задачи выбора. Однако это представление, допустимое с математической точки зрения и реализуемое в ряде систем искусственного интеллекта, большей частью не соответствует закономерностям решения таких задач человеком.

Как отмечалось выше, применение энтропийной меры для оценки сложности познавательных задач требует учета субъективных вероятностей. Только при таком уточнении эта мера может быть использована для оценки сложности задач, связанных с восприятием и пониманием текстов. (Это касается и мнемических задач. Как писал П. Б. Невельский, «преимущество так называемой смысловой памяти над механической часто объяснялось пониманием, которое выступало как конечная причина эффективности запоминания. Информационный подход к памяти позволяет увидеть здесь уменьшение неопределенности и количества информации в запоминаемом материале»). Однако и в таком случае указанная мера характеризует сложность задач односторонне, отражая в основном лишь степень новизны для субъекта использованного в задаче материала.

Учет субъективных вероятностей при оценке сложности задач восприятия текста достигается с помощью метода последовательного угадывания знаков. Согласно К. Вельтнеру, он позволяет получить, по крайней мере, верхнюю и нижнюю оценки указанной сложности (так

называемой субъективной информацией текста). К. Вельтнер установил зависимость «субъективной информации на букву» как от характеристик текстов, так и от характеристик субъектов, работающих с этими текстами. Было обнаружено, в частности, что «для групп пятого, седьмого и восьмого годов обучения субъективная информация текстов снижается с каждым годом обучения...». Аналогичные результаты были получены в экспериментах Н. М. Розенберга, направленных на выяснение того, как школьники владеют родным и родственным ему (вторым) языком и как улучшается это владение в обучении.

При теоретическом анализе и практическом применении статистико-информационного подхода к оценке сложности задач, связанных с восприятием, пониманием и запоминанием текстов, оказывается весьма полезным понятие «сверхзнака» («суперзнака»), т. е. совокупности элементарных знаков, воспринимаемых субъектом как единое целое. В роли «сверхзнаков» могут выступать слоги, слова и т. п.

Впрочем, аналогичные соображения должны учитываться и при использовании операционного подхода. Р. Х. Зарипов справедливо обращает внимание на то, что элементы, с которыми оперирует человек (в нашей терминологии – операнды квазиэффективных для субъекта операций), обычно значительно крупнее, чем простейшие элементы объекта его действий. В частности, исследуя процесс сочинения мелодии, следует рассматривать в качестве операнда **интонацию – «наименьшую часть мелодии, имеющую выразительное значение», а отнюдь не отдельную ноту.**

5.5.5. Соотношения между различными количественными характеристиками задач

Подводя итоги краткому обзору подходов к оценке трудности и сложности задач, обратим внимание на следующее. Характеризуя разные меры сложности, мы, как и авторы, которых мы цитировали, говорили о большей или меньшей адекватности этих мер по отношению к задачам, имеющим разную психологическую природу. Но что является здесь критерием адекватности? По всей видимости, им может служить достаточно высокая степень соответствия (корреляции) между проверяемой мерой сложности и избранной уже мерой трудности задачи. (Здесь уместно внести такое уточнение. Со сложностью задач обычно находится в соответствии их интегральная трудность. В качестве коррелята дифференциальной трудности может

выступать «информационная напряженность» (см. 5.5.4.) Наличие подобной корреляции позволяет путем оценки сложности конкретных задач того или иного типа прогнозировать их трудность, обходясь тем самым без непосредственного измерения последней, которое, как правило, значительно более трудоемко.

Указанный критерий адекватности мер сложности фактически используется во многих работах, связанных с их отысканием. Так, В. Э. Мильман обосновывает адекватность осуществленных на основе алгоритмического подхода оценок сложности перцептивных действий высокой корреляцией между этими оценками и затратами времени на выполнение действий. А. М. Сохор ищет объективную количественную характеристику системы внутренних связей учебного материала, которая обнаружила бы наибольшую корреляцию с доступностью этого материала для учащихся, определенной на основе различных показателей трудности – как субъективных (в гносеологическом смысле), так и объективных. Подобными приемами пользуются и другие авторы. В 5.5.3 фактически шла речь об использовании рассматриваемого критерия в работах.

Классическим примером соответствия между трудностью и сложностью задач может служить установленная в ряде экспериментов линейная зависимость среднего времени реакции выбора в сериях безошибочных реакций (это время является мерой трудности) от энтропии стимульной ситуации, т. е. от меры сложности. Существенно при этом, что такая зависимость имеет место «для высокотренированных испытуемых, которым известно все множество возможных параметров сигнала». В результате тренировки (при которой, уточним мы, субъективные вероятности становятся равны объективным) «время опознания начинает соответствовать реальной величине количества информации источника».

Для прогнозирования трудности задач, решаемых в процессе достаточно сложной деятельности, часто приходится учитывать систему показателей сложности этих задач («факторов сложности» в другой терминологии). Каждый из них отражает определенный аспект структуры нормативного или реального процесса решения задачи. Так, И. Я. Лернер на основе анализа решения познавательных задач школьниками пришел к выводу, что «сложность задач, сказывающаяся на трудности их решения, зависит от трех факторов:

1) от состава данных условий, подлежащих учету и взаимному соотносению для успешного решения. Чем больше таких данных, тем сложнее задача;

2) от расстояния между вопросом задачи и ответом на нее, т. е. от числа промежуточных суждений, логических звеньев, которые необходимо пройти, чтобы найти решение;

3) от состава решения, т. е. от числа рядоположных выводов, которые можно и надо сделать в результате решения задачи». (Заметим, что эти факторы в своей совокупности определяют количество операций, входящих в способ решения задачи.)

Л. Г. Соколова выявила путем интервью, анкетирования, анализа допускаемых учащимися ошибок **«шесть компонентов сложности учебной физической задачи»**. В их числе:

- неявная заданность некоторых элементов, характеризующих процесс или явление; проявление в физической ситуации нескольких закономерностей;

- «комплексность» задачи, т. е. ее принадлежность одновременно к нескольким типам учебных задач;

- «комбинированный» характер задачи, т. е. возможность ее расчленения «на элементарные, связанные с одним физическим телом или с одним его состоянием и т. п.»;

- использование единиц измерения, не входящих в одну систему;

- необходимость выполнения большого количества математических операций.

Желательно, конечно, на основе отдельных показателей сложности задач определенного типа получать ее единую числовую оценку. Л. Г. Соколова предприняла попытку в этом направлении. **«Степень сложности» учебной физической задачи она подсчитывала как сумму уровней выраженности каждого из присутствующих в задаче компонентов сложности.** Например, если задача относится одновременно к двум типам, то для соответствующего компонента сложности упомянутый уровень $U=1$; если к трем, то $U=2$ и т. д. Если же соответствующий компонент сложности вообще не представлен в задаче, то $U=0$.

Использование подобных приемов (если с их помощью удастся прогнозировать трудность задач) представляет собой шаг вперед по сравнению с интуитивной оценкой сложности задач. Вместе с тем успешность такого прогнозирования возрастает при обращении к методам математической статистики. **Последнее имеет место, в частности, при прогнозировании трудности задач понимания печатного текста с помощью формул сложности текста, или, как их еще называют, формул читабельности.** Такая формула «представляет собой уравнение регрессии, в левой части которого

стоит усредненная оценка трудности текста... а в правой части – алгебраическая сумма количественных оценок языковых параметров текста, наиболее сильно прогнозирующих его трудность, с соответствующими коэффициентами регрессии».

Я. А. Микк, проанализировав 124 признака текста, выделил из их числа «компоненты сложности текста» и разработал «формулы сложности». В каждую такую формулу включаются компоненты сложности, «которые имеют высокую корреляцию с трудностью текста и которые можно установить с небольшой затратой труда, причем надежно». Наилучшей оказалась формула, в которую вошли два компонента сложности: «средняя длина самостоятельных предложений в печатных знаках» и «средняя абстрактность повторяющихся в тексте имен существительных».

Подобные исследования имеют важное практическое значение. Так, с помощью одной из разработанных Я. А. Микком формул были вычислены оценки сложности учебников одной из общеобразовательных школ и сопоставлены с процентом неуспевающих учащихся по соответствующим предметам. **Связь между этими показателями оказалась весьма тесной, что дает основание использовать предложенные формулы в процессе предварительной оценки учебников до их экспериментальной проверки в школе.**

Исследование соотношений между показателями трудности и сложности задач помогает выяснять структуру процессов их решения. В самом деле, **значение сложности задачи (под которой мы понимаем, как было сказано выше, сложность реального или нормативного процесса ее решения)** зависит не только от принятой меры сложности, но и от гипотезы о структуре этого процесса. Пусть имеется несколько таких гипотез, из которых нужно выбрать наиболее адекватную. Тогда можно воспользоваться таким методом: для некоторого ряда реализаций рассматриваемого процесса находят соответствующий ряд значений трудности и несколько рядов значений реальной сложности, каждый из которых соответствует какой-либо гипотезе о структуре процесса («реальная сложность» – это термин, смысл которого разъяснен в 5.5.2 и который мы употребляем независимо от того, насколько близка к истине используемая гипотеза о структуре процесса решения задачи). При прочих равных условиях наиболее правдоподобной является та гипотеза, для которой ряд значений сложности дает наиболее высокую корреляцию с рядом значений трудности.

Примером использования этого метода может служить исследование П. Саппеса и Г. Гроена, выяснявших структуру действия сложения однозначных чисел, выполняемого школьниками I класса. Детям предлагалась последовательность из 21 задачи на сложение. За меру трудности задач была принята продолжительность процесса успешного решения (процент ошибок был мал, и процессы, завершившиеся ошибочными ответами, были исключены из рассмотрения). Авторы предложили пять гипотетических моделей, отражавших возможную структуру процесса, и в соответствии с каждой из них было подсчитано (на основе алгоритмического подхода) значение сложности каждой задачи. Полученные пять рядов значений сложности были с помощью регрессионного анализа сопоставлены с рядом средних (для 30 учащихся) значений продолжительности процессов успешного решения. Посредством такой процедуры была выделена модель, обеспечивающая наилучшее соответствие между рядами значений сложности и трудности (согласно этой модели, учащийся берет большее из слагаемых и прибавляет к нему последовательно столько единиц, сколько их в меньшем слагаемом). Структура процесса решения, описываемая этой моделью, является наиболее вероятной.

В. И. Загвязинский предложил оценивать **степень проблемности (нерутинности, в нашей терминологии) учебных задач «отношением количества нестереотипных, нешаблонных шагов, необходимых для нахождения ответа, к общему количеству шагов»**. Таким образом, **показатель нерутинности находится здесь как отношение двух показателей сложности задачи**.

Заслуживает внимания анализ соотношения уровней трудности, сложности и нерутинности учебных задач. Поскольку уровень трудности задачи зависит и от уровня ее сложности, и от уровня ее нерутинности и поскольку трудность учебных задач не должна быть слишком высокой, повышение нерутинности таких задач требует, большей частью, ограничения их сложности¹. Это обстоятельство необходимо учитывать при установлении соотношения между использованием проблемных и «сообщающих» методов обучения. Данное рассуждение служит примером того, что дифференциация количественных характеристик задач, раскрытие их взаимосвязи полезны уже на концептуальном уровне, т. е. без установления числовых значений этих характеристик.

В свете сказанного понятно, что «чем выше уровень сформированности у учащихся вычислительных алгоритмов, тем лучше они смогут решать задачи, в том числе и творческого

характера». Действительно, повышение уровня сформированности алгоритмов у учащихся можно интерпретировать как снижение реальной сложности, которой обладают для этих учащихся задачи, решаемые с использованием упомянутых алгоритмов.

5.5.6. О возможностях использования качественных и количественных характеристик задач для оценки учебных достижений и умственного развития учащихся

Учет рассмотренных в разделах 5.3 и 5.4 качественных характеристик задач, а также их количественных характеристик, описанных в настоящем разделе, открывает возможности для более разностороннего и адекватного оценивания познавательных достижений субъектов, а также их умственного развития.

В частности, об уровне усвоения учащимися тех или иных знаний можно судить по диапазону задач соответствующего содержания: а) решаемых без доступа к внешней информации (см. 5. 4.1); б) решаемых при условии, что их формулировки содержат открытые вопросы (см. 5.4.4); в) являющихся для этих учащихся четкими или квазичеткими (см. 5.3.3).

Об общем уровне усвоения учащимися средств решения задач определенного содержания можно судить: а) по диапазону задач этого содержания, являющихся для них разрешимыми (см. 5.3.2); б) по уровню трудности (см. 5.5.1), которым обладают для них задачи этого содержания, сформулированные определенным образом.

Об уровне усвоения учащимися конкретных средств и способов решения задач можно судить: а) по диапазону задач соответствующего содержания, являющихся для них квазирутинными (см. 5.3.2); б) по уровню сложности (см. 5.5.2), которым обладают для них задачи этого содержания, сформулированные определенным образом.

Об умственном развитии учащихся можно судить:

а) по расширению диапазона задач различного содержания, являющихся для них: (1) разрешимыми, (2) четкими или квазичеткими; (3) квазирутинными;

б) по повышению нормативной сложности (см. 5.5.2) разрешимых для них задач различного содержания (при этом имеется в виду, что система элементов, используемая при подсчете нормативной сложности, остается фиксированной, т. е. не учитываются изменения в системе элементов, которой фактически пользуется субъект). Варьируя нормативную сложность учебных задач, можно добиться их

одинаковой трудности для учащихся, находящихся на разном уровне развития;

в) по понижению реальной сложности (см. 5.5.2), которой обладают для этих учащихся определенным образом сформулированные задачи различного содержания. Такое понижение обусловлено использованием более рациональных способов действий и укрупнением элементов, из которых строятся эти способы. Рассматриваемый аспект развития находится в диалектическом единстве с аспектом «б», поскольку, как писал Г. С. Костюк, «усложнение форм психической деятельности включает и процессы упрощения, свертывания, стереотипизации. Свернутые, стереотипизированные способы внутренних и внешних действий входят в качестве компонентов в новые структуры, являясь одним из условий их экономного функционирования»;

г) по расширению возможностей переноса усваиваемых средств решения задачи, т. е. по увеличению содержательного разнообразия задач, для которых уровень трудности, сложности или уровень нерутинности (см. 5.5.1 – 5.5.2) уменьшается при усвоении средств решения задач определенного содержания;

д) по повышению способности учащихся к самостоятельной постановке познавательных задач.

В целом материал, изложенный в данном разделе, показывает, что выделение и оценка количественных характеристик задач – это сложная проблема, разработка которой наталкивается на ряд препятствий, в том числе принципиального характера. Вместе с тем систематизация и применение тех результатов, которые уже достигнуты в данной области, способны принести реальную пользу в исследовании и проектировании деятельности, и прежде всего научной. Разумеется, в каждом конкретном случае такое применение должно быть подчинено качественному анализу рассматриваемых задач, равно как и процессов их постановки, принятия и решения.

5.6. Задачи в процессе обучения

Настоящий раздел посвящен применению категории задачи к исследованию и проектированию учения и обучения. Собственно говоря, такого применения мы неоднократно касались и в предшествующих разделах, иллюстрируя и интерпретируя результаты,

получаемые в ходе разработки теории задач в общесистемном и общепсихологическом плане. Теперь предполагается дополнить эти результаты рассмотрением задач с позиций дидактики и педагогической психологии.

5.6.1. Основные типы задач, различающиеся по функциям в учебно-воспитательном процессе

Обратимся прежде всего к понятию *учебной деятельности*. Не обсуждая здесь его различных трактовок, отметим, что мы считаем **учебной всякую деятельность, основная функция которой состоит в овладении средствами других деятельностей**. Термин «учение» мы употребляем как синоним термина «учебная деятельность», используемого в рассматриваемом широком смысле. Вместе с тем для обозначения приобретения и усовершенствования знаний, умений и навыков, достигаемого в процессе любой деятельности, мы считаем более рациональным применять термин «**научение**» (он, с нашей точки зрения, лучше всего соответствует английскому термину «**learning**»). **Научение субъекта решению задач некоторого класса можно определить как процесс осуществления субъектом операций, в результате которых задачи этого класса становятся для него менее трудными**. Вернемся к характеристике учебной деятельности. Исходя из приведенного в предыдущем абзаце ее определения, при описании учебной деятельности можно выделить **две категории действий и задач**. К первой категории относятся действия, составляющие учебную деятельность (*учебные действия*), и задачи, на решение которых направлены (или должны быть направлены) эти действия (*учебные задачи*). Вторую категорию образуют действия, которые субъект должен научиться осуществлять (*критериальные действия*), и задачи, которые он должен научиться решать (*критериальные задачи*). В процессе учения субъект овладевает средствами решения критериальных задач (в том числе моделями способов их решения, см. 5.2.3). Основанием для применения термина «критериальная задача» служит то, что успешное решение таких задач выступает в качестве критерия достижения целей обучения (разумеется, при условии, что последние адекватно представлены в системе критериальных задач). Заслуживает положительной оценки то, что в программы по разным предметам вводятся ныне «требования к умениям учащихся», содержащие описания критериальных задач.

Приведем характерный пример. В результате изучения начального курса химии учащиеся должны, в частности, научиться:

«на основании знаний периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева и строения атомов составлять формулы важнейших соединений, определять вид химической связи и прогнозировать характерные общие свойства веществ...»; «на основе знания валентности элементов составлять формулы соединений, состоящих из двух элементов, формулы оснований и солей по известной валентности металлов и кислотных остатков...».

Работа по составлению таких описаний и их включению в программы соответствующих курсов активизировалась под воздействием совершенствования образования в общеобразовательных и профессиональных школах: «По каждому предмету и классу определить оптимальный объем умений и навыков, обязательных для овладения учащимися». В частности, разработаны «Обязательные результаты обучения по математике» в виде набора конкретных задач, являющихся (в нашей терминологии) образцами, частными случаями критериальных задач. (Критериальные задачи как таковые в принципе всегда являются родовыми (см. 5.3.1): ведь обучаемые должны овладеть средствами, обеспечивающими (или хотя бы облегчающими) решение не какой-либо конкретной задачи, а некоторого класса задач). Этот документ встретил в основном положительные отзывы со стороны учителей математики и методистов. Вместе с тем представляют интерес и некоторые критические отклики. Так, Б. П. Эрдниев обратил внимание на то, что для IV класса «Обязательные результаты...» представляют собой «набор самых элементарных, изолированных друг от друга заданий типа следующих: 1) прочитай число (такое-то); 2) запиши число (такое-то); 3) выполни (сложение, умножение и т. п.); 4) сократи дробь; и т. п.». **Между тем успешное выполнение такого рода заданий не свидетельствует еще о сознательном усвоении соответствующих способов действий.**

В общем случае, для того чтобы описание требований к формируемым учебным приобретениям было достаточно полным и корректным, следует, во-первых, возможно более полно отразить принятые цели обучения в системе критериальных задач; во-вторых, охарактеризовать не только критериальные задачи как таковые, но также и те средства их решения, которыми должны овладеть обучаемые, равно как и требуемый уровень владения такими средствами.

Возвращаясь к отзывам учителей на «Обязательные результаты обучения по математике», отметим содержащееся в них предложение (вполне резонное, на наш взгляд) о «разработке результатов обучения,

отвечающих более высокому уровню подготовки учащихся, и создании на этой основе единых... критериев оценки».

Можно, однако, не согласиться (во всяком случае, если широко трактовать понятие задачи) с тем, что возможность представления «обязательных результатов обучения» посредством системы задач отражает «специфику школьного курса математики». Скорее, следует признать, что применительно к курсу математики задачи, пригодные для этой цели, лучше разработаны. **Но разрабатывать их следует применительно ко всем учебным предметам.**

Если в рамках общего образования цели обучения получают конкретизацию в системе критериальных задач, то профессиональное образование нуждается также в обратном механизме: в соответствии с ним выделенная путем анализа нормативной деятельности специалиста система критериальных задач (в терминологии Н. Ф. Талызиной – «основная система задач, с которыми встретится будущий специалист») служит основанием для разработки целей обучения.

«Корректное выделение и анализ умений, диктуемых этими задачами, – продолжает Н. Ф. Талызина, – позволяет однозначно определить объем и содержание знаний, входящих в эти умения». Таким образом, представление основных целей обучения через посредство системы критериальных задач не означает недооценки знаний, которые должны стать достоянием обучаемых. Выше было сказано о важности описания средств решения критериальных задач, а знания занимают в системе таких средств ключевое место. **Можно рассуждать и так: когда мы говорим, что обучаемые должны научиться решать критериальные задачи, это значит, что они должны овладеть способами их решения, иначе говоря, соответствующими способами действия. В таких способах важнейшая роль принадлежит ориентировке (см. 5.2.5); в терминах П. Я. Гальперина и Н. Ф. Талызиной – ориентировочной основе действий, т. е., можно сказать, знаниям *в их действенной функции*.**

Последнее уточнение очень важно. Как писал академик А. Н. Несмеянов, «главное, что должно дать образование и о чем часто забывают, – **это не «багаж» знаний, а умение владеть этим «багажом».** Это и есть **главная цель** любого, в том числе и высшего, образования».

Представляет интерес группировка критериальных задач в соответствии с основными аспектами деятельности, которой должны овладеть обучаемые. Мы воспользовались здесь идеей И. Я. Лернера, подчеркнувшего необходимость ориентироваться при построении

систем учебных задач на так **называемые аспектные проблемы, «сквозные для всех или части явлений, изучаемых данной наукой и соответственно учебным предметом**. Так, для общественных дисциплин аспектными проблемами являются выяснение тенденций развития, определение классовой природы явления, выявление причинно-следственных связей и г. д.».

Вообще, при разработке систем учебных задач их следует соотносить с критериальными, но вместе с тем надо помнить о принципиальном различии в функциях этих типов задач. В связи с предложениями о внесении дополнений в наборы задач, включенных в «Обязательные результаты обучения по математике» (предлагалось, например, добавить задачи, «подводящие к усвоению понятий»), справедливо указывается: «Несомненно, в процессе обучения такие задачи будут решаться, но они не относятся к итоговым по теме результатам обучения»; цель «Обязательных результатов» – «обозначить тот итоговый уровень усвоения темы, которого должен достичь каждый учащийся. При обучении необходим достаточно широкий арсенал средств для организации усвоения материала учащимися...».

Вообще, главная цель применения учебных задач состоит в том, чтобы обучаемые овладели теми или иными средствами решения критериальных задач; в отличие от этого **главная цель, преследуемая решением критериальных задач в условиях трудовой (производственной или научно-познавательной) деятельности, состоит в получении некоторого внешнего, отчуждаемого от субъекта результата**.

Все это не исключает того, что в некоторых ситуациях те или иные задачи (и соответственно направленные на их решение действия) одновременно являются и критериальными, и учебными. (Учитывая, что критериальные задачи всегда являются родовыми, указанное совпадение строго говоря, возможно при условии, что рассматриваются родовые учебные задачи. Что же касается индивидуальных учебных задач, то они могут совпадать с частными видами критериальных.) Выделим **два типа таких ситуаций**.

Первый тип имеет место, когда задача, первоначально фигурирующая в качестве критериальной, непосредственно используется как учебная задача, предназначенная для обучения решению этой критериальной задачи (например, чтобы научиться забивать гвозди, упражняются именно в забивании гвоздей). В ситуациях второго типа сама критериальная задача является учебной (субъект овладевает средствами учебной деятельности, «учится

учиться»). Эта цель, носящая вроде бы вспомогательный характер, приобретает в условиях научно-технической революции и в особенности в связи с формированием системы непрерывного образования фундаментальное значение в системе критериальных задач практически по всем предметам. По словам К. Роджерса, современный человек «живет в среде, которая непрерывно изменяется», и потому ныне «образованный человек – только тот, кто научился учиться». Отсюда возрастающее внимание к формированию учебных умений.

Однако даже в этих случаях, когда вроде бы одна и та же задача является и критериальной, и учебной, различать эти категории необходимо. В первом случае эффективность одних и тех же действий должна оцениваться по-разному в зависимости от того, выступают ли они в качестве критериальных или учебных: **эффективность критериальных – по количественным и качественным показателям выполненной работы, а эффективность учебных – по степени овладения рациональными способами действий**. Во втором случае рассматриваемая задача является критериальной в одной системе задач, а учебной – в другой.

Перейдем теперь от рассмотрения учения к характеристике *обучения*. Как известно, в дидактике обучение трактуют обычно как двусторонний процесс, охватывающий деятельность учащегося (учащихся) – учение и деятельность учителя – преподавание. С этой трактовкой согласуется **понимание обучения как функционирования специфической системы управления**.

При описании обучения оказывается необходимым помимо учебных и критериальных рассматривать еще две категории задач. Это, во-первых, ***дидактические задачи, т. е. задачи управления учением***. В основном их решает учитель (вообще, любой обучающий). Вместе с тем осуществление тех или иных операций, входящих в способы их решения (в простейшем случае такая операция обеспечивает переход к чтению определенной страницы пособия, к продумыванию ответа на определенный вопрос), может быть передано техническому устройству или самому обучаемому. Обе эти возможности широко используются в программном обучении и обучении с помощью компьютера.

Важную роль понятия дидактической задачи отмечает В. И. Загвязинский. «Основным противоречием учебного процесса, – пишет он, – является постоянно преодолеваемое в совместной работе ученика и учителя и возобновляющееся несоответствие между воплощенным в деятельности ученика достигнутым уровнем знаний, умений, навыков, развития, отношения к учению (этот уровень отражается исходной

стороной дидактической задачи) и требуемым, находящимся в ближайшей перспективе, закономерно вырастающим из достигнутого (он отражается перспективной стороной дидактической задачи)». Впрочем, **если говорить не об отдельной дидактической задаче, а о системе таких задач, то их решение должно быть направлено на достижение в конкретных условиях учебного процесса не только цели, «находящейся в ближайшей перспективе», но и некоторой иерархической системы целей.** На ее относительно более низких ступенях находятся цели, которые могут быть описаны достаточно четко и предусматривают формирование у обучаемых определенных средств решения критериальных задач, в том числе знаний, стратегий, императивных моделей способов действий и пр. Цели обучения, находящиеся на верхних ступенях иерархии (они предусматривают развитие способностей обучаемых, достижение воспитательных эффектов и т. п.), с гораздо большим трудом поддаются операциональному описанию, но, конечно, обязательно должны приниматься во внимание при постановке и решении дидактических задач.

Во-вторых, следует ввести в рассмотрение *проверочные задачи*, с помощью которых выясняется, в какой мере достигнуты цели обучения. **Проверочные задачи должны быть частными видами или моделями критериальных задач.** (Так, например, желательно, чтобы предлагаемое студенту технического вуза задание на дипломное проектирование моделировало проектные задания, которые он должен будет уметь выполнять в ходе последующей профессиональной деятельности.)

В связи с внедрением «Обязательных результатов обучения по математике» (см. выше) учителя обращают внимание на то, что «существующая система контроля (самостоятельные и контрольные работы, экзаменационные работы) недостаточно ориентирована на обязательные результаты обучения», и выдвигают предложения по усовершенствованию этой системы в соответствующем направлении.

Нередко одни и те же задачи выполняют функции и учебных, и проверочных. Как учебные, так и проверочные задачи (наряду с указаниями, относящимися к решению ряда таких задач, воздействиями, направленными на повышение мотивации учения, и т. п.) выступают в качестве средств решения дидактических задач.

Применение понятий об учебных и дидактических задачах проиллюстрируем на примере рассмотренных Е. И. Машбицем трех вариантов использования компьютера в учебном процессе.

1. Компьютер выступает как средство решения только учебных (но не дидактических) задач. Функции компьютера (используемого в качестве справочной системы, средства осуществления расчетов, моделирования и т. п.) здесь «мало чем отличаются от тех, которые он выполняет в рамках других видов деятельности – научной, производственной».

2. Компьютер является средством решения дидактических (но не учебных) задач. В этом случае он взаимодействует не с обучаемыми, а с педагогом, которому, например, «может выдавать рекомендации о целесообразности применения тех или иных обучающих воздействий по отношению к тем или иным обучаемым».

3. Компьютер применяется как средство решения и учебных, и дидактических задач. В данном случае, взаимодействуя с обучаемым, он при этом непосредственно осуществляет управление его учебной деятельностью с помощью соответствующей последовательности обучающих воздействий. «Разумеется, в определенные моменты инициатива может переходить к школьнику, ему предоставляется возможность задавать различные вопросы, относящиеся к решению той или иной учебной задачи». Однако вместо явного ответа на вопрос учащегося компьютер может, подобно учителю, «дать некоторое эвристическое указание, предложить решить вспомогательную задачу и т. д.».

Приведенный пример демонстрирует важность четкого различения используемых понятий (в частности, об учебных и дидактических задачах). Но не менее важно видеть взаимосвязь и взаимопереходы явлений, описываемых этими понятиями. Мы говорим: дидактическую задачу решает учитель (или моделирующий его деятельность компьютер). Однако при этом одна из особо значимых дидактических целей состоит в том, чтобы развивать рефлексию обучаемых, направленную на собственную учебную деятельность, и постепенно формировать умение самостоятельно управлять ею.

Обучение, пишут В. В. Краевский и И. Я. Лернер, «направлено в конечном счете на собственное отрицание, на снятие обучения в учении». Точнее, видимо, говорить о постепенном переходе от осуществляемого извне (учителями) обучения некоторого субъекта к его самообучению.

В настоящей работе мы сосредоточили внимание на дидактических применениях теории задач. Вместе с тем следует заметить, что категория задачи представляет интерес и для разработки проблем воспитания (рассматриваемого то ли в относительно узком

плане – как формирование системы ценностных ориентации и соответствующего ей поведения, то ли весьма широко – как формирование личности в целом).

Во-первых, социальная функция воспитания подрастающего поколения может быть описана как подготовка его представителей к решению многообразных задач, с которыми им придется столкнуться на протяжении их жизни.

Во-вторых, формирование и развитие личности осуществляется только в деятельности (широко трактуемой), т. е., иначе говоря, в процессе решения задач. (Этот тезис не противоречит положению о фундаментальной роли общения в воспитании, хотя бы потому, что общение может быть рассмотрено как специфический вид деятельности. К тому же, как отметил Г. С. Батищев, для развития личности очень важно ненавязчиво передавать воспитуемому *«задачу на поступок, задачу по собственной совести... Но принятие задач на поступки может совершаться не иначе, как внутри глубинной общности, внутри взаимной сопричастности друг другу»*). Стало быть, сущность процесса воспитания может быть описана как стимулирование решения воспитуемыми задач, способствующих развитию в нужном направлении личности каждого из них.

В-третьих, заслуживают исследования особенности задач, решаемых воспитателем, – особенности, определяющие требования к эвристическим средствам, которые должна предоставлять в распоряжение воспитателей педагогическая наука. Нетрудно заметить, что три выделенных типа задач соответственно аналогичны критериальным, учебным и дидактическим задачам, рассмотренным выше применительно к теории обучения.

Как и в случае обучения, различение типов задач, о которых идет речь в предыдущем абзаце, должно сочетаться с учетом взаимосвязей и взаимопереходов между ними. Такие взаимопереходы связаны, в частности, с отношением между воспитанием (осуществляемым извне) и самовоспитанием, которое должно формироваться под его воздействием. Это отношение аналогично тому (рассмотренному выше), которое должно иметь место между обучением и самообучением. (Выдвигаемым положениям созвучен тезис о необходимости «не на словах, а на деле признать ученика не только объектом, но и субъектом педагогической деятельности»).

Констатация отмеченных аналогий не ставит, разумеется, под сомнение специфику воспитания по сравнению с обучением. В то время как системы учебных задач в своей подавляющей части строятся

заранее, воспитание (в особенности нравственное) лишь частично осуществляется путем заранее запланированных мероприятий; важную роль в достижении целей воспитания играет оперативное регулирование разнообразной деятельности воспитуемых. Уроки честности в отличие от уроков физики «дает сама жизнь, они не могут иметь твердых организационных рамок, их гораздо труднее спроектировать, чем вторые». С этим связано и такое различие: обучаемому чаще всего полезно осознавать, что его обучают, но, как писал А. С. Макаренко, большей частью нежелательно, «чтобы каждая отдельная личность чувствовала себя объектом воспитания».

Понятие педагогической задачи (по отношению к которому понятия «дидактическая задача» и «воспитательная задача» являются видовыми) анализируется рядом исследователей. Как подчеркивал Г. С. Костюк, «специфика педагогических задач состоит в том, что они могут быть решены и решаются только посредством руководимой учителями активности учащихся, их деятельности». В процессе профессиональной подготовки учителей имеет место особый случай: здесь организуется решение обучаемыми «учебных педагогических задач». С этой целью осуществляется моделирование типичных педагогических ситуаций.

5.6.2. Особенности учебных задач

Понятие учебной задачи мы считаем необходимым проанализировать глубже. Это требуется, помимо прочего, потому, что в термин «учебная задача» разными исследователями вкладывается неодинаковое содержание.

В педагогике издавна принято понимать под учебной задачей специфический вид задания, даваемого учащимся, чаще всего такое задание, которое требует от них более или менее развернутых мыслительных действий (продуктивных или репродуктивных). Если, однако, руководствоваться основанным на идеях психологии деятельности и принимаемым в этой работе задачным подходом, то понятие учебной задачи следует трактовать шире. **В соответствии с указанным подходом считается, что «учебная деятельность, как и любая иная, имеет заданную структуру, т. е. осуществляется как решение специфических для нее (учебных) задач... Существуют мыслительные, мнемические, перцептивные, имажинативные, коммуникативные и другие учебные задачи.** Такая точка зрения, естественно, не совпадает с распространенными классификациями

видов учения, в которых решение задач (какое бы значение ему ни придавалось) рассматривается лишь как один из таких видов».

Обсудим вопрос о пределах применимости рассматриваемого подхода.

Трактовка учения как решения задач связывается обычно (и не без основания) с подчеркиванием активности учащихся. Как пишет Т. Томашевский, педагоги «отличают пассивное получение (приобретение) сообщений от активного и предлагают применять активные методы... Однако, — продолжает он, — мы не можем проходить мимо и противоположных фактов. На наших глазах применяются — тоже во все большем объеме — методы управления поведением людей с помощью пассивной рецепции... Радиослушатели и телезрители держат себя, скорее, пассивно, ограничиваясь только восприятием слышимого или видимого, однако воздействию передаваемых таким образом сообщений придается все большее значение».

Нельзя не признать, что «пассивное восприятие» в этом смысле имеет место и в процессах учения, причем нередко оно оказывается вполне эффективным с точки зрения достижения поставленных целей обучения (разумеется, не любых, а целей определенного характера, таких, например, как формирование у учащихся интереса к изучаемой теме или достижение первичного понимания ими нового учебного материала).

Сосредоточим внимание на ученике, с интересом слушающем увлекательный рассказ учителя. Предположим, учитель на этот раз не вводит в свой рассказ элементов беседы, не задает классу вопросов, а просто рассказывает, но делает это мастерски. Ученик, увлеченно слушающий рассказ учителя, с житейской (и обычной педагогической) точки зрения пассивен и уж во всяком случае не решает никакой задачи. Но можно ли считать этого ученика пассивным, анализируя его поведение в психологическом плане? И не допускает ли Т. Томашевский в приведенной цитате известного отхода от своего же совершенно правильного положения о том, что психические явления представляют собой «действия человека, который является их субъектом, стремящимся к определенным целям, а не только предметом, пассивно реагирующим на внешние воздействия»? Наконец, разве не ясно, что успешность обучения, в том **числе его развивающие эффекты, зависит в первую очередь не от внешней активности учащихся, а от активизации их психической деятельности?** В учебном процессе должны находить место различные способы такой активизации. Обсуждая проблемы

литературного образования, И. Ф. Гончаров соглашается с тем, что «и во время слушания можно быть духовно активным». Вместе с тем он резонно замечает, что, «слушая, ученик не всегда имеет возможность быть вполне самостоятельным. Полнота самостоятельности там, где ученик-читатель сам конструирует вопросы, сам анализирует произведение, сам готовит доклад и т. п.»

Нас, однако, интересует еще и такой вопрос: следует ли считать, что ученик, увлеченно слушающий учителя, решает при этом некоторую задачу? На этот вопрос можно ответить так. С нашей точки зрения (см. 5.2.5 и 5.3.4), всякое действие субъекта, управляемое осознанной или даже неосознанной целью, направлено тем самым на решение той или иной внутренней для субъекта задачи. У ученика, о котором идет речь, безусловно, имеется познавательная цель (стремление к приобретению информации), хотя эта цель может и не фиксироваться в его сознании, поглощенном содержанием информации. Указанная цель (она же требование решаемой учеником задачи, в данном случае перцептивной) представляет собой модель требуемого состояния знания ученика о некотором объекте; то знание о нем, которым ученик обладает в данный момент, составляет исходный предмет решаемой им задачи.

Таким образом, есть достаточные основания считать, что ученик, с увлечением слушающий рассказ учителя, решает при этом задачу (точнее, последовательность задач). И не следует думать, что это утверждение представляет только теоретический интерес. Выделение познавательных задач, которые должны решать учащиеся, слушая рассказ учителя, позволяет рациональнее построить его (а также и урок в целом).

Этот тезис получил подтверждение в исследовании М. В. Рычика. Для рассказов учителя по курсу природоведения им были подготовлены тексты в комплексе с дополняющими их рисунками. Каждый текст был организован как **иерархическая система познавательных задач, включающая: а) общую задачу, постановке и решению которой посвящен весь рассказ; б) несколько выделяемых в ней подзадач; в) «микрозадачи», решая которые учащиеся предугадывали последующие элементы рассказа.**

Общая задача и подзадачи ставились перед детьми в явной форме, с опорой на рисунок, например: «Надо выяснить, где здесь (на изображенной местности) можно накопать глины». В отличие от этого микрозадачи как таковые не формулировались. Начало фразы (например: «Серые и красноватые участки скалы разделены более темными – коричневыми или желтовато-серыми...») задавало ребенку

условие микрозадачи. Затем, после выдержанной учителем небольшой паузы, учащийся воспринимал окончание фразы, дававшее правильный результат решения микрозадачи, «ответ» на нее (в данном случае: «...прослойками другого камня»). Если результат самостоятельного решения не совпадал с этим ответом, последний возвращал познавательный процесс в запланированное русло формируемого представления, не давая ребенку возможности переключить внимание на посторонние факты. Если же ребенок самостоятельно приходил к правильному решению микрозадачи, то совпадение собственного прогноза со словом учителя переживалось им как успех, поднимающий уровень его познавательных эмоций.

Вывод, достигнутый в результате решения каждой предыдущей микрозадачи, включался в условие следующей – благодаря этому цепь познаваемых объектов и их признаков оказывалась столь же непрерывной, как и при самостоятельном восприятии или представлении детьми природных явлений. При этом, однако, направленность переходов от одного образа к другому соответствовала не случайным условиям наблюдения, а заранее спланированной системе связей изучаемых явлений, что создавало предпосылки для их последующего понятийного осмысления.

Результаты обучающего эксперимента подтвердили эффективность разработанной методики. Было констатировано, в частности, повышение успешности учения при переходе к восприятию последующих текстов.

Подобным же образом понимание письменного текста достигается путем решения системы познавательных задач, большей частью явно неформулируемых в тексте. Понимание учащимися достаточно сложных текстов существенно облегчается и становится более глубоким, если у них специально формируются приемы осмысления текста, суть которых состоит в том, чтобы в процессе чтения выделять задачные ситуации и затем ставить и решать соответствующие им познавательные задачи.

В методике преподавания иностранных языков выдвигается тезис о том, что вообще не следует противопоставлять тексты упражнениям: «Текст в учебном процессе не существует без задания к нему и является компонентом упражнения». Этот тезис лежит в русле задачного подхода, но, по нашему мнению, является несколько упрощенным: надо учитывать, что один и тот же текст может быть включен в разные упражнения, или, лучше сказать, в разные задачи.

Такие задачи могут не только предлагаться учителем или учебником, но и ставиться самими учащимися, к чему их желательно поощрять.

Итак, мы рассмотрели две трактовки понятия учебной задачи: традиционную педагогическую трактовку и широкую трактовку, соответствующую «задачному подходу» к исследованию учебной деятельности. Обратимся теперь еще к одной трактовке того же понятия, получившей значительное распространение в психологии. Характеризуя учебную задачу как «основную единицу (клеточку) учебной деятельности», Д. Б. Эльконин писал: «Необходимо строгое различие учебной задачи от различного рода практических задач, возникающих перед ребенком в ходе его жизни или специально предлагаемых ребенку взрослыми. **Основное отличие учебной задачи от всяких других задач заключается в том, что ее цель и результат состоят в изменении самого действующего субъекта, заключающемся в овладении определенными способами действия, а не в изменении предметов, с которыми действует субъект.**»

Прокомментируем эту формулировку.

Тезис о принципиальном различии практических и учебных задач и о необходимости в связи с этим строить учебные задачи иначе, чем практические, безусловно, верен, и его выдвижение имело важное значение для прогресса педагогической психологии. Из процитированного высказывания, однако, не ясно, что понимается под «целью» (и «результатом») задачи.

Если имеется в виду цель, с которой учитель предлагает задачу учащимся, то может сложиться впечатление, что подход Д. Б. Эльконина не вносит ничего принципиально нового в трактовку учебных задач: ведь все задачи, предлагаемые учащемуся в ходе обучения, даются в конечном счете именно с той целью, чтобы обучить, а значит, изменить его (к сожалению, это не всегда в должной мере учитывается учителями. Как пишет Ю. М. Колягин, анализируя практику решения математических задач в школе, «многие учителя забывают об учебном характере каждой задачи, о том, что она должна обогащать знания и опыт учащихся, учить математической деятельности»). Такое впечатление было бы, однако, ошибочным: рассматриваемый подход не сводится к фиксации нормативных социальных функций учебных задач, а требует, чтобы указанным функциям соответствовали психологические характеристики этих задач.

Одна из таких характеристик выявляется в том случае, если под «целью учебной задачи» понимать цель осуществляемых учащимися действий по решению этой задачи; при этом знания и умения,

приобретаемые ими в результате достижения указанной цели, должны объективно представлять собой средства решения критериальных задач некоторого класса, в первую очередь такие, которые обеспечивают успешную реализацию познавательной фазы ориентировки в действиях по их решению (см. 5.2.5).

Так, в исследовании Е. И. Машбица цель действий учащихся при решении так называемых задач-моделей состояла в установлении математических и логических отношений, существующих между элементами прямоугольного треугольника, а знание этих отношений выступало в качестве средства решения критериальных задач, требовавших нахождения каких-либо элементов прямоугольного треугольника по другим (заданным) элементам.

Другая психологическая характеристика учебной задачи (в рассматриваемом понимании) выявляется в том случае, если под «целью учебной задачи» понимать сознательное стремление учащегося к овладению общим способом ориентировки в материале того или иного типа. Формирование такого стремления тесно связано с развитием у школьников «одной из главных черт собственно теоретического мышления – рефлексии как умения выделять, анализировать и соотносить с предметной ситуацией свои собственные способы деятельности».

В целом трактовка учебной задачи, предложенная Д. Б. Элькониним, является весьма емкой по содержанию и плодотворной в качестве концептуального средства, помогающего строить эффективный процесс обучения. Тем не менее мы не считаем возможным опереться на эту трактовку как на исходную в характеристике учебных задач: **нам нужно понятие, которое было бы пригодно для описания любых процессов учения и обучения независимо от того, насколько они эффективны, равно как и от того, построены ли они в соответствии с той или иной психологической теорией.**

В этой связи следует признать рациональным практикуемое иногда употребление для обозначения учебных задач в смысле, близком к тому, который вкладывал в этот термин Д. Б. Эльконин, таких терминов, как «специфически учебная задача», «собственно учебная задача» и т. п. Как подтвердили многочисленные исследования, эффективность обучения существенно повышается в условиях, когда специфически учебные задачи выполняют организующую функцию в системе решаемых учащимися задач.

Вернемся теперь к той широкой трактовке понятия учебной задачи, которая соответствует «задачному подходу» к исследованию

учебной деятельности. Даже в том случае, если требование, указанное в формулировке задачи, относится к некоторому внешнему предмету (как, например, в математических задачах, используемых в учебных целях), всякая учебная задача должна включать в себя некоторые, по крайней мере неявно выраженные требования к решающему ее субъекту (т. е. учащемуся).

Как пишет А. И. Островский, полноценное решение учебной математической задачи не ограничивается получением верного «ответа» на поставленный в условии вопрос, а, кроме того, должно удовлетворять дополнительным требованиям. В частности, верный ответ «должен быть получен не любой ценой, а с минимальными затратами»; **решение задачи не должно сводиться к механическому, без понимания ее сути, выполнению операций над заданными величинами.** «Полный эффект, – заключает А. И. Островский, – будет достигнут только тогда, когда учащийся осознает, что с помощью математики он не только получил верный ответ на поставленный в задаче частный вопрос, но и полностью разобрался в тех процессах, явлениях, состояниях, которые связаны с решенной задачей».

Мы считаем, что в подобных случаях следует различать:

а) неотнесенную задачу M , скажем математическую, в которой выделен некоторый исходный предмет и некоторое требование;

б) отнесенную задачу m_q с теми же исходным предметом и требованием, рассматриваемую также в рамках математики, но уже по отношению к идеализированному решателю Q (системе математических и логических средств решения задач);

в) отнесенную задачу m_r , имеющую тот же исходный предмет и то же требование, что и неотнесенная задача M , но рассматриваемую исследователем по отношению к учащемуся как решателю R с определенными характеристиками (напомним проведенное в 5.2.3 различие способов решения задач, обозначенных здесь как m_q и m_r);

г) отнесенную учебную задачу n_r , построенную на базе задачи m_r и включающую в себя требования к учащемуся (а также, как правило, дополнительную информацию, относящуюся к решению задачи, см. 5.2.4).

Из сказанного вытекает неправомерность отождествления учебной задачи с той математической (или грамматической, физической и т. п.) задачей, на которой эта учебная задача основана. Формулировка математической задачи (в других случаях – компоненты такой формулировки) – это лишь материал учебной задачи, решаемой учащимися в процессе изучения математики. Для решения этой учебной задачи могут потребоваться разные действия с указанным

материалом (не только и не всегда – действия, направленные на решение упомянутой математической задачи).

Так, учащимся может быть предложено применить для решения одной математической задачи несколько способов, с тем чтобы «отыскать наиболее оригинальное, красивое, экономичное решение». Для достижения этой цели требуется вспоминать теоретические положения, а также методы и приемы решения задач и анализировать все эти средства с точки зрения применимости к описанной в задаче ситуации. «Вооружая» учащихся стратегией отыскания оптимального способа решения, учитель одновременно должен поощрять их самостоятельные находки.

П. М. Эрдниев и Б. П. Эрдниев обосновывают необходимость широкого применения в обучении математике «многокомпонентных заданий». Такое задание может предусматривать, например: а) решение обычной «готовой» задачи; б) составление обратной задачи и ее решение; в) составление аналогичной задачи по данной формуле (тождеству) или уравнению и решение ее; г) составление задачи по некоторым элементам, общим с исходной задачей; д) решение или составление задачи, обобщенной по тем или иным параметрам исходной задачи». Авторы обращают внимание на то, что «всякая математическая задача поистине неисчерпаема в своих связях с другими задачами; после решения задачи почти всегда можно... найти несколько направлений, в которых удастся развить и обобщить задачу, найти затем решения созданных таким образом новых проблем».

В ряде работ описано несколько апробированных в начальных классах школы систем заданий развивающего характера, построенных на базе сюжетных математических задач. Эти системы предусматривали, в частности, изменение структуры математической задачи (например, переход от прямой задачи к обратной), дополнение заданных формулировок, составление математических задач, которые соответствовали бы практическим ситуациям определенных типов.

Роль материала, на котором строятся учебные задачи, могут выполнять и формулировки принципиально неразрешимых задач, а также псевдозадачные формулировки (см. 5.3.1). Вместе с тем, говоря, в частности, о начальном обучении математике, следует подчеркнуть, что готовые формулировки математических задач (в том числе особые типы формулировок) – это хотя и важный, но лишь частный вид материала, на котором строятся учебные задачи.

В 1 – IV классах Павлышской школы, писал В. А. Сухомлинский, «дети решают задачи, составленные ими самими в процессе наблюдений, в процессе исследования пространственных,

функциональных, причинных связей между явлениями и предметами. До тех пор пока ученики не осмыслили истоки, происхождение математической задачи, им не дают готовых задач».

Завершая параграф, охарактеризуем соотношение понятий «учебная задача» и «познавательная задача». Очевидно, что:

1) познавательные задачи решаются отнюдь не только в ходе учебной деятельности, и, значит, только некоторые познавательные задачи являются учебными;

2) среди учебных задач основную массу составляют познавательные. Вместе с тем имеются и такие учебные задачи, которые познавательными не являются (например, коммуникативные, двигательные);

3) всякая специфически учебная задача направлена на овладение «общим способом решения всех задач определенного класса» и потому может быть интерпретирована как познавательная.

5.6.3. Учебный материал и его заданная структура

Понятие учебного материала очень широко применяется в практике и теории обучения, но сравнительно недавно стало объектом углубленного теоретического анализа. Мы не станем здесь комментировать эти работы и сопоставлять изложенные в них точки зрения с нашей, поскольку не стремимся дать развернутый анализ данного понятия, раскрыть его связи с другими дидактическими понятиями. Наша цель скромнее: она состоит в иллюстрации возможностей применения рассмотренного в работе концептуального аппарата, и в особенности категорий «модель» и «задача».

Пусть имеется некоторый текст, используемый в процессе обучения. Что же следует считать учебным материалом: данный текст как таковой, его основное содержание или, наконец, то общее, что объединяет методически различающиеся способы изложения некоторой темы и в результате ее изучения должно стать достоянием учащихся? Термин «учебный материал» употребляется во всех трех смыслах, что вызывает немалую путаницу.

Ясно, что уточнение стихийно сложившегося понятия учебного материала требует его «расщепления». Здесь возможны разные терминологические варианты. Рассмотрим один из них. Термин «учебный материал» ставится в соответствие второму из упомянутых выше его смыслов, в то время как первый передается с помощью термина «дидактический материал» (обычно употребляемого лишь для

обозначения дополнительных материалов, привлекаемых к использованию в учебном процессе).

Дидактический материал определяется при этом как система объектов, каждый из которых: а) является предназначенной для использования в процессе обучения материальной или материализованной моделью той или иной системы, выделенной в рамках общественного знания и опыта; б) служит средством решения некоторой дидактической задачи.

Примером материальной модели, входящей в состав дидактического материала, может служить действующая модель изучаемого механизма. Основную массу дидактического материала (трактуемого согласно вышеприведенному определению) составляют материализованные модели – всевозможные схемы, рисунки, карты и, главным образом, тексты, формируемые и воспроизводимые посредством то ли письменной, то ли устной речи.

В связи с пунктом «б» рассматриваемого определения можно вспомнить о вредных последствиях, к которым приводит использование тех или иных компонентов дидактического материала безотносительно к требующим решения дидактическим задачам. Так, например, в связи с рассмотрением функций текстовых математических задач методисты справедливо обращали внимание на то, что, когда в предлагаемых школьникам математических задачах «не различаются их познавательное и развивающее назначения», тогда «неоправданно тратится драгоценное время урока, учиться становится труднее, возникает пресловутая перегрузка, теряется интерес к предмету...».

Что касается *учебного материала*, то он трактуется как система идеальных моделей, несомых упомянутыми (вошедшими в состав дидактического материала) материальными и материализованными моделями и предназначенных для непосредственного использования в учебной деятельности. Последний признак позволяет разграничить два понятия: «учебный материал» и значительно более широкое – «содержание дидактического материала». Так, например, содержание географической карты как компонента дидактического материала образует вся отображенная этой картой информация, которая в принципе может быть использована в учебных целях. Ясно, что в состав учебного материала урока (и даже всего курса географии) входит только часть этой информации.

В свете сформулированных определений анализируется выражение «усвоение материала», широко применяемое в практике и теории обучения. При этом констатируется, что говорить об усвоении

дидактического материала было бы вообще бессмысленно, а требовать усвоения всего его содержания - явно избыточно. Более того, вовсе не надо добиваться усвоения учащимися (превращения в их долговременное достояние) всего учебного материала, как он охарактеризован выше. Ведь в состав последнего входят наряду с нормативными (подлежащими такому усвоению в соответствии с принятыми целями обучения) и дополнительные компоненты, служащие средствами усвоения нормативного содержания. Это, в частности, квазиалгоритмы решения учебных задач (так называемые учебные алгоритмы), эвристические предписания и рекомендации, а также предлагаемые учащимся конкретные примеры воплощения изучаемого понятия или проявления изучаемой закономерности.

Напомним теперь, что **учебный материал состоит из моделей, предназначенных для непосредственного использования в учебной деятельности. Последняя же может быть представлена в виде системы процессов решения учебных задач**. При таком подходе единицей членения учебного материала оказывается учебная задача, и построение системы таких задач становится стержнем работы по построению учебного материала, а также дидактического материала, в котором он находит воплощение.

Обосновывается целесообразность выделения структурных компонентов учебного материала, соответствующих перцептивно-мнемическим, мыслительно-имагинативным и коммуникативным задачам, а также его функциональных компонентов, обеспечивающих соответственно усвоение операционной структуры изучаемого способа действия, сферы возможных целей его применения и класса объектов, к которым он приложим. М. В. Рычик попытался указать наиболее подходящие методические формы для каждого из девяти возможных сочетаний друг с другом перечисленных выше структурных и функциональных свойств, которыми могут обладать компоненты учебного материала. Так, например, перцептивно-мнемическая задача наилучшим образом реализуется с помощью инструктивного, описательного или справочного текста в зависимости от того, служит ли ее решение усвоению, соответственно, операционных, целевых или объектных характеристик изучаемого способа действия.

5.6.4. Задачный подход к построению процесса обучения

Вернемся к общему положению об **учебной задаче как единице членения учебного материала**. В программированном обучении такое

членение осуществляется явным образом: **учебной задаче здесь соответствует фрагмент обучающей программы**. Вместе с тем независимо от того, какая форма обучения используется, выступает ли в качестве источника учебной информации печатный текст, или живое слово учителя, или, скажем, кинофильм, в любом случае целесообразно проектировать систему учебных задач, решение которых должно обеспечить овладение требуемыми знаниями и умениями, способствовать умственному и, шире, личностному развитию учащихся. Это дает основание говорить о задачном подходе не только к исследованию, но и к построению процесса обучения.

Мы не будем здесь излагать принципы построения систем учебных задач. Подчеркнем лишь, что указанные системы должны строиться в соответствии с установленной ранее иерархической системой целей обучения, обеспечивая вклад в достижение и тех из них, которые находятся на верхних ступенях иерархии (см. выше 5.6.1).

Использование положений теории задач позволяет при разработке систем учебных задач уточнять их структуру, устанавливать их качественные и количественные характеристики.

Задачный подход к построению процесса обучения был реализован, например, в разработке М. В. Рычика, уже описанной кратко в 5.6.2. Напомним, что она была посвящена конструированию учебного текста (рассказа учителя) по курсу природоведения на основе построения иерархической системы познавательных задач. Цели обучения предусматривали здесь не только усвоение знаний, заданных программой курса, но и пропедевтику формирования естественнонаучных понятий и основ мировоззрения, развитие у школьников способности к самостоятельному целеполаганию и к применению в разнообразных жизненных ситуациях приобретаемых в школе знаний и умений. При построении упомянутой системы задач использовались теоретические положения, описывающие структуру познавательных задач. Например, сюжет «Разрушение скальной гряды в результате процессов выветривания» был подразделен на сюжеты подзадач, описывавших соответственно процессы разрушения скал, затем получившихся из них валунов, затем щебня и т. д. Каждая такая подзадача (кроме последней) по классификации, приведенной в 5.4.5, представляла собой задачу использования имеющегося состояния: вначале достаточно полно описано только исходное природное тело (например, скалы в первой подзадаче), а природные воздействия на него и результат его разрушения требуют раскрытия. Последнюю же подзадачу можно считать задачей преобразования, ибо здесь заранее

известной конечное состояние – глина (общий вопрос задачи, решению которой посвящен весь рассказ: «Где можно накопать глины?»). При этом последняя подзадача могла выступать в разных вариантах (различавшихся описаниями начального состояния преобразуемого объекта), поскольку переход к ней мог осуществляться на разных этапах решения общей задачи.

Другим примером применения задачного подхода может служить исследование, посвященное разработке многоуровневых обучающих программ по курсу технической механики для техникумов. Синтез новой схемы знания, в которой воплощается целостное понимание изучаемого явления или закономерности, проектировался здесь как результат решения сравнительно крупной познавательной задачи, включающей в качестве подзадач задачи понимания отдельных суждений. Были разработаны оценки сложности таких подзадач, равно как и упомянутой задачи синтеза знания, что позволило установить обоснованные характеристики различающихся по сложности уровней программы, а также критерии межуровневых переходов и на этой основе оптимизировать процесс учения.

Теперь обратим внимание на то, что **проектирование систем учебных задач, удовлетворяющих заранее намеченным требованиям, с использованием при этом положений теории задач – это только один из аспектов задачного подхода к построению процесса обучения. Другой аспект касается содержания обучения. Описанный в настоящей работе понятийный аппарат общей теории задач может быть использован как основа для построения систематизированных описаний задач**, решению которых должны научиться обучаемые (т. е. критериальных задач). В адаптированном виде такие описания могут предоставляться в распоряжение обучаемых, либо (если это сочтено нецелесообразным, учитывая, скажем, их возраст) у них можно формировать соответствующие этим описаниям способы действий.

Проиллюстрируем реализацию этого аспекта задачного подхода на примере упоминавшейся уже в 5.6.2 разработки систем заданий развивающего характера на базе сюжетных математических задач. Эта разработка, ориентированная на младших школьников, предусматривала, в частности, формирование у них понятий о задаче (математической) и ее основных компонентах. Чтобы учителя начальных классов могли осуществлять такое формирование, прежде всего необходимо было «вооружить» их сводкой основных научных сведений о структуре и свойствах задач. Ниже приводится составленный в рамках данной разработки вариант такой сводки,

построенный путем адаптации положений теории задач, содержащихся в разделах 5.2 и 5.4 настоящей работы.

1. В любой задаче имеется трудность, которую нужно преодолеть. В математической задаче – это наличие неизвестных характеристик определенных объектов. Об этих характеристиках мы не всё знаем из того, что нас интересует. Об известных характеристиках мы, напротив, знаем всё, что нам нужно.

2. Текст любой задачи состоит из условия и требования. Форма представления этих компонентов может быть разной. Так, например, требование математической задачи может выражаться как вопросительным предложением, так и повествовательным с глаголом в повелительном наклонении. Вопросительное предложение, которым чаще всего завершается текст задачи, может, кроме требования, содержать в себе и часть условия.

3. Условие задачи – это описание ситуации особого типа. В условии математической задачи описывается ситуация, в которой неизвестна какая-либо характеристика (или характеристики) того или иного объекта (или объектов).

4. Требование математической задачи состоит в том, чтобы описать с необходимой полнотой так называемые искомые характеристики, т. е. все или некоторые неизвестные характеристики. Для этого следует использовать связи между известными и неизвестными характеристиками.

5. Количество известных и неизвестных характеристик в задаче может быть самым различным.

6. Решить задачу – это значит выполнить ее требование. В общем случае в ходе решения можно и не использовать некоторые из имеющихся в условии задачи сведения, в том числе некоторые из числовых данных. Пользоваться надо только теми данными, которые необходимы для выполнения требования задачи. Если имеющихся в условии задачи данных недостаточно для его выполнения, то задачу нельзя решить без необходимою дополнения данных.

7. Составить задачу в данной ситуации – это означает сформулировать определенное требование и выделить условия его выполнения.

Учащимся начальных классов эта сводка сведений в таком виде не сообщалась, но в соответствии с ней было разработано несколько систем заданий, с помощью которых каждый учащийся в ходе индивидуальной работы мог выделить ряд существенных признаков понятий о задаче и ее компонентах. Осуществленные учащимися

обобщения проверялись и корректировались на уроках в ходе коллективного обсуждения.

Применялись, в частности, задания, предусматривавшие: решение задач, где неизвестные описаны в косвенной форме; анализ и решение (после необходимого дополнения, если такое требуется) задач с недостатком или избытком данных; конструирование задачи из условия и требования (для выражения которых использовались разные логико-грамматические конструкции); составление задач по рисункам. В заданиях последней группы для наглядного представления неизвестной характеристики как такой, о которой «мы не всё знаем, что нас интересует», применялся такой прием: изображались, например, стоящие за деревьями автомобили, количество которых непосредственно подсчитать невозможно, а можно только вычислить, исходя из имеющихся в задаче известных характеристик.

Опыт применения этих систем заданий подтвердил их доступность учащимся начальных классов и полезность работы с ними для успешного овладения математическими знаниями и развития мышления школьников.

Заключение

Подводя общий итог содержанию 5-го раздела, можно констатировать, что средства теории задач приносят пользу в работе, направленной на совершенствование понятийного аппарата педагогики и психологии, на построение систем обучающих воздействий и на формирование у учащихся более адекватных представлений об изучаемых ими задачах.

Наиболее актуальные направления дальнейшей разработки психолого-педагогических аспектов теории задач, на наш взгляд, таковы.

Это, во-первых, соотнесение положений теории задач с концепциями, сложившимися в рамках частных методик, без чего невозможно широкое применение указанных положений в целях совершенствования средств и процесса обучения различным предметам.

Во-вторых, следует использовать эти положения (по мере необходимости дорабатывая их, в том числе в направлении дополнительной операционализации) в работе по компьютеризации обучения. Эффект их применения здесь должен быть, по-видимому, наибольшим.

В-третьих, результаты исследования задач и процессов их решения, специфичных для совместного функционирования двух (или

большого числа) решателей, должны активно использоваться как в целях той же компьютеризации, так и в связи с построением групповых форм учебной работы, обучением подлинно коллективной деятельности, что приобретает важное значение в поисках путей обновления школы.

Специальное внимание следует уделить изучению и совершенствованию систем задач, решаемых учащимися в процессе трудового обучения и производительного труда.

Наконец, необходимо углубленное изучение задачной структуры функционирования личности, в том числе анализ решения ею задач организации собственного поведения и взаимодействия с другими людьми. Прогресс в разработке этой проблематики сделает возможным продуктивное приложение задачных представлений к сфере воспитания.

Заслуживает внимания следующая мысль писателя Фазиля Искандера: «Ум и мудрость. Ум – это когда мы самым лучшим образом решаем ту или иную жизненную задачу. Мудрость обязательно сопрягает разрешение данной жизненной задачи с другими жизненными задачами, находящимися с этой задачей в обозримой связи. Поэтому мудрость часто пренебрегает самым лучшим решением данной задачи ради чувства справедливости по отношению к другим задачам. **Умное решение может быть и безнравственным. Мудрое – не может быть безнравственным**». Вспомним также характеристику мудрости С. Л. Рубинштейном как умения «не только изыскать средства для решения случайно всплывших задач, но и определить самые задачи и цель жизни так, чтобы по-настоящему знать, куда в жизни идти и зачем...».

Описывая помятая теории задач, мы стремились охарактеризовать каждое из них и отношения между ними возможно более четко. Получилась как бы сеть, составленная из отдифференцированных друг от друга, «дизъюнктивных» (в терминологии А. В. Брушлинского) понятий. В этой связи возникает вопрос о том, подходит ли такая понятийная сеть для описания характерных для человеческой деятельности «недизъюнктивных» процессов, стадии которых «непрерывно как бы проникают друг в друга, сливаются, генетически переходят одна в другую и т. д.».

Мы считаем возможным ответить на этот вопрос положительно, с той оговоркой, что «дизъюнктивные» понятия выступают в данном случае как средства анализа изменчивых и противоречивых реальных объектов, как своего рода вехи, упорядочивающие мышление о них, а

не как жесткие «полочки», разложить по которым такие объекты чаще всего не удастся.

Конкретизируя последний тезис, можно выдвинуть следующие требования. Во-первых, как уже указывалось во введении, используемая понятийная сеть должна быть достаточно густой. Во-вторых, следует использовать разные варианты соотнесения «дизъюнктивных» понятий с одними и теми же реальными объектами, выделяя тем самым различные стороны их сущности.

В работе предприняты усилия по реализации первого из выделенных здесь требований. Что касается второго, то желательно проследить на конкретном примере, как осуществляется подобное соотнесение. С этой целью обсудим такой вопрос: можно ли описать любой процесс обучения как решение учителем некоторой системы коммуникативных задач (см. 5.4.3)?

На первый взгляд ответ должен быть положительным. В самом деле, вначале ученик владеет недостаточно полной информацией о том или ином объекте, а учитель – достаточно полной. Но затем он с помощью последней достигает необходимого пополнения информации, которой владеет ученик.

Такой ответ может быть, однако, оспорен на том основании, что в качестве источника учебной информации отнюдь не всегда выступает учитель. Это позволяет утверждать, что коммуникативные задачи решаются учителем не во всех ситуациях обучения. Столкнувшись с таким возражением, сторонник тезиса о «коммуникативном характере обучения» может уточнить свою позицию, указав, что в качестве решателя коммуникативных задач выступает учитель, «вооруженный» различными средствами обучения (учебниками, наглядными пособиями и пр.), которые могут служить непосредственными источниками информации для учеников.

Но и это уточнение не спасает положения. Достаточно сослаться на тот случай, когда старшеклассник или студент обращается, выполняя задание преподавателя, к дополнительной литературе, в том числе, возможно, и незнакомой преподавателю.

Казалось бы, вывод ясен: обучение может быть описано как решение коммуникативных задач очень часто, но не всегда. Тем не менее нельзя признать окончательным и этот вывод, поскольку есть возможность «соотнести деятельность преподавания с коллективным субъектом».

Итак, мы убедились в том, что понятие теории задач (в данном случае – «коммуникативная задача»), обладая вполне определенным содержанием, может быть самым разным образом соотнесено с

реальными ситуациями обучения. В ходе такого многократного соотнесения вскрываются всё новые стороны изучаемой реальности, что способствует ее более глубокому познанию.

Наряду с этим некоторому реальному объекту могут быть поставлены в соответствие разные понятия теории задач. Вспомним хотя бы пример, приводившийся в 5.4.5. «Одну и ту же» решаемую учеником задачу на нахождение корней квадратного уравнения оказалось целесообразным относить к разным видам трехкомпонентных познавательных задач в зависимости от того, владеет ли ученик общим методом решения квадратных уравнений. Добавим к этому теперь, что если ученик только овладевает таким методом, то альтернативные представления, взятые из теории задач, являются как бы гранями, между которыми находится развивающийся объект – реально решаемая задача.

Проведенное обсуждение, как нам кажется, подтверждает целесообразность использования четких («дизъюнктивных») понятий теории задач как средств анализа противоречивых, «живых» процессов, в том числе процесса обучения.

Впрочем, здесь следует говорить не только об анализе, но и о синтезе, построении обучения. Квалифицированное использование средств теории задач, учитывающее неоднозначность их соотношений с компонентами «живого» педагогического процесса, не несет в себе угрозы его «засушивания», а, напротив, позволяет достигнуть в нем большего разнообразия и расширить его развивающие возможности.

6. Цели и задачи теории познания

6.1. Цели в познании объектов

Выбор цели объектов познания — это один из важнейших творческих этапов в решении различных тем и проблем познания. Так, при познании новых познаваемых систем выбрать цель — значит решить, систему какого класса и какого назначения следует познавать. Во многих случаях цель познания диктуется процессами научной целесообразности.

В любой ситуации принятия того или иного решения исследователь должен прежде всего ответить на вопрос: к чему мы стремимся? В чем

состоит цель исследования? Вряд ли можно дать четкий ответ на этот вопрос при слишком «глобальном» подходе, например, к цели существования всего человечества, Солнечной системы и т. п. Однако в рамках четко очерченной ситуации ответ может быть точно определенным. И математических моделях принятия решений существует способ формализации цели, состоящий во введении целевой функции. Такая функция для каждого изоможного исхода численно оценивает его полезность для лица, принимающего решение, хотя не всегда удобна, так как не все сводится к числу или системе чисел. Так, нельзя оценить труд ученого только количеством опубликованных им работ. Можно опубликовать одну работу, но решить в ней чрезвычайно крупную проблему в той или иной области науки, перевернуть существующие до этого представления, сделать открытие. Понятно, что здесь суть не в количестве научных работ.

В реальных задачах познания мы обычно имеем дело со сложными системами: техническими, экономическими, биологическими, экологическими, социальными и т. д. Как же определять целевую функцию в тех случаях, когда «формальное описание» может быть нереализуемым? Под формальным описанием понимается математическая (знаковая) модель объективной действительности. Математическая модель задачи принятия решения — формальное описание составляющих ее компонентов: цели, средств, результатов, а также связи между последними. Можно дать формальное описание цели, взяв за основу связанное с ней отношение предпочтения. Обычно для этого выделяют множество всех тех пар результатов, для которых один результат соответствует цели ближе, чем другой (при двоичном выборе: «который из двух»). Здесь легко составить отношение предпочтения, так как в такой ситуации не требуется проведения количественной оценки.

Обобщенное понимание цели прочно вошло в теорию познания с утверждением в ней представлений о потенциальной помехоустойчивости, «идеальном» приемнике, оптимальной фильтрации, пропускной способности.

Рассмотрим разработку дерева целей на примере НИР и ОКР в области радиоэлектроники (рис.1).

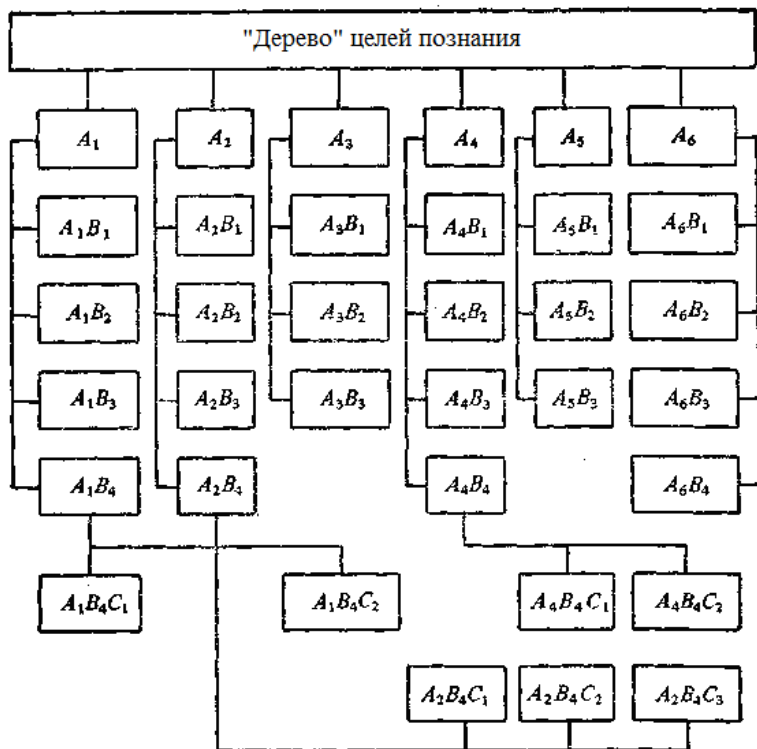


Рис. 1. «Дерево целей» НИР и ОКР в области радиоэлектроники

При разработке дерева целей необходимо исходить из общих требований: соблюдения иерархии целей согласно системных методов; относительной стабильности целей для рассматриваемого периода времени; полноты совокупности целей; отражения в дереве целей как теоретического, так и прикладного аспектов исследования. Перечислим основные уровни и подцели повышения эффективности радиоэлектронного производства:

Уровень 0

Повышение эффективности радиоэлектронной аппаратуры (генеральная цель развития радиоэлектроники).

Уровень А

А₁. Повышение помехоустойчивости радиоэлектронных систем.

А₂. Повышение пропускной способности систем передачи информации и каналов связи.

А₃. Повышение надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) — конструктивной, технологической.

А₄. Обеспечение требований электромагнитной и экологической совместимости РЭА.

А₅. Освоение новых диапазонов электромагнитных и акустических волн, обеспечение дальности действия.

А₆. Развитие элементной базы, микроминиатюризация.

Уровень В

Подцель А₁

А₁В₁. Совершенствование методов оптимального радиоприема, применение цифровых систем

А₁В₂. Совершенствование методов помехоустойчивого кодирования и декодирования.

А₁В₃. Совершенствование методов обработки сигналов и сообщений, одновременная оптимизация модемов и кодеков.

А₁В₄. Совершенствование возбuditелей и радиопередающих устройств, улучшение фильтрации гармоник и побочных излучений.

Подцель А₂

А₂В₁. Совершенствование методов уплотнения при многоканальной передаче сообщений.

А₂В₂. Применение методов сокращения избыточности систем.

А₂В₃. Совершенствование методов сжатия спектра частот.

А₂В₄. Повышение скорости передачи сообщений, адаптивная коррекция каналов связи.

Подцель А₃

А₃В₁. Совершенствование методов последовательного резервирования блоков РЭА.

А₃В₂. Совершенствование методов параллельного резервирования блоков РЭА.

А₃В₃. Совершенствование конструкции и технологии изготовления РЭА.

Подцель А₄

А₄В₁. Совершенствование антенно-фидерных устройств.

А₄В₂. Совершенствование способов экранирования отдельных блоков и узлов РЭА.

А₄В₃. Разработка новых методов (фильтров) помехозащиты.

А₄В₄. Оптимизация формы передаваемого сигнала, совершенствование методов оптимального радиоприема.

Подцель А₅

А₅В₁. Совершенствование конструкции и технологии средств канализации электромагнитной энергии (волноводов, световодов).

А₅В₂. Совершенствование методов волоконной оптики.

А₅В₃. Совершенствование и развитие акустоэлектронных систем.

Подцель А₆

А₆В₁. Совершенствование технологии и конструкции БИС, увеличение степени интеграции микрокомпонентов.

А₆В₂. Увеличение широкополосности (быстродействия) всех элементов РЭА, интегральных микросхем и функциональных компонентов.

А₆В₃. Расширение областей применения опто- и акустоэлектронных приборов (оптических модемов, приборов на поверхностных акустических волнах, приборов с зарядовой связью (ПЗС) и др.).

А₆В₄. Повышение надежности, снижение стоимости электронных и микроэлектронных приборов и элементов.

Уровень С

Подцель А₁В₄

А₁В₄С₁. Совершенствование методов стабилизации частоты, разработка новых высокостабильных кварцевых резонаторов.

А₁В₄С₂. Разработка новых транзисторов, совершенствование модульных широкополосных усилителей мощности, разработка принципиально новых методов сложения мощности.

Подцель А₂В₄

А₂В₄С₁. Разработка высокоскоростных систем передачи цифровых сигналов.

А₂В₄С₂. Совершенствование адаптивных полиномиальных и гармонических корректоров временных и частотных характеристик каналов связи.

А₂В₄С₃. Разработка методов комплексной коррекции (оптимизация формы передаваемого сигнала и оптимальный радиоприем), применение методов адаптивного предсказания и корректирования сигналов.

Подцель А₄В₄

А₄В₄С₁. Разработка теоретико-информационных и теоретико-игровых методов синтеза оптимальных систем передачи информации.

А₄В₄С₂. Совершенствование методов формирования сложных сигналов, разработка новых принципов построения широкополосных систем связи с шумоподобными сигналами.

Как видно из рис. 1, построение дерева целей как главная составная часть целевой разработки научно-технической программы основано на последовательной детализации целей по линии: главная цель — подцели первого уровня — подцели второго уровня и т. д. Основой такой детализации является функционально-содержательный принцип,

состоящий в том, что каждый целевой компонент разбивается на целевые компоненты того же содержания, но только на более детальные.

В принципе дерево цели можно развернуть и по чисто производственному признаку, например, при нулевом уровне — повышение эффективности радиоэлектронного производства.

Целевые комплексные программы являются прямым ориентиром в вопросах выбора актуальной тематики научных исследований.

6.2. Реализация «задачного» подхода в теории познания

6.2.1. Введение в «задачный» подход

Важную роль задач в процессе познания осознают все. Однако как объекты особого рода они проанализированы еще недостаточно. Между тем разработка научно обоснованных требований к задачам познания и их совокупностям необходима для эффективной реализации методов, процессов и алгоритмов познания. Выполнению этих условий (требований) должно помочь квалифицированное исследование задач познания, выяснение их общих свойств и построение их типологии, разработка методов оценки их сложности и трудности, принципов построения наборов тестовых задач, в том числе таких, решение которых требует в той или иной степени творческого подхода.

Особую значимость все эти вопросы приобретают в связи с компьютеризацией процессов решения задач познания, прежде всего с использованием компьютера в качестве средства познания. Если последовательность построения задач познания может сконструировать компьютер (не обладающий в отличие от исследователя интуицией), то в основу построения такой последовательности должны быть положены четкие научно обоснованные критерии.

Все вопросы, актуальность которых отмечена выше, в той или иной форме затрагиваются в настоящей работе, а некоторые из них служат предметом детального изучения. При этом, однако, мы сочли

целесообразным выйти за рамки традиционного понимания задач, когда последние рассматриваются в качестве специфического (хотя и важного) вида задания. В работе освещается одно из важных направлений фундаментальных и прикладных исследований в области науки, и прежде всего, в общей теории познания – так называемый **задачный подход к исследованию и построению научной деятельности, в том числе, и в теории познания**. Основная его идея заключается в том, что всю **деятельность субъектов, в том числе, ученых, целесообразно описывать и проектировать как систему процессов решения разнообразных задач**, и прежде всего, **задач познания объектов (процессов, явлений)**. Результативность (эффективность) познания в конечном счете определяется тем, какие именно задачи познания, в какой последовательности и какими способами будут решаться. Поэтому излагаемая в работе система качественных и количественных характеристик, описывающих задачи (трактуемые в указанном широком смысле), а также средства и способы их решения, облегчит построение эффективного процесса познания (конечно, при условии углубленной проработки этих вопросов в плане соответствующих частных методов).

При теоретическом анализе задач и процессов их решения обычно ограничиваются характеристикой понятия задачи в рамках какой-либо из сложившихся наук. Между тем для проектирования и создания человеко-машинных систем познания большой методический интерес представляет нахождение того общего, что есть в подходах различных наук к описанию задач, и определение на этой основе **общенаучного понятия задачи**. В перспективе такое обобщение можно рассматривать как специальную научную дисциплину, **изучающую задачи и процессы их решения в значительной мере независимо от той предметной области, к которой они относятся**, а также от того, **какая материальная система — естественная, искусственная или комбинированная — их решает**. В 1971 г. Глушковым В.М. в соавторстве был предложен термин для такой научной дисциплины—**проблемология** - *наука о задачах и процессах их решения*.

Первым шагом на пути оформления этой дисциплины должно быть уточнение самого понятия задачи.

В психологии мышления под задачей обычно понимают ситуацию для субъекта, которая характеризуется, как заметил Костюк Г.С., «не просто незнанием, а осознанием человеком того, что в известном есть нечто неизвестное, существенно важное для него (человека) и в то же время такое, что его нельзя сразу выяснить». При этом решение задачи

рассматривается как некоторый интеллектуальный, творческий акт. В противоположность этому в области (методах) познания, базирующейся на средствах вычислительной техники и программирования к процессам решения задач познания будем относить выполнение полностью отлаженной программы над заранее подготовленными и введенными в машину данными, преобразование которых обеспечивает получение достоверных сведений (значений данных) о познаваемом объекте.

Поэтому с целью анализа с единых позиций различных видов взаимодействия человека и ЭВМ необходимо разработать некоторое обобщенное представление задачи, удовлетворяющее как первой, так и второй интерпретации этого понятия. Например, вариант взаимодействия пользователя и ЭВМ, можно рассматривать как процесс совместного решения задачи, в котором и пользователь, и ЭВМ выполняют динамически меняющиеся функции, причем вычислительная машина выполняет не только рутинные действия, но и действия, считающиеся интеллектуальными (конструирование алгоритма, обучение пользователя и т. п.).

«Задачный» подход к исследованию взаимодействия человека и ЭВМ в теории познания будет выражаться в определении типов решаемых задач познания, в выделении абстрактных средств их решения, а также в «задачном» анализе различных видов взаимодействия человека и ЭВМ. Одной из целей задачного подхода является также построение структур различного рода систем познания, в большей или меньшей степени «способных» к решению задач познания и к диалогу; другой целью служит определение содержания обучения пользователя, вступающего во взаимодействие с ЭВМ, и др.

Приводимые ниже определения понятий носят в значительной мере интуитивный характер и не претендуют на удовлетворение математических критериев строгости. Мы лишь стремились к повышению четкости понятий как за счет уменьшения двусмысленностей и тавтологий, так и за счет введения по возможности однозначных связей между вводимыми понятиями, что, на наш взгляд, является определенным прогрессом по сравнению с положением, характерным для большинства исследований по теории познания, человеко-машинным системам и «диалогу» в широком смысле этого слова, а также для примыкающих к нашему исследованию работ по познанию (объектов).

6.2.2. Базовые понятия: объект, отношение, система, изменение, операция, модель

Вводя определения таких базовых проблемологических понятий, как «изменение», «операция», «модель», прежде всего будем иметь в виду существование и функционирование:

- а) «пассивных» объектов, «активных» объектов, воздействующих на другие объекты;
- б) исследователей или познавателей (наблюдателей), которые тем или иным образом выделяют в окружающем мире «пассивные» и «активные» объекты и познают (изучают) их взаимодействия.

Определение 2.1. Под объектом будем понимать все то, что может быть как-то воспринято, представлено, названо исследователем.

Объект A может находиться в состояниях $A_1, \dots, A_m$, каждое из которых определяется множеством значений свойств объекта. В тех случаях, когда это удобно, о каждом из возможных состояний $A_1, \dots, A_m$ будем говорить так же, как об отдельном объекте $A_1, \dots, A_m$.

Объекты могут вступать между собой в различные отношения. Примерами отношений могут служить отношения между людьми — родителями и детьми, начальником и подчиненными, между деталями, составляющими определенный механизм, между словами и предложениями.

Если заданы множества $D_1, D_2, \dots, D_n$, то R является n -местным отношением на этих n множествах, если R представляет собой множество упорядоченных кортежей $\langle d_1, d_2, \dots, d_n \rangle$, таких, что d_1 принадлежит к D_1 и т.д., d_n принадлежит к D_n . Множества $D_1, D_2, \dots, D_n$ называют областями определения или доменами отношения R . Величина n называется порядком отношения.

Приведем пример отношения, названного «ЧАСТЬ» (имя R — ЧАСТЬ):

ЧАСТЬ	Обозначение части	Название части	Целое	Единица измерения
a		Сторона верхнего основания	Усеченная правильная пирамида	дм
b		Сторона основания	Правильная пирамида	дм
h		Высота	Усеченная пирамида	см
x		Высота	Правильная пирамида	см

Области определения этого отношения D_1 = ОБОЗНАЧЕНИЕ ЧАСТИ; D_2 = НАЗВАНИЕ ЧАСТИ; D_3 =ЦЕЛОЕ (т. е. тот объект, часть которого задается отношением R); D_4 = ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ-

Определение 2.2. Система (S) — это множество объектов $\{A\}$, рассматриваемое исследователем вместе с отношениями $\{R\}$ между этими объектами. Можно считать, что $S=\{\{A\},\{R\}\}$

Объекты, образующие множество $\{A\}$ в S , являются компонентами системы. Если система S_1 является компонентой системы S_2 , то S_1 будем также называть подсистемой системы S_2 .

Определение 2.3. Изменение — это превращение (отображение) одного объекта в (на) другой или переход некоторого объекта из одного состояния в другое.

Изменение, состоящее в том, что объект A_1 превращается (отображается) в (на) предмет A_2 , символически будем предстлять в виде $A_1 \rightarrow A_2$.

Возникновение или исчезновение объекта рассматривается как его изменение.

О воздействии объекта B на объект A будем говорить в тех случаях, когда объект B вызывает или предотвращает некоторое изменение объекта A . Объект B назовем воздействующим или активным объектом (системой), а объект A — объектом воздействия.

Описывая воздействия некоторой активной системы на те или иные объекты, часто полезно выделять компоненты или свойства этой системы, обеспечивающие осуществление воздействий определенных типов. Эти компоненты или свойства назовем **операторами**.

Активную систему, содержащую операторы, назовем **оперирующей системой**.

Оператор всегда применяется к некоторому объекту (объектам), который назовем **операндом**.

Оператор σ применим к операнду A (оператор σ и операнд A релевантны друг для друга), если применение σ к A может привести к изменению объекта A : $A \xrightarrow{\sigma} B$ или $B = \sigma(A)$.

Определение 2.4. Применение оператора σ к релевантному для него операнду A назовем **операцией $\sigma(A)$** . Операция — это то, что оперирующая система делала, могла делать или должна была делать, а изменение, осуществленное под ее воздействием— это то, что она сделала, произвела (или могла сделать, или должна была сделать).

Если не требуется указывать тип операнда, условимся обозначать операцию $\sigma(A)$ одним оператором σ .

Определение 2.5. Если тот факт, что система B несет информацию о системе A , позволяет некоторой оперирующей системе S использовать

B в качестве операнда (операндов) вместо A , то B является моделью A для системы S .

В дальнейшем для моделей систем и объектов будем применять следующие обозначения: $A_{k,i}^*$ — модель системы (объекта) A_k для системы S_i , где «*» — символ модели.

Будем использовать и более сложные обозначения для моделей второго порядка или моделей моделей. Например: $(A_{k,1}^*)^* = A_{k,12}^{**} = A_{k,12}^*$ — модель для системы S_2 модели подсистемы A_k , имеющейся у системы S_1 .

Будем различать следующие типы моделей:

- 1) материальные, т. е. такие, материальная форма которых существенно влияет на их функционирование;
- 2) материализованные, т. е. такие, которые, хотя и существуют в материальной форме, но функционирование которых мало зависит от ее особенностей; они делятся на *иконические* — элементы которых сами являются моделями соответствующих элементов моделируемого объекта; *знаковые*, элементы которых (знаки), вообще говоря, не являются моделями; *смешанные*, содержащие элементы знаковых и иконических моделей;
- 3) идеальные модели — абстрагированные от материальной формы.

Всякой идеальной модели соответствует несущая ее материальная или материализованная модель, например, понятийной модели, существующей в науке, соответствует некоторая система текстов.

Обратимся к знаковым моделям или описаниям операций. Операции могут описываться в различных модальностях. Нас прежде всего будут интересовать модальности «факт» («что делала система»); «возможность» («что она могла делать»); «требование» («что должна была делать система»). Описание операции в модальности «требование» является **императивом, или командой**.

6.2.3. Процедуры и алгоритмы

Для последующего изложения представляет интерес рассмотрение различных систем операций.

Определение 2.6. Процедурой назовем систему операций $\Sigma = \{\{\sigma\}, \{R\}\}$, где $\{\sigma\}$ — некоторое множество операций, $\{R\}$ — множество отношений между операциями $\{\sigma\}$.

В зависимости от вида R будем различать:

- 1) разветвленные процедуры, т. е. такие, в которых R представляет собой ориентированный граф, содержащий не менее чем одну операцию, из которой исходит не менее двух ребер;
- 2) распараллеленные процедуры, т. е. такие, в которых не менее двух операций выполняется одновременно (вообще говоря, распараллеленная процедура должна задаваться двумя отношениями: отношением, определяющим переходы от одной операции к другой, и отношением «ВЫПОЛНЯЮТСЯ ОДНОВРЕМЕННО»;
- 3) линейные процедуры, т. е. процедуры, не содержащие ни разветвлений, ни распараллеливаний;
- 4) циклические процедуры, которые содержат отношение, являющееся ориентированным циклом или контуром.

Определение 2.7. Если операнд и (или) образ некоторой операции является объектом, принадлежащим к внешнему по отношению к оперирующей системе миру, то такая операция называется внешней.

Множество внешних операторов, входящих в $\{\sigma\}$, обозначим $\{v\}$.

Определение 2.8. Если релевантные для некоторой операции операнды или образы являются компонентами только оперирующей системы, то такую операцию назовем внутренней. Множество внутренних операторов обозначим $\{\mu\}$.

Если в состав некоторой процедуры входит хотя бы одна внешняя операция, то такую процедуру будем называть внешней. Внутренней назовем такую процедуру, в состав которой входят только внутренние операции.

Выбор разветвления внутри процедуры может быть принудительным и свободным. Выбор является принудительным, когда избираемая операция осуществляется в соответствии с некоторыми условиями, содержащими ссылки на тот или иной признак (признаки) какого-либо объекта (объектов). Принцип принудительного выбора не выдерживается, если упомянутые признаки определены недостаточно точно. В этом случае приходится говорить не о множествах (в строгом смысле) значений переменных, опознаваемых оперирующей системой при выборе пути, а о так называемых размытых множествах. А. Заде определяет «размытые (нечеткие) множества» как «классы, в которых могут быть степени членства, промежуточные между полным членством и отсутствием членства».

Выбор является свободным, когда оперирующая система может выбрать любой из возможных путей, причем вероятности выбора не устанавливаются. Помимо «размытых (нечетких) алгоритмов», принцип свободного выбора реализуется, в частности, в процедурах, называемых «диспозициями», в так называемых недетерминистических

алгоритмах, описанных Р. Флойдом, в «недетерминированных схемах алгоритмов», описанных Р. И. Подловченко.

Разветвленную процедуру, в которой реализуется принцип принудительного выбора, будем называть детерминированной, а процедуру, в которой осуществлен принцип свободного выбора — недетерминированной.

Определение 2.9. Процедура называется *алгоритмической*, если она не содержит недетерминированных разветвлений и состоит только из эффективных операций, т. е. из операций, обеспечивающих совершенно определенные воздействия на рассматриваемые (интересующие исследователя) объекты. Термин «эффективный» употребляется здесь в смысле, близком к тому, какой обычно придается ему в математике.

Определение 2.10. Процедуру назовем квазиалгоритмической, если она не содержит недетерминированных разветвлений и наряду с эффективными операциями содержит по крайней мере одну квазиэффективную операцию, т. е. операцию, обеспечивающую с достаточно высокой вероятностью, определенные воздействия на рассматриваемые объекты.

Эффективные операции характерны для идеализированных оперирующих систем. Бывают также случаи, когда, описывая функционирование реальных оперирующих систем, например вычислительных машин, можно пренебречь их оглицием от идеализированных оперирующих систем (абстрактных цифровых автоматов), осуществляющих только эффективные операции. Однако при рассмотрении надежности ЭВМ абстракция безошибочности уже недопустима. При переходе от описаний функционирования технических систем к описанию человеческой деятельности абстракция безошибочности еще более сужается и понятие квазиэффективной операции и процедуры оказывается здесь весьма полезным.

Определение 2.11. Алгоритмом (квазиалгоритмом) назовем знаковую модель в модальности «требование» алгоритмической (квазиалгоритмической) процедуры, в которой предусматривается выполнение конечного числа операций, а также хотя бы одна из операций имеет родовой операнд, т. е. операнд, представляющий собой произвольный элемент множества индивидуальных объектов, заданного некоторым набором признаков.

Общая («генетическая») схема базовых проблемологических понятий, введенных нами ранее, представлена на рис. 1.

Операции, входящие в объектную область, также могут находиться между собой в различных отношениях, **образуя процедуры**. Содержательно объектная область представляет собой множество допустимых (с точки зрения физических и логических законов) состояний объектов и отношений между ними.

Примерами объектной области могут служить априорная «модель мира» в работах по автоматизации решения задач, по искусственному интеллекту, «язык», учебный предмет или его раздел и т. д.

Определение 2.13. Задачей Z_k называется (рис. 2) тройка $\{K, K_{\text{акт}}, K_{\text{тр}}^*\}$, где K — объектная область; $K_{\text{тр}}^*$ — модель требуемого состояния объектной области, причем само требуемое состояние $K_{\text{тр}}$ входит в K после решения задачи.

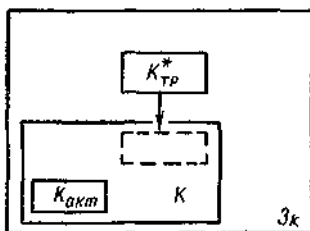


Рис. 2.

Определение 2.14. Формулировкой задачи (ФЗ) назовем ее знаковую модель, т. е. $\text{ФЗ} = (K, K_{\text{акт}}, K_{\text{тр}}^*)$.

Пример. Формулировка задачи: «Найти объем V_A правильной четырехугольной усеченной пирамиды, если даны ее высота h , сторона a верхнего основания и сторона b нижнего основания».

Здесь предполагается, что объектная область или объект этой задачи K^* включает знания решающего по стереометрии. Характерной особенностью актуального состояния этой задачи является наличие в его составе отношения $R_{\text{ин}}$.

$R_{\text{ин}}$	Наименование компонента $K_{\text{акт}}^*$	Обозначение	Полнота информации
	Правильная четырехугольная усеченная пирамида	A	известно
	Высота A	h	»
	Сторона верхнего основания A	a	»
	Сторона нижнего основания A	b	»
	Объем A	V_A	неизвестно

Требование задачи $K_{тр}^{**}$ состоит в нахождении неизвестного решающему функционального отношения $X(V_A, a, b, h)$.

Определение 2.15. Изменение актуального состояния в требуемое назовем процессом решения или просто решением задачи.

Решение задачи может быть выражено любой системой изменений, эквивалентной $K_{акт} \rightarrow K_{тр}$.

Требуемое состояние $K_{тр}$ назовем также результатом решения задачи.

Введенное нами понятие задачи является простейшим из рассматриваемых в данной работе уточнений понятия задачи. Это понятие хорошо отражает факт существования задач, в основном, в виде их формулировок, не связанных, не соотношенных с системами, их решающими. Обычно рассматриваются решения задач, обеспечиваемые теми или иными системами.

Определение 2.16. Оперирующую систему, которая обеспечивает, может обеспечивать или должна обеспечивать решение задачи, назовем решающей системой (РС).

Для осуществления необходимых воздействий, обеспечивающих изменение (отображение) $K_{акт}$ в $K_{тр}$, всякая решающая система прежде всего должна обладать некоторый множеством операторов $\{\sigma\}$ и (или) процедур $\{\Sigma\}$.

В качестве решающих систем могут выступать субъекты, коллективы субъектов, вычислительные машины, человеко-машинные системы и т. д.

В соответствии с определением 2.13 задача может рассматриваться в двух планах: с абстрагированием от решающей системы (чтобы подчеркнуть этот факт, назовем такую задачу *неотнесенной*) и без такого абстрагирования — в этом случае будем говорить об *отнесенной* задаче. Важность изучения отнесенных задач, особенно в методах познания, зачастую под задачей будем понимать не просто внешнюю ситуацию для субъекта, а ситуацию, которая характеризуется «не просто незнанием, а осознанием человеком того, что в известном есть нечто неизвестное, существенно важное для него (человека) и в то же время такое, что его нельзя сразу выяснить». В этой связи Д. Берлайн отмечает, что «часто говорят о задаче как о чем-то, что существует во внешнем мире. Она предъявляется субъекту на листе бумаги или он обнаруживает ее где-то в природе. Однако то, что составляет задачу для одного индивидуума, может не быть задачей для другого».

Определение 2.17. Отнесенной задачей (ОЗ) назовем множество $OZ = \{З, РС\} = \{K, K_{акт}, K_{тр}, РС\}$, где РС — решающая система, компонентами которой являются множества средств решения задачи.

Как отмечает Г. А. Балл, «решающая система РС, к которой отнесена задача, может быть реально существующей или потенциальной, предполагаемой; конкретной (единичной) или любой из некоторого класса систем. Она может быть описана с разной степенью полноты. Так, в качестве решающей системы может быть указан «инженер», «инженер-конструктор»,..., «инженер-конструктор высокой квалификации И. И. Иванов, специально изучивший документацию по данному проекту и т. д.».

В любой задаче, как правило, можно выделить другие задачи — более мелкие, простые, частные,— решение которых зачастую является необходимым предварительным условием решения первоначальной задачи.

Определение 2.18. Подзадачей задачи Z_k (PZ_k) назовем такую задачу, для которой справедливо хотя бы одно из следующих условий:

- а) решение PZ_k , т. е. изменение $PK_{акт} \rightarrow PK_{тр}$, входит в изменение, представляющее собой решение Z_k , т. е. в $K_{акт} \rightarrow K_{тр}$;
- б) процедура решения PZ_k , т. е. $\Sigma_{ПК}$, входит в процедуру решения Z_k ;
- в) модель процедуры решения PZ_k , т. е. $\Sigma_{ПК}^*$, входит в модель процедуры решений Z_k ($\Sigma_{ПК}^* \subset \Sigma_k^*$).

Определение 2.18 справедливо как для неотнесенных, так и для отнесенных задач. Кроме того, приведенное определение подзадачи является более строгим в смысле использования базовых проблемологических понятий, чем аналогичные определения, предложенные Г. А. Баллом.

Пример. Для Z_k с формулировкой «найти объем V_A правильной четырехугольной усеченной пирамиды, если даны ее высота h , сторона a верхнего основания и сторона b нижнего основания», подзадачами могут быть:

- 1) задача по нахождению объема полной («большой») пирамиды.
- 2) задача по нахождению объема второй полной пирамиды, дополняющей усеченную пирамиду до «большой» полной пирамиды;
- 3) задача по нахождению высоты второй полной пирамиды.

Рассмотрим состав решающей системы. В отличие от оперирующей системы РС должна содержать не только операторы $\{\sigma_i\}$ и процедуры $\{\Sigma_i\}$, но и следующие специфические операнды:

- 1) по каждой решаемой ею задаче — $K_{тр,i}^*$ и $\{K_{акт,i}^*\}$;
 - 2) множество U_i^* моделей объектных областей (объектов задач) $U_i^* \cong K_i^*$. В частном случае, у специализированной РС, $U_i^* = K_i^*$;
- множество $\{U_i^*\}$ представляет собой основу знаний решающей системы РС_{*i*};

3) модели $\{\sigma_i^*\}$ и $\{\Sigma_j^*\}$, описанные в модальности требования.

Модели Σ^* у физических лиц, решающих задачу, зачастую будем называть способами решения задач; применительно к ЭВМ модели Σ_j^* — это программы на входных языках программирования, реализующие алгоритмы решения задач.

Для хранения указанных моделей решающая система должна располагать подсистемой памяти. Будем рассматривать подсистему памяти как имеющую двухуровневую структуру и состоящую из подсистемы кратковременной (оперативной) и подсистемы долговременной памяти. Такое представление согласуется как с данными об организации памяти человека, хранящего текущие внутренние операнды и образы (у нас $\{K_{\text{акт},i}^*\}, \{K_{\text{тр},j}^*\}$ в кратковременной памяти, а опыт и модели внешнего мира $\{K_i^*, U_i^* \supset K_i^*, \{\Sigma_j^*\}, \{\sigma_j^*\}\}$ — в долговременной, так и с организацией памяти систем разделения времени и систем искусственного интеллекта.

Интересно отметить соотношение между процедурами $\{\Sigma\}$ и знаниями PC_i по этим процедурам, т. е. моделями $\{\Sigma_j^*\}$. Если представить себе, что операции $\{\sigma\}$, составляющие процедуры $\{\Sigma\}$, способны к преобразованию очень широкого спектра данных (как в смысле их обобщенности, так и физического представления), то «банк» процедур PC_i может быть сокращен, так как каждая процедура будет строиться из операций $\{\sigma\}$ по моделям $\{\Sigma_j^*\}$ по мере надобности. При этом решение любой задачи может быть представлено как более или менее многоуровневый иерархический процесс, причем нижний уровень будут занимать операции σ , работающие с некоторыми «атомарными» данными.

Будем считать, что оперирующая или решающая система обладает некоторой процедурой Σ_k если:

- а) у РС имеется соответствующая система операций, готовая к выполнению данной системой;
- б) в памяти данной системы хранится модель Σ_k^* , состоящая, например, из моделей таких операторов σ , которыми располагает данная система.

Применительно к ЭВМ, выступающей в качестве оперирующей или решающей системы, вариант а) соответствует случаю, когда в машине имеется, например, микропрограмма, реализующая Σ_k . Вариант б) соответствует случаю, когда ЭВМ содержит рабочую программу (абсолютную фазу), являющуюся моделью Σ_k^* , а также располагает всеми операциями, составляющими Σ_k .

Важным является случай, когда моделью Σ_k^* владеет одна решающая система, а выполняет операции, составляющие Σ_k , другая РС.

Представляет интерес рассмотрение в плане развиваемых здесь положений видов владения процедурой или способом решения задачи у субъекта. Можно отметить здесь следующие два основных процесса:

- 1) свертку (сокращение, сжатие) модели процедуры Σ_k после ее успешных выполнений;
- 2) саморефлексию или «осознание» своего владения процедурой.

Применительно к рассматриваемой модели РС свертывание модели процедуры может привести в конечном счете к представлению ее в «знаниях» РС в виде описания некоторой специализированной операции. Примером может служить навык поддержания тела на поверхности воды, который у достаточно опытного пловца является скорее отдельной операцией, чем их осознаваемой системой. Примером внутренней операции того же рода может служить навык быстрого счета в уме.

Промежуточный вариант свертки процедуры состоит в сокращении количества операций, ее составляющих, и, соответственно, в уменьшении подробности ее описания, хранящегося в знаниях РС

При свертывании процедуры возможны различные варианты саморефлексии или «осознания» решающей системой своего владения этой процедурой:

- 1) владение, которое включает в себя ее полное знание, т. е. наличие у РС полного пооперационного описания процедуры;
- 2) владение, которое не включает ее полного знания (имеется в виду наличие только свернутой модели процедуры с сохранением ее расчленения на операции, т. е. промежуточный вариант свертки);
- 3) владение, когда человек даже уже не осознает выполняемых операций, т. е. процедура превратилась в одну специфическую операцию, зафиксированную в «знаниях» РС, например, в виде одной команды или императива.

Как мы уже говорили (см. определения 2.9 и 2.10), частными видами процедур являются алгоритмическая и квазиалгоритмическая процедуры.

Знаковой моделью этих процедур в модальности «требование» являются соответственно алгоритм и квазиалгоритм (определение 2.11).

При решении задач субъектом возможны следующие варианты владения квазиалгоритмом их решения:

- 1) квазиалгоритм дан субъекту в виде внешней опоры, например в виде печатной инструкции, согласно которой субъект должен выполнять соответствующие операции;
- 2) субъект помнит квазиалгоритм (хранит его в своей памяти) и способен выполнить предусмотренные операции, осознавая факт выполнения каждой операции;
- 3) система операций, предусмотренных квазиалгоритмом, сформулирована на уровне навыка, т. е. субъект не осознает факт выполнения каждой операции.

6.2.5. Типы задач

Изложенный выше формализованный понятийный аппарат позволяет уточнить основные типы задач. Фрагменты общей классификации задач разрабатывались А.М. Довгялло совместно с Г. А. Баллом и В. И. Брановицким, а более глубокое исследование ряда типов задач было выполнено Г. А. Баллом.

А.М. Довгялло были проведены исследования, направленные на формализованное описание основных типов задач с использованием категорий, которые были введены ранее. Они показали, что исчерпывающая классификация задач, даже при использовании относительно небольшого числа базовых понятий, представляет собой специальную проблему, выходящую за рамки основ теории познания.

Поэтому мы выделим и опишем только те типы задач (а также подзадач, существенных для решения многих задач), решение которых будет в дальнейшем более подробно изучаться применительно методам решения задач познания.

Определение 2.19. Отнесенную задачу OZ_k назовем относительно разрешимой, если решающая система РС обладает средствами (по крайней мере процедурой $\Sigma_{k,i}$ или операторами $\{\sigma_i\}$ вместе с необходимыми знаниями, а также ресурсами — временем, памятью и т. п.), которые обеспечивают или могут обеспечить решение Z_k .

Задача, относительно разрешимая решающей системой РС, может быть относительно неразрешимой для другой РС_j, если последняя не располагает средствами и (или) ресурсами для ее решения.

Например, задача по какому-нибудь учебному предмету, как правило, относительно разрешима для преподавателя, преподающего этот предмет, и может быть относительно неразрешимой для обучающегося, который не усвоил необходимый для решения данной задачи раздел учебного материала.

Среди относительно неразрешимых задач выделяют принципиально неразрешимые и принципиально разрешимые.

Определение 2.20. Назовем задачу (отнесенную или неотнесенную) принципиально неразрешимой, если в соответствии, с закономерностями той области действительности, к которой относится задача, невозможно требуемое состояние предмета задачи, либо невозможно изменение актуального состояния предмета задачи в принципиально возможное $K_{тр}$. Принципиально неразрешима, например, задача построения вечного двигателя или задача оживления умершего человека после наступления необратимых изменений в его организме. Все задачи, не являющиеся принципиально неразрешимыми, являются принципиально разрешимыми.

Рассмотрим подразделение задач, неотнесенных и отнесенных, в зависимости от вида объекта задачи K и ее требования $K_{тр}$.

Определение 2.21. Назовем Z_k материально-направленной задачей, если ее объект K включает объект $K_{внешн}$ ($K_{внешн} \subseteq K$), который является какой-то частью материального мира и не выступает в качестве модели, а требование $K_{тр}^*$ является моделью требуемого состояния объекта $K_{внешн}$, т. е. $K_{тр}^* = K_{внешн}^*$.

Таким образом, множество, определяющее материально-направленную задачу, имеет вид $\{K, K_{внешн} \subseteq K, K_{акт}, K_{внешн}^*\}$.

Определение 2.22. Назовем Z_k идеально-направленной задачей, если ее объект не включает $K_{внешн}$, т. е. является некоторой моделью, а требование есть модель требуемого состояния этой модели.

Множество, определяющее идеально-направленную задачу, имеет вид $\{K^*, K_{акт}^*, K_{тр}^*\}$.

Обратим внимание на существование идеально-направленных отнесенных задач, являющихся подзадачами материально-направленных задач. Таковы, например, задачи по нахождению модели процедуры Σ_k^* изменения материальных объектов, входящих в объект Z_k . С другой стороны, материально-направленные отнесенные задачи также могут являться подзадачами идеально-направленной задачи. Примером может служить разработка оборудования для решения задач теоретической физики.

Отнесенные идеально-направленные задачи будем разделять на теоретические и практические.

Определение 2.23. Назовем OZ_k теоретической задачей в том случае, если изменения K^* и $K_{акт}^*$ возможны только в результате воздействия той РС, к которой отнесена Z_k .

В практической идеально-направленной OZ_k модели K^* и $K_{акт}^*$ могут изменяться не только в результате воздействий РС, к которой отнесена

Z_k , но и самопроизвольно, спонтанно либо под воздействием внешней среды.

Всякая материально-направленная задача является практической (внешняя среда может воздействовать на $K_{\text{внешн}} \subseteq K$ хотя бы в силу обязательности выполнения для $K_{\text{внешн}}$ всеобщих физических законов).

Выделим различные типы отнесенных задач в зависимости от особенностей решающей системы.

Определение 2.24. Будем называть отнесенную задачу OZ_k внутренней, если ее требование входит в состав РС, к которой отнесена Z_k .

Например, множество, которое определяет материально-направленную OZ_k , внутреннюю для РС_{*j*}, может иметь вид

$$\{\{K, K_{\text{внешн}} \subseteq K\}, K_{\text{акт}}, K_{\text{внешн}, j}^* \subset \text{РС}_j, \text{РС}_j\}.$$

Определение 2.25. Назовем отнесенную задачу внешней, если ее требование не входит в состав РС, к которой отнесена данная задача.

Определение 2.26. Относительно разрешимую задачу OZ_k назовем рутинной (квазирутинной), если решающая система, к которой отнесена Z_k , располагает алгоритмом или квазиалгоритмом решения Z_k . При этом включается и операция или алгоритм (квазиалгоритм) установления принадлежности Z_k к классу задач, решаемых с помощью имеющегося у РС алгоритма (квазиалгоритма).

Определение 2.27. Отнесенную задачу OZ_k назовем нерутинной (проблемной), если решающая система, к которой отнесена Z_k , не располагает ни алгоритмом, ни квазиалгоритмом решения Z_k .

Рассмотрим, какие можно выделить типы идеально-направленных задач в зависимости от особенностей актуального состояния объекта задачи. Выделим случай, когда $K_{\text{акт}}$ представляет собой не отдельный объект или множество объектов (моделей), а систему моделей, т. е. $K_{\text{акт}}^* = \{\{k_{\text{акт}}^*\}, \{R_k\}\}$, где $\{k_{\text{акт}}^*\}$ — множество моделей компонент $K_{\text{акт}}^*$, а $\{R_k\}$ — множество отношений, заданных над компонентами $\{k_{\text{акт}}^*\}$.

Определение 2.28. Назовем задачей усовершенствования знаний (ЗУ) такую идеально-направленную задачу, у которой $K_{\text{акт}}^* = \{\{k_{\text{акт}}^*\}, R_{\text{ин}}\}$, где $R_{\text{ин}}$ — отношение над $\{k_{\text{акт}}^*\}$, содержащее область определения, указывающую на известные и неизвестные компоненты $\{k_{\text{акт}}^*\}$.

Требование ЗУ состоит в переводе всех или некоторых из неизвестных компонент $K_{\text{акт}}^*$ в известные, т. е. в переводе всех или

некоторых из неизвестных моделей в такое состояние, когда полнота содержащейся в них информации оказывается достаточной.

Те неизвестные компоненты $K_{\text{акт}}$, к которым относится требование ЗУ, называют искомыми.

Примером ЗУ является задача, приведенная в примере п. 6.2.4. Отношение $R_{\text{ин}}$ («известно-неизвестно») определяет актуальное состояние этой задачи.

Рассмотрим теперь отнесенные задачи усовершенствования знаний.

Определение 2.29. Если объект отнесенной задачи усовершенствования знаний входит в состав решающей системы, к которой отнесена эта же задача, то такую **задачу назовем познавательной**.

Объектом познавательной задачи может быть любое подмножество модельных объектов, входящих в состав РС, в том числе множество моделей объектных областей U^* , множество моделей операций $\{\sigma^*\}$ и процедур $\{\Sigma^*\}$ и др.

Актуальное состояние объекта познавательной задачи, как и всякой задачи усовершенствования знаний, представляет собой систему указанных моделей, в которой отношение $R_{\text{ин}}$ указывает на известные и неизвестные модели. Такое $K_{\text{акт}}^*$ может быть результатом саморефлексии, направленной на уяснение решающей системой собственных знаний в связи с постановкой познавательной задачи.

Требование познавательной задачи отмечает, какие компоненты знаний должны быть переведены из неизвестных для данной РС в известные.

Если идеально-направленная нерутинная задача усовершенствования знаний отнесена к некоторому обществу, то такая ЗУ является задачей научного исследования (ЗНИ).

Результатом решения ЗНИ являются как собственно знания общества, так и технологии — модели системы процедур, обеспечивающих целенаправленное изменение материальных и идеальных объектов.

Появление технологии в результате решения соответствующей ЗУ (или ЗНИ) еще не значит, что она может быть немедленно реализована: **необходима решающая система (или множество РС), обладающая набором операторов, составляющих технологию.**

Формирование недостающих операторов может идти как по пути создания соответствующих РС, так и по пути усовершенствования операционных возможностей существующих РС. В последнем случае мы имеем дело со специальным видом познавательных задач, объектом которых являются операции и (или) процедуры.

Частным видом задач усовершенствования знаний являются ЗУ, у которых $\{k^*_{\text{акт}}\} = \{A^*_{\text{нач}}, \Sigma^*_A, A^*_{\text{кон}}\}$, где $A^*_{\text{нач}}$ — модель начального состояния некоторого объекта; $A^*_{\text{кон}}$ — модель конечного состояния этого объекта; Σ^*_A — модель процедуры, обеспечивающей изменение $A^*_{\text{нач}} \rightarrow A^*_{\text{кон}}$. В зависимости от вида отношения $R_{\text{ин}}$ («известно-неизвестно»), входящего в $K^*_{\text{акт}}$, среди таких задач будем различать:

а) Задачи исполнения

$R_{\text{ин}}$	$\{k^*_{\text{акт}}\}$	полнота информации
	$A^*_{\text{нач}}$	известно
	Σ^*_A	известно
	$A^*_{\text{кон}}$	неизвестно

б) Задачи познания

$R_{\text{ин}}$	$\{k^*_{\text{акт}}\}$	полнота информации
	$A^*_{\text{нач}}$	неизвестно
	Σ^*_A	известно
	$A^*_{\text{кон}}$	известно

в) задача ввода данных или использования процедуры

$R_{\text{ин}}$	$\{k^*_{\text{акт}}\}$	полнота информации
	$A^*_{\text{нач}}$	неизвестно
	Σ^*_A	известно
	$A^*_{\text{кон}}$	неизвестно

г) задача преобразования или доказательства

$R_{\text{ин}}$	$\{k^*_{\text{акт}}\}$	полнота информации
	$A^*_{\text{нач}}$	известно
	Σ^*_A	неизвестно
	$A^*_{\text{кон}}$	известно

д) задачи конструирования

$R_{\text{ин}}$	$\{k^*_{\text{акт}}\}$	полнота информации
	$A^*_{\text{нач}}$	неизвестно
	Σ^*_A	неизвестно
	$A^*_{\text{кон}}$	известно

е) задачи прогнозирования

$R_{\text{ин}}$	$\{k^*_{\text{акт}}\}$	полнота информации
	$A^*_{\text{нач}}$	известно
	Σ^*_A	неизвестно
	$A^*_{\text{кон}}$	неизвестно

Названия выделенным типам задач даны в предположении, что требование каждой ЗУ относится ко всем неизвестным отношения $R_{\text{ин}}$.

Среди задач усовершенствования знаний будем выделять задачи с доступом и без доступа к внешней информации. Задачей без доступа к внешней информации назовем отнесенную задачу, если в процессе ее решения РС может использовать только модели, содержащиеся в самой этой системе и в решаемой задаче. Если это ограничение не выдерживается, то такую задачу будем называть задачей с доступом к внешней информации.

Дадим определения подзадачам, которые в принципе входят в процесс решения практически любой задачи. Речь идет о подзадачах контроля, разрешимости и нахождения модели процедуры решения; каждая из них может рассматриваться и как самостоятельная задача.

Определение 2.30. Подзадачей разрешимости для задачи Z_k назовем такую задачу ($3\Sigma_k$), требование которой состоит в выяснении того, к какому типу разрешимых или неразрешимых задач (см. определения 2.19 и 2.20) относится Z_k .

Определение 2.31. Подзадачей нахождения способа решения задачи Z_k назовем такую задачу ($3\Sigma_k$), требование которой состоит в нахождении модели Σ_k^* процедуры решения Z_k .

Важно отметить, что Σ_k не всегда выполняется той РС, которая решила $3\Sigma_k$. Классический пример $3\Sigma_k$ и Z_k такого рода — написание пользователем программы решения Z_k и выполнение этой программы на ЭВМ в режиме пакета.

Определение 2.32. Задачей контроля (ЗК) назовем множество $\{P_{зк}, P_{зк, акт} = \{A, ЭТ, M\}, T_{зк}\}$, где $P_{зк}$ — предмет задачи контроля; A — контролируемая система (объект); $ЭТ$ — эталонная система; M — некоторое отношение между A и $ЭТ$; в частности, M может быть отношением равенства, эквивалентности или толерантности между A и $ЭТ$; $T_{зк}$ — требование задачи контроля, выражаемое в общем виде вопросом «удовлетворяют ли A и $ЭТ$ некоторому отношению M ?» или императивом «доказать, что A и $ЭТ$ удовлетворяют некоторому отношению M ».

Если ЗК является подзадачей контроля правильности решения некоторой задачи Z_k , то в этом случае $P_{зк} = K$ — предмету Z_k ; $A = A_{тр}$, а $ЭТ$ может быть первоначальной, т. е. зафиксированной в формулировке Z_k , моделью $K^*_{тр,0}$. В этом случае процедура решения $ЗК_k$ включает формулирование решающей системой, к которой отнесена $ЗК_k$, модели $K^*_{тр,кон}$ из полученного $K_{тр}$ (по возможности, без опоры на $K^*_{тр,0}$) и установление вида отношения между $A = K^*_{тр,кон}$ и $ЭТ = K^*_{тр,0}$. Как и все прочие задачи, ЗК может быть идеально- и материально-направленной, внешней и внутренней, рутинной (квази-рутинной) и нерутинной.

Определение 2.33. Если некоторая решающая система располагает информацией о том, решена или не решена задача Z_k , либо для этой РС подзадача контроля является рутинной (квазирутинной), то назовем задачу Z_k определенной (квазиопределенной); в противном случае назовем Z_k неопределенной задачей. РС, решающая нерутинную ЗК, должна сформулировать и осуществить процедуру доказательства того, что A и $\mathcal{E}$ удовлетворяют модельному отношению M .

Типы рассмотренных нами задач представлены на рис. 3.

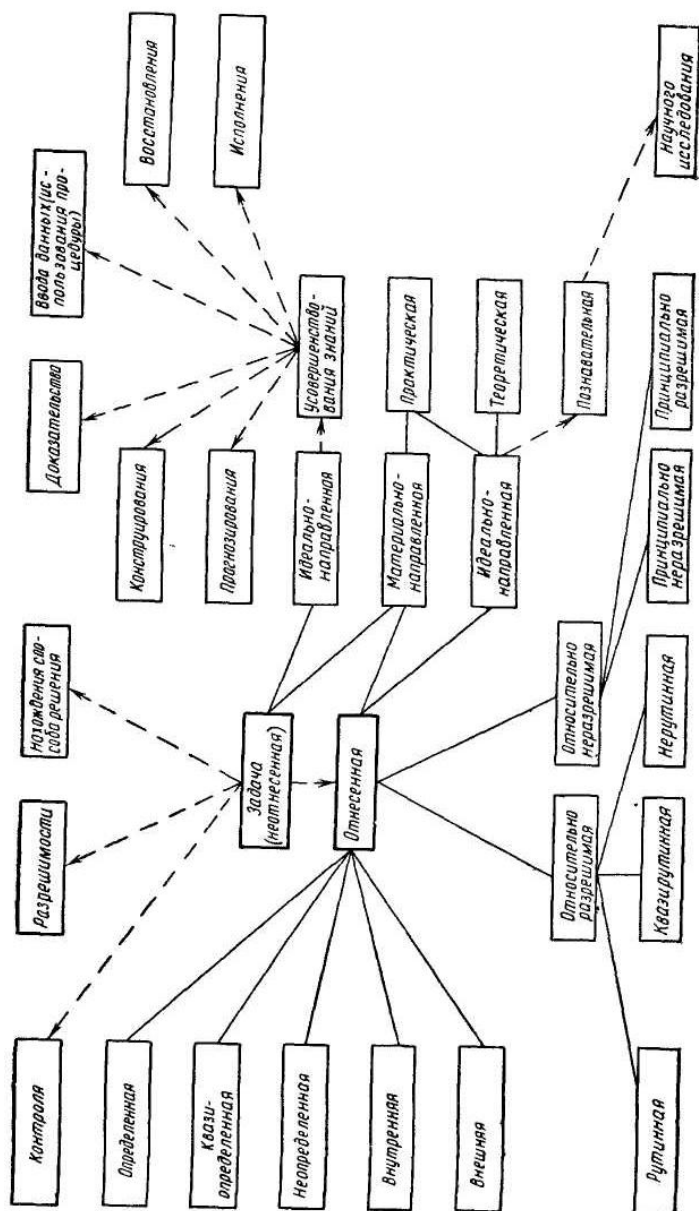


Рис. 3.

6.2.6. Язык описания формулировок задач, знаний решающих систем и базовых сообщений в процедурах их взаимодействия

Поскольку в соответствии с определением 2.14 **формулировка задачи — это ее знаковая модель**, то и U^* — подсистему знаний **решающей системы**, включающую модель объектной области задачи — будем также рассматривать как некоторую **знаковую модель**. Для того чтобы РС, к которой отнесена Z_k , могла эффективно оперировать с ΦZ_k и $K^* \subset U^*$, необходимо, чтобы эти модели были представлены на некотором внутреннем «срезе» РС на одном и том же языке.

Уточним теперь с помощью введенной терминологии определение взаимодействия субъекта (пользователя) и ЭВМ. Взаимодействие между пользователем и ЭВМ представляет собой процесс обмена сообщениями, который обуславливается необходимостью осуществления процедуры решения Z_k этими двумя решающими системами. Для понимания смысла некоторого принятого сообщения каждая из РС в принципе должна строить его внутреннее представление на том же языке, на котором представлены в этой системе модели ΦZ_k и U^* .

Итак, для **эффективного внутреннего представления моделей ΦZ_k , U^* и смысла принятых сообщений как в искусственных, так и в естественных РС необходим некоторый единый язык их формализации (ЯФ). Анализ работ по (внутреннему) представлению знаний под углом развиваемого здесь задачного подхода и с учетом последующей реализации указанных моделей на современных ЭВМ приводит к выводу, что в **основу ЯФ может быть положен язык прикладного исчисления предикатов**. При построении ЯФ будем также руководствоваться следующими соображениями:**

- а) алфавит ЯФ должен содержать имена (обозначения) объектов и отношений, задающих знания РС U^* .
- б) требование задачи $(K^*_{\text{тр}})^*$, представленное на ЯФ, должно синтаксически отличаться от других компонентов формулировки Z_k ;
- в) ЯФ должен служить лишь целям представления и понимания смысла сообщений в рамках задачного подхода и не предназначаться для прямого перевода на него фраз естественного языка. Однако, как и в случае информационно-логического языка (ИЛЯ), наиболее близкого к ЯФ по своей методической роли и выразительности, предложения на ЯФ должны соотноситься по своей структуре с предложениями естественного (русского) языка.

Наиболее критическим моментом при построении ЯФ является степень его приближения к естественному языку. Здесь надо учитывать следующие обстоятельства. Требования к языку обмена сообщениями зачастую противоречивы. Например, при взаимодействии с ЭВМ пользователи высокой квалификации на первое место ставят лаконичность и мощность входного языка машины в ущерб близости к естественному разговорному языку. Для неподготовленных пользователей первостепенным является обмен сообщениями на языке, близком к естественному. Однако в естественном языке по внешнему виду предложений зачастую бывает трудно однозначно распознать утверждения, вопросы и императивы; определить, какой объект «поставлен под вопрос» или «под императив»; вывести утверждение, являющееся ответом на вопрос или результатом выполнения императива. Для эффективного решения этих задач необходимо ввести соответствующий формализованный язык.

Представление знаний машины в виде отношений является, по-видимому, хорошим компромиссом между естественностью и строгостью входного языка. Действительно, при взаимодействии с ЭВМ пользователь зачастую представляет себе знания машины как систему изменяющихся во времени нормализованных отношений различной степени. Изменения подразумевают вставки, замены и коррекции строк отношения; за такими изменениями легко следить как в «уме», так и на бумаге, представляя соответствующие отношения в виде всевозможных таблиц с разным заполнением.

В языке формализации, как и в естественном, будем выделять:

- 1) повествовательные предложения или утверждения, высказывания, информативы (И);
- 2) вопросительные предложения или вопросы (В);
- 3) повелительные предложения или императивы (И).

Известны **три основные группы языков формализации** этих предложений: **исчисление предикатов первого порядка и теории отношений для представления информатив, эротетическая логика для описания вопросов и деонтическая логика для описания императивов.**

А. М. Довгялло предложен язык для формализации всех трех видов предложений. Впервые попытка построить такой язык была предпринята А. М. Довгялло совместно с Б. А. Платоновым в 1973 г., когда были сформулированы (раздельно!) три основных подмножества ЯФ — *язык повествовательных предложений, язык вопросов и язык повелительных предложений.*

Алфавит языка формализации можно представить в следующем виде.

1. $A, B, A_1 \dots$ — названия или имена индивидуальных (константных) объектов или их состояний $A, B, A_1 \dots$. В качестве названий объектов будем также использовать слова и словосочетания русского языка, представленные строчными буквами (это облегчает перевод элементарных сообщений с естественного языка на ЯФ и наоборот).
2. $x_1, x_2, \dots$ — объектные переменные. Значениями этих переменных являются имена индивидуальных объектов из некоторого множества объектов. Если $A_1, A_2, \dots$ — объекты некоторой объектной области, то значение x — любой элемент множества A .
3. $R_1, R_2, \dots$ — названия конкретных отношений или свойств. В качестве названия отношений или свойств будем также использовать слова и словосочетания русского языка, представленные прописными буквами.
4. $X_1, X_2, \dots$ — названия переменных отношений. Значением каждой из этих переменных может быть конкретное свойство или отношение из некоторого множества отношений или свойств.
5. $z_1, z_2, z_3, \dots$ — названия переменных для высказываний, имеющих одно из двух значений: «истина» и «ложь».
6. $\neg, \&, \vee, \supset$ — логические операторы, имеющие соответственно значения «НЕ», «И», «ИЛИ», «ЕСЛИ ..., ТО».
7. $\forall$ — квантор общности, читаемый как слова «все», «всякий».
8. $\exists$ — квантор существования. Имеет то же значение, что и слово «существует» или слово «некоторый».
9. Символ «?» — оператор вопроса. Он «ставит под вопрос» перечисленные в п. 1—8 переменные или постоянные объекты. Обычно знак вопроса ставится в конце предложения, поэтому только лишь по смыслу предложения можно догадаться, к какому члену предложения он относится. При формализованном задании вопросов на описываемом здесь языке объект под вопросом указывается непосредственно за символом «?».
10. Символ «!» — оператор императива. Он «ставит под императив» некоторое отношение (или предикат) действия. Содержательно оператор императива интерпретируется как словосочетание: «Прodelать действие...», где следующий после «!» символ — имя операции или процедуры, которую надлежит выполнить.

Формулы в ЯФ определяются следующими правилами.

1. Символы $z_1, z_2, z_3, \dots$ являются формулами. Этими символами мы обозначаем повествовательные предложения, имеющие одно из двух значений: «истина» или «ложь».
2. Если f обозначает n -местное отношение (n -местный предикат), постоянное (R) или переменное (X), а $(k_1, k_2, \dots, k_n)$ есть

подпредикатное выражение, являющееся кортежем объектных постоянных $A, B, C, \dots$ или переменных $x_1, x_2, \dots$, то $f(k_1, \dots, k_n)$ — формула.

3. Если $f(x)$ — формула, содержащая объектную переменную x , то $\forall x f(x)$ и $\exists x f(x)$ — формулы.

4. Если f_1 и f_2 — формулы, то
 $\neg f_1, f_1 \& f_2, f_1 \vee f_2, f_1 \supset f_2$

формулы.

5. Если $f(y)$ — формула, не содержащая символа «?», и y — имя объекта, имя отношения, переменная или квантор, то $(?y)f(y)$ — формула, называемая вопросом. Наличие в формуле $(?y)f(y)$ символа «?» рядом с символом y означает, что компонента y формулы $f(y)$ «поставлена под вопрос».

Пример.

1. «Какой город является столицей Украины?» $(?x) R(x, A)$, где R — отношение «быть столицей»: R ГОРОД | СТРАНА, x — переменный объекта из области значений ГОРОД; A — Украина.

2. «Все ли предметы из области значений D_1 обладают свойством R_1 ?» $(? \forall) \forall x_1 R_1(x_1)$

6. Если $f(y)$ — формула, не содержащая символа «!», и y — имя объекта или отношения, переменного или постоянного, то $(!y)f(y)$ — формула, называемая императивом. Наличие в императиве символа y рядом с символом «!» означает, что компонента y формулы $f(y)$ поставлена под императив.

Пример. Императив I_1 : «Сложить A и B ».

I_1 на ЯФ₁: $(!x_1)$ СЛОЖИТЬ (x_1, A, B) , где x_1 — значение переменной из области определения СУММА отношения

СЛОЖИТЬ	СУММА	первое слагаемое	второе слагаемое

Этот пример иллюстрирует императив получения объекта.

Императив получения отношения X_1 может быть представлен формулой $(!X_1)f(X_1)$.

Пример. Императив I_2 : «Получить формулу X_1 объема V_A правильной четырехугольной усеченной пирамиды A , если даны ее

высота h , сторона a верхнего основания и сторона b нижнего основания».

I_2 на $ЯФ_1$: $(!X_1)X_1(V_A, A, h, a, b)$.

Рассмотрим основные типы вопросов.

Формулы $(?y)f(y)$ и $(?y)\neg f(y)$ — простые вопросы, если $f(y)$ не содержат операторов $\&$, $\vee$, $\supset$, $?$.

Если y в формуле $(?y)f(y)$ — постоянный объект или отношение, то $(?y)f(y)$ — прямой вопрос.

Если y в формуле $(?y)f(y)$ — переменная, то $(?y)f(y)$ — косвенный или непрямой вопрос.

Вопросы типа «сколько...», «почему...», «когда...», «как...» могут быть перефразированы в вопросы «какое количество...», «какая причина...», «в какой момент времени...», «каким образом...», и далее они легко представляются на $ЯФ_1$ как косвенные вопросы.

Если после приема вопроса B_i реципиент становится информатором и выдает сообщение типа Π_i (информатива, высказывание), то сообщение Π_i является ответом на вопрос B_i .

Правильным ответом на прямой вопрос $(?y)f(y)$ будем считать высказывание $f(y)$ (ответ типа «да») или высказывание $\neg f(y)$ (ответ типа «нет»).

Получение правильного ответа на вопрос — операция не чисто формальная, поскольку, давая ответ, решающая система должна сформировать высказывание $f(y)$ таким, чтобы его логическое значение стало истинным, в частности, находящимся в некотором отношении со знаниями «отвечающей» решающей системы (например, $f(y)$ входит в знания этой РС).

Если высказывания $f(y)$ или $\neg f(y)$ не входят в знания отвечающего (либо не могут быть им получены) и отвечающий осознает этот факт, то он обычно сообщает об этом в ответе типа «не знаю».

Все другие ответы на прямые вопросы, не являющиеся правильными или ответами типа «не знаю», назовем неправильными.

Правильным ответом на косвенный вопрос $(?y)f(y)$ будем считать либо высказывание $f(A)$ или $f(R)$, образовавшееся из $(?y)f(y)$ после отбрасывания компоненты под вопросом и замены в оставшемся выражении переменных y на постоянные A и R из области значений y , либо высказывание $\neg \exists y f(y)$ — «не существует y такое, что...».

Как и в случае прямого вопроса, получение правильного ответа решающей системы на косвенный вопрос не является чисто формальным преобразованием, а основывается на знаниях РС области определения переменной y . Помимо указанных ответов на косвенный вопрос может быть неопределенный ответ типа «не знаю». Все другие

ответы на косвенный вопрос, не являющиеся правильными или неопределенными, будем называть неправильными.

Введенный ЯФ позволяет уточнить и интуитивные представления о правильности вопросов.

Изложим правила, по которым можно определить, является ли данный вопрос правильным и, соответственно, может ли в принципе быть получен на него правильный ответ.

Правило 1. Простой вопрос $(?y) f(y)$ является правильным тогда и только тогда, когда в выражении $f(y)$ объекты, обозначаемые символом y , существуют, если y — постоянная, либо область значений y не пуста, если y — символ переменной.

Правило 2. Простой вопрос $(?y)f(y)$ является правильным тогда и только тогда, когда в выражении $f(y)$ не встречаются одновременно свободные предикатные переменные и свободные предметные переменные.

Правило 3. Простой вопрос $(?y) f(y)$ является правильным тогда и только тогда, когда разница между количеством свободных переменных, содержащихся в $f(y)$, и количеством переменных в компоненте под вопросом равна нулю.

Сложные вопросы образуются из простых вопросов или из вопросов и формул типа 1, 2 и 3 с помощью символов $\&$, $\bigvee$ и $\supset$. Правила определения правильности сложных вопросов на ЯФ₁ такие же, как и для сложных вопросов в языке L_q или в эротетическом языке.

Рассмотрим основные типы императивов.

Формулы $(!y) f(y)$ и $(!y) \neg f(y)$ — простые императивы, если $f()$ не содержит операторов $!$, $\&$, $\bigvee$, $\supset$.

Если простая формула $(!y) f(y)$ не содержит переменных компонент, то эту формулу назовем императивом подтверждения.

Если простая формула $(!y)f(y)$ содержит переменные объекты или отношения, то такую формулу назовем императивом получения (нахождения).

Если после приема императива I_i реципиент становится информатором и выдает сообщение типа P_j (информатива, высказывания), то сообщение P_j назовем отчетом о выполнении императива.

Для идеально-направленных задач, у которых объект задачи является знаковой моделью, отчет о выполнении обычно включает и результат решения.

Правила 1—3 определения формальной правильности простых вопросов полностью применимы и для простых императивов.

Рассмотрим более подробно особенности императивов, основываясь на модели решающей системы.

Если реципиентом императива является решающая система, то компонентом под императивом есть элемент множества операторов $\{\sigma\}$ (процедур $\{\Sigma\}$) реципиента либо объекты, получаемые в результате выполнения σ или Σ .

Пусть $(! \Sigma) \Sigma (A_1, \dots, A_n)$ — простой императив подтверждения. Тогда правильным отчетом о выполнении императива подтверждения является высказывание $\Sigma (A_1, \dots, A_n)$ или $\neg \Sigma (A_1, \dots, A_n)$, получившееся из формулы $(! \Sigma) \Sigma (A_1, \dots, A_n)$ после отбрасывания компоненты под императивом.

Пример. Императив «Включить устройство A_1 » на ЯФ₁ представляется формулой: (ВКЛЮЧЕНО) ВКЛЮЧЕНО (A_1). Отчет о выполнении включения выражается высказыванием ВКЛЮЧЕНО (A_1) — «устройство включено» — или $\neg$ ВКЛЮЧЕНО (A_1).

Истинность высказываний $\Sigma (A_1, \dots, A_n)$ и $\neg \Sigma (A_1, \dots, A_n)$ устанавливается по тому объекту или состоянию объекта, которые явились результатом выполнения операции или процедуры Σ .

Легко увидеть аналогию между правильными отчетами о выполнении императива подтверждения $(\Sigma (A_1, \dots, A_n))$ — «СДЕЛАНО», $\neg \Sigma (A_1, \dots, A_n)$ — «НЕ СДЕЛАНО») и правильными ответами на прямой вопрос («ДА», «НЕТ»). Однако в отличие от прямых вопросов императивы подтверждения не ограничиваются отчетом («СДЕЛАНО», «НЕ СДЕЛАНО») о состоянии знаний РС, но и подразумевают осуществление соответствующих операций или процедур. В этом смысле показательным является сопоставление прямого вопроса с императивом подтверждения, требующим доказать, что некоторые объекты находятся в определенном отношении.

Пример.

И₁: «Доказать, что A и B находятся в отношении» И₁ на

В₁: «Находятся ли A и B в отношении R ?»

ЯФ: $(!R)R(A, B)$

$$\begin{array}{ll}
 \text{П}_1 \left\{ \begin{array}{l} \text{а) СДЕЛАНО, } R(A, B) \\ \text{б) } A \xrightarrow{\Sigma} B, \text{ причем } \Sigma(A, B) \\ \text{эквивалентно } R(A, B) \end{array} \right. & \begin{array}{l} \text{В}_1 \text{ на ЯФ: } (?R)R(A, B) \\ \text{П}_1: DA, R(A, B) \end{array}
 \end{array}$$

В этом примере основным результатом выполнения императива И₁ является получение процедуры Σ — доказательства того, что A и B находятся в отношении R . При этом операторы, задающие процедуру Σ , должны входить в состав системы реципиента императива И₁. Только в этом случае императив И₁ может рассматриваться как правильно выполненный.

Таким образом, при прочих равных условиях обработка императива подтверждения для реципиента — более сложная задача, чем ответ на эквивалентный этому императиву прямой вопрос. Этот вывод подкрепляют также результаты анализа протоколов решения задач.

Пусть $(!x_1)\sigma(x_1, A_2, \dots, A_n)$ — простой императив получения. Тогда правильным отчетом о выполнении этого императива являются:

- 1) высказывание $\sigma(A_1, A_2, \dots, A_n)$, образованное из формулы $(!x_1)\sigma(x_1, A_2, \dots, A_n)$ путем отбрасывания компоненты под императивом и замены в оставшемся выражении переменной x_1 на постоянную A_1 , являющуюся результатом выполнения операции σ ;
- 2) высказывание $\neg \exists x_1 \sigma(x_1, A_2, \dots, A_n)$ — «не существует такое x_1 , которое нужно было получить в результате операции σ ».

Истинность высказываний $\sigma(A_1, A_2, \dots, A_n)$ и $\neg \exists x_1 \sigma(x_1, \dots, A_n)$ устанавливается по наличию или отсутствию «нового» объекта A_1 .

Несмотря на внешнюю аналогию между правильными отчетами о выполнении императива получения и правильными ответами на косвенный вопрос, в отличие от косвенных вопросов, подразумевающих, вообще говоря, выбор среди множества имеющихся объектов, императивы получения направлены на расширение этого множества за счет конструирования, формирования нового объекта. При прочих равных условиях вторая операция труднее первой, поэтому в протоколах решения задач часто можно усмотреть замену императива получения на эквивалентный косвенный вопрос. Так, например, шаг протокола решения задачи на получение формулы объема усеченной пирамиды, по существу подразумевает замену императива «Получить формулу объема V_A усеченной пирамиды A , для которой известны высоты n , сторона верхнего основания a и сторона нижнего основания b » — $(!X_1)X_1(V_A, A, a, b, h)$ — на косвенный вопрос «Какая формула из области значений ФОРМУЛЫ ОБЪЕМА является формулой объема пирамиды A ?» — $(?X_1)X_1(V_A, A, a, b, h)$. Таким образом, потенциальная выполнимость императива получения устанавливается по наличию у РС-реципиента операторов (или процедур), необходимых для формирования объекта, имя которого находится под императивом.

6.2.7. Основные операторы решающей системы

Следующие шаги в детализации компонентов и подсистем решающей системы будут направлены на: 1) определение тезауруса РС; 2) описание основных операторов автономной решающей системы.

Как всякая целенаправленная (при решении Z_k целью решающей системы является требование задачи ($K^*_{тр}$)) система для решения Z_k PC_j должна:

- 1) формировать адекватный текущий образ внешней среды, т. е. $K^*_{акт,j}$;
- 2) обладать априорной информацией (знаниями) о внешней среде, в частности, располагать моделью объектной области K^*_{j} ;
- 3) обладать информацией о самой себе, о своих свойствах и возможностях, т. е. располагать моделью $(PC_j)^*$.

Определение 2.34. Знаниями PC_j назовем подсистему $U_j^* = \{\{u^*\}, \{R_u\}\}$, где $\{u^*\}$ — множество знаковых моделей (понятий, определений и т. п.), а $\{R_u\}$ — множество отношений над $\{u^*\}$.

Для решения Z_k знания PC_j должны включать некоторую модель K^*_{j} объекта задачи (объектной области) K или K^* , т. е. $K^*_{j} \subset U_j^*$.

Определение 2.35. Тезаурусом решающей системы назовем такую ее подсистему PC^*_{jj} , компоненты которой являются моделями знаний и умений PC_j .

Компонентами тезауруса являются модели операций μ^* и ν^* , хранящиеся в долговременной памяти PC , отношения типа $R_{ин}$ (известно—неизвестно) и др.

Классификация операторов и процедур PC . Необходимость осуществлять целенаправленное изменение $K_{акт}$ в $K_{тр}$ на основе изменения сложных внутренних операндов типа K^*_{j} , $\{\sigma^*_j\}$, $\{K^*_{акт,j}\}$, введенных в п. 6.2.4, требует дальнейшей дифференциации $\{\sigma\}$ и $\{\Sigma\}$. В связи с этим будем выделять: операции ω и процедуры Ω , обеспечивающие непосредственное изменение $K_{акт}$ в $K_{тр}$ или $K^*_{акт}$ в $K^*_{тр}$ при решении идеально-направленных задач; операции ν и процедуры Θ , обеспечивающие формирование процедур Ω_k решения Z_k либо применение определенных операторов первой группы ω , «в нужном месте» процесса решения Z_k .

Примерами операторов первого рода являются:

- 1) операторы процедурных языков программирования (языков высокого уровня);
- 2) арифметические и алгебраические операторы, которыми владеет человек;
- 3) внешние операторы манипулирования материальными объектами (операторы ДВИГАТЬСЯ, СХВАТИТЬ, ОТПУСТИТЬ, ПОСТАВИТЬ, ПОДНЯТЬ и т. п., выполняемые людьми и роботами);
- 4) внутренние операторы реляционной алгебры, операндами которых являются отношения; к таким операторам относятся ОБЪЕДИНЕНИЕ,

РАЗДЕЛЕНИЕ, ПРОЕКЦИЯ (РЕДАКТИРОВАНИЕ), УПОРЯДОЧЕНИЕ, ДОБАВЛЕНИЕ, УДАЛЕНИЕ, ЗАМЕНА и др.

Процедуры, описывающие процессы решения задач, как правило, составляют из операторов первого рода. Только специальные методы познания и наблюдения позволяют выявить в естественных решающих системах «над» операторами и процедурами первого рода операторы и процедуры второго рода, которые формируют первые и управляют ими.

Рассмотрим прежде всего множество внутренних операторов второго рода, характерных в первую очередь для решения теоретических идеально-направленных нерутинных задач.

Предлагаемый здесь набор операторов $\{v\}$ абстрагирован от какой-либо содержательной объектной области (в том числе и от типа операторов первого рода $\{\omega\}$) и является в значительной мере универсальным, т. е. свободным от «профессиональной ориентации» решающей системы. Это позволяет анализировать с единых позиций процессы решения задач познания человеко-машинными системами, а также в определенной степени стандартизировать описание того материала по обобщенным описаниям процессов решения задач познания, который накоплен психологией мышления.

Выделим следующие внутренние операторы второго рода:

- 1) оператор α , обеспечивающий изменение, в том числе образование, первичное формирование в РС модели требуемого состояния объекта задачи;
- 2) оператор β , обеспечивающий изменение, в том числе образование в РС, модели актуального состояния объекта задачи;
- 3) оператор γ , обеспечивающий установление отношений или их моделей над находящимися в памяти РС компонентами $K_{\text{тп},j}^*$, с одной стороны, и компонентами U_j^* , K_j^* и $K_{\text{акт},j}^*$ — с другой; (частным видом этих отношений могут быть связи: «...умственная работа решающего предстает перед нами как воскрешение относящихся к делу элементов его опыта, как связь этого опыта с решаемой задачей, как мобилизационная и организационная работа»;
- 4) оператор оценки и принятия решения $\varkappa$, обеспечивающий переход решающей системы к одному из имеющихся у нее операторов $\{\sigma\}$, к одной из процедур $\{\Sigma\}$ либо к одной из их моделей; (термину «принятие решения» соответствуют также термины «выбор эвристики или эвристической процедуры», «выбор дальнейшего пути», «выбор стратегии решения» и др. Принятие решения человеком зачастую протекает в свернутом виде, так что интерпретация оператора $\varkappa$ на материале протоколов решения задач человеком во многих случаях

затруднена. В частности, Ю. Н. Кулюткин пишет по этому поводу: «Человек, ищущий решение, обычно не осознает, что он делает выбор из множества возможных вариантов. **Главное для него не выбрать, а построить решение.** Однако объективно такое множество возможных ходов — правильных и неправильных — всегда существует...»;

5) оператор планирования η , обеспечивающий формирование или извлечение из памяти РС плана решения P_k , который представляет собой обобщенную императивную модель процедуры решения задачи;

6) оператор программирования ξ (программирование, вслед за Д. Пойя, будем понимать в широком смысле этого слова), обеспечивающий извлечение из памяти РС моделей операции или процедуры первого рода, т. е. ω_k или Ω_k , выполняющей непосредственное изменение $K_{\text{акт}}$ в $K_{\text{тр}}$ или $K_{\text{акт}}^*$ в $K_{\text{тр}}^*$ и подстановку этих моделей вместо компонентов плана P_k . Языковым представлением программы Ω_k^* является только язык операторов и процедур первого рода (в отличие от плана P_k , который может описываться и в терминах $\{\Theta\}$, $\{\Phi\}$, подзадач задачи Z_k и др.).

Пример. Рассмотрим работу решающей системы, в роли которой выступает группа по тушению пожара на некотором объекте. Требуемым состоянием объектной области является потушенный объект. Лицо, ответственное за принятие решений по ликвидации пожара, именуемое далее РС₁, получает информацию о возникновении пожара на объекте и положении вещей там в это время, т. е. о $K_{\text{акт}}$, решает свою подзадачу ПЗ_{k₁}, заключающуюся в выработке модели процедуры Ω_k^* тушения пожара на объекте и передает эту информацию в виде предписания спасательным группам, обладающим операторами $\{\omega_1, \dots, \omega_n\}$ и средствами тушения пожаров.

Принятие задачи решающей системой РС₁ заключается в создании своих моделей $K_{\text{акт},1}^*$ и $K_{\text{тр},1}^*$ с помощью соответственно операций второго рода β_1 и α_1 . Затем после «увязки» $K_{\text{тр},1}^*$ и $K_{\text{акт},1}^*$ с помощью операции второго рода γ_1 она пытается найти готовую модель процедуры Ω_k^* в своих знаниях либо в справочных материалах. Если это ей не удастся сделать, то РС₁ пробует разыскать рекомендации или план P_k решения задачи Z_k , чтобы облегчить себе построение модели процедуры Ω_k^* из моделей $\{\omega_1^*, \dots, \omega_n^*\}$.

Если готовый план не обнаружен, то РС₁ разрабатывает такой план с использованием операции η_1 , причем вначале она пытается переформулировать аналогичный план, либо извлечь частный план из более общего. В случае неудачи «работают» операции: γ_1 ,

подготавливающая формат «базового» отношения между $K_{\text{тр},1}^*$ и $K_{\text{акт},1}^*$, и $\mathfrak{K}_1$, выбирающая общую стратегию планирования решения Z_k и т. д.

Общая схема РС с тезаурусом и операторами второго рода дана на рис. 4.

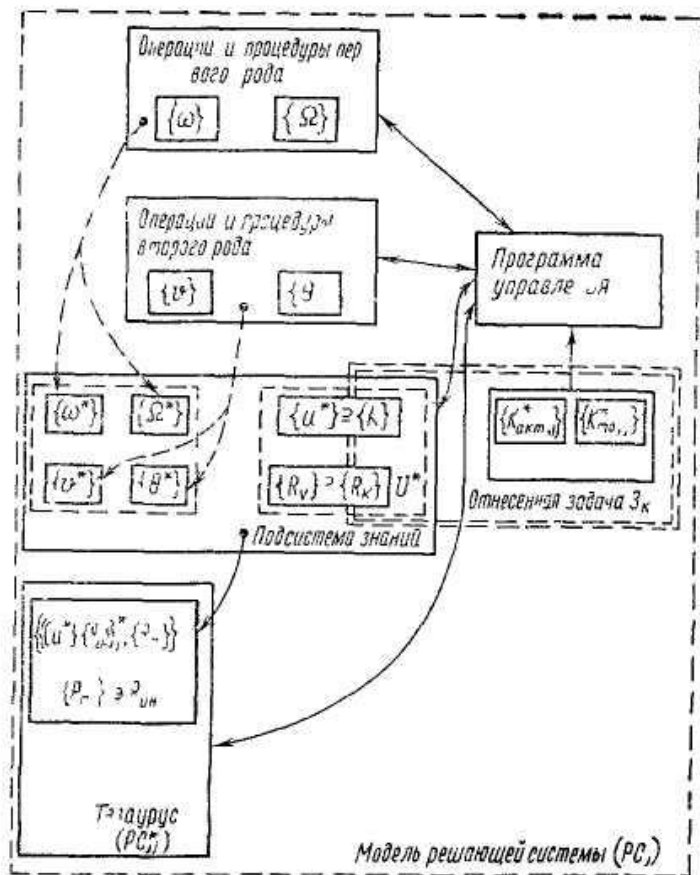


Рис. 4.

Дадим более подробное описание каждого из операторов второго рода.

Оператор α изменения модели требуемого состояния предмета задачи. Первая реализация оператора α обеспечивает ОБРАЗОВАНИЕ

модели $K_{тр,1}^*$ из целей и тезауруса, в частности, образование $K_{тр,1}^*$ из тезауруса решающих систем основывается на выделении из отношений типа $R_{ин}$ (ИЗВЕСТНО — НЕИЗВЕСТНО) строк или строки, имеющих в области определения ПОЛНОТА ИНФОРМАЦИИ величину НЕИЗВЕСТНО, решающей системы, а также из формулировки задачи, переданной решающей системе извне. Образование $K_{тр,1}^*$ из такой ФЗ представляет собой также изменение внешней задачи во внутреннюю (см. определения 2.24, 2.25).

Образование модели $K_{тр,1}^*$ из ΦZ_k с учетом необходимости кодирования внешней ΦZ_k (оператор ν) можно представить следующим образом: $K_{тр,1}^* = \alpha_1(\nu(\Phi Z_k))$.

Если $K_{тр}^*$, K^* и $K_{акт}^*$ хранятся в решающей системе в форме множеств или отношений, очередная операция α_i обеспечивает СУЖЕНИЕ, РАСШИРЕНИЕ и ПЕРЕОПРЕДЕЛЕНИЕ $K_{тр,i-1}^*$. В

последнем случае первоначальная задача заменяется родственной ей задачей, причем такой, для которой у РС_j предположительно имеется больше средств решения, чем для первоначальной задачи.

Оператор β изменения модели актуального состояния предмета задачи. Первая реализация оператора β обеспечивает ОБРАЗОВАНИЕ модели $K_{акт,1}^*$ из: формулировки задачи; знаний U^* ; генерируемой информации; объектов внешнего мира (в этом случае в $K_{акт}^*$ включаются объективные знания K_0 , частью которых являются знания РС_j, $K_j^* \subset K_0$. Вторым вариантом применения β является построение $K_{акт}^*$ из оригинала (моделируемого с помощью β).

Последующие реализации β обеспечивают СУЖЕНИЕ, РАСШИРЕНИЕ (расширение $K_{акт}^*$ зачастую происходит за счет моделей, извлекаемых из знаний U^* , j -й системы, из ее тезауруса, из объектной области (объекта задачи) K и др.) или ПЕРЕОПРЕДЕЛЕНИЕ $K_{акт}^*$. В последнем случае один и тот же компонент $K_{акт}^*$ выступает в разных отношениях (связях) с другими объектами, привлекаемыми РС для решения задачи.

Заключительная реализация оператора β обычно имеет место в случае успешного решения подзадачи контроля (см. определение 2.32), когда установлено, что результат решения Z_k , $K_{тр}$ соответствует его первоначальной модели $K_{тр,1}^*$. При этом $K_{тр}$ входит в заключительное актуальное состояние предмета Z_k , являющееся операндом операции β .

Оператор формирования отношений (γ). Как мы уже говорили, оператор γ обеспечивает формирование отношений R или моделей этих отношений L^* над компонентами $K_{тр,j}^*$, с одной стороны, и компонентами $K_{акт,j}^*$, $U_j^* \supset K_j^*$, а также компонентами тезауруса

PC_j — с другой стороны. Частным видом отношений L могут быть связи.

Отметим основные особенности отношения типа «связь». Будем считать, что «два или более различных объекта связаны, если по наличию или отсутствию некоторых свойств (унарных отношений) у одних из них можно судить о наличии или отсутствии тех или иных свойств у других из них (возникновение и исчезновение объектов можно рассматривать как частный случай)».

Примерами связей могут служить функциональные и стохастические зависимости, механические сопряжения между телами, причинно-следственные зависимости, логические следования, вывод одних знаний из других и т. д.

Выявление связей позволяет познавать (выводить, находить) объекты не непосредственно, а косвенно, через другие объекты, находящиеся с ними в той или иной связи.

В отношениях L компоненты $K_{тр}^*$ являются ключевыми. Зачастую результатом операции γ является формирование только «шапки», т. е. модели L^* отношения L .

Таким образом, операторы α и β формируют множества объектов, над которыми оператор γ задает отношение L или модель этого отношения L^* . В первом случае определяется предполагаемый вид зависимости между искомым и данными, во втором — указывается на факт существования этой зависимости.

Определение 2.36. Задачной системой (ЗС) назовем такую задачу, которая рассматривается исследователем вместе с отношением (отношениями) L (или L^*), заданным над компонентами K , $K_{акт}$ и $K_{тр}^*$ и (или) моделями этих компонент.

Частным видом ЗС является функция различия между $K_{тр}^*$ и $K_{акт}^*$, нередко используемая в работах по автоматическому решению задач. В общем виде эту функцию можно представить следующим отношением:

РАЗЛИЧИЕ	вид различия	компоненты $K_{тр}^*$	компоненты $K_{акт}^*$

Оператор κ оценки и принятия решения. На основе оценки сложившейся на t -ом шаге ситуации, которая описывается множествами $\{ЗС_t\}$, $K_{тр,t}^*$ и $K_{акт,t}^*$, $t = \bar{1}, \dots$, оператор κ производит

выбор среди возможных альтернатив и формирует императив $I_{i,k}$, наиболее обобщенную модель процедуры решения Z_k («идею» решения задачи).

Приведем примеры императивов I в обобщенном виде: $I_{\text{поиск}}$ — найти (отыскать) в памяти готовый результат или алгоритм (квазиалгоритм) получения результата; $I_{\text{пз}}$ — свести (сузить) задачу к подзадаче; $I_{\text{расш}}$ — расширить задачу Z до задачи Z' так, чтобы Z явилась подзадачей Z' ; $I_{\text{пф}}$ — переформулировать задачу Z в аналогичную, «родственную» задаче Z , притом такую, для которой у решающей системы имеется (во всяком случае, предположительно) больше средств решения, чем у задачи Z .

Поскольку принятие решения зачастую трудно отделить от получения оценки λ_i ситуации $(K^*_{\text{арт}}, t, K^*_{\text{тр}}, t, Lt)$, то будем считать, что оператор $\mathbf{x}$ вырабатывает абсолютные и относительные оценки, на основе которых производится управление порядком выполнения операторов $\{\theta\}$, «включение» процедуры Ω_k решения Z_k , прекращение решения Z_k в результате успешного решения подзадачи контроля ZK_k и др.

Получение оценок может рассматриваться также как отдельная подзадача, прежде всего, если: недостаточно данных в самой РС; РС не располагает планом и (или) программой оценки; для формирования оценки необходимо совершить «пробные действия», т. е. реализовать частичный план и частичную программу решения Z_k , чтобы «посмотреть, что из этого получается».

В связи с тем, что поиск информации в памяти РС или во внешнем мире является существенной подзадачей многих задач, рассмотрим более подробно отработку решающей системой императива поиска $I_{\text{поиск}}$. Здесь возможны следующие варианты:

- а) РС располагает процедурой поиска;
- б) РС не располагает процедурой поиска, но имеет программу или план поиска;
- в) у РС нет ни плана, ни программы поиска.

Если РС — это ЭВМ, то первый вариант поиска соответствует случаю, когда машина располагает соответствующей рабочей программой поиска (абсолютной фазой), готовой к выполнению. Если же речь идет о человеке, вспоминающем необходимые данные, то в первом случае у него отработка императива $I_{\text{поиск}}$ также зачастую протекает в свернутом виде: операции первого рода, составляющие процедуру поиска, выполняются слитно, подсознательно.

В случае варианта в) целесообразно специально рассматривать подзадачу поиска. В рамках нашей модели РС формулировкой

подзадачи поиска является косвенный вопрос (см. п.6.2.6), т. е. вопрос типа «Какой объект...», «Какое отношение...».

Решение этой подзадачи в свою очередь начинается с операторов α , β , γ и т. д. Подзадача поиска приобретает еще более ярко выраженную самостоятельность в случае необходимости произвести поиск не в памяти РС, а во внешней среде.

Оператор планирования η . Оператор η производит изменение лексического представления знаний РС по задаче

$Z_k(Z_{ск}, K^*_{тп}, K^*_{акт})$ в императивное (процедурное) представление, т. е. в план P_k решения Z_k . План P_k представляет собой обобщенную модель процедуры решения задачи. Компонентами плана могут быть императивные модели разных по своей природе объектов — операций первого рода, операций второго рода, формулировки подзадач и др.

План развертывается, т. е. «накапливается» и уточняется решающей системой пошагово, так что компонент плана P_t произведенный на t -м шаге, добавляется к P_{t-1} либо заменяет в P_{t-1} некоторую компоненту, образуя P_t . Если РС не располагает готовым планом решения Z_k , то, как правило, среди операндов первой по счету операции η_1 нет плана или его компонентов.

Оператор программирования ξ . Программирование плана P_k будем рассматривать как операцию, осуществляющую подстановку моделей операций или процедур первого рода (из $\{\omega^*\}$ и $\{\Omega^*\}$) вместо тех компонентов плана, которые не принадлежат к множеству $\{\omega^*\}$ или $\{\Omega^*\}$.

Обычно план содержит меньшее число компонент, чем соответствующая ему программа.

Рассмотрим более подробно соотношение операции планирования и операции программирования.

Если план P_k рассматривать как компонент $K_{акт}$, то его языковым носителем будет язык всей той объектной области K , которая входит в Z_k . Языком описания программы Ω_k^* является только язык моделей операторов (и процедур) первого рода в модальности «требование». Особенно наглядно языковое различие между P_k и Ω_k^* проявляется при разработке программ для ЭВМ, где обычно план P_k (метод решения задачи Z_k) описывают на языке физики, экономики и т. п., а программу Ω_k^* — на алгоритмических языках программирования.

Однако языковое различие между P_k и Ω_k^* не должно затемнять их принципиальной общности: и тот, и другой объект являются различными моделями одного и того же объекта — процедуры Ω_k решения Z_k .

При рассмотрении решения задач человеком и ЭВМ полезно также отметить важность локального контроля правильности изменения (программирования) плана P_k в программу Ω_k^* , при этом контроль может быть оформлен как подзадача синтаксической проверки и корректировки программы Ω_k^* .

Типовая схема функционирования рассматриваемой модели РС представлена на рис. 5.

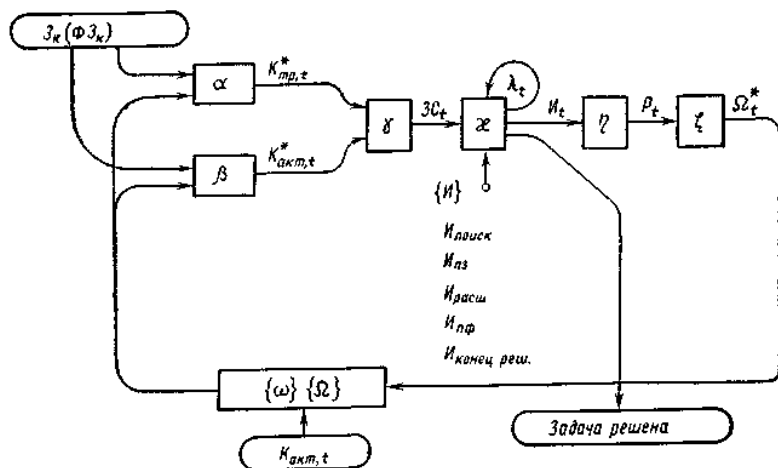


Рис. 5.

6.2.8. Количественные характеристики задач и процессов их решения

Количественными характеристиками отнесенных задач и процессов их решения являются:

- 1) время T_k решения задачи Z_k , т. е. период времени, потраченный решающей системой на изменение $K_{\text{акт}}$ в $K_{\text{тр}}$ ($K_{\text{акт}}$ в $K_{\text{тр}}$ для идеально-направленных задач);
- 2) стоимость C_k решения задачи Z_k (учитывающая расход ресурсов, например, памяти РС);
- 3) показатель A_k качества решения Z_k (точность $K_{\text{тр}}$, надежность получения $K_{\text{тр}}$ и др.).

В общем случае эффективность $\mathcal{E}_k$ решения Z_k может быть представлена с помощью функции $\mathcal{E}_k = F_3(T_k, C_k, \Lambda_k)$, где F_3 — непрерывная функция, монотонно убывающая при увеличении T_k и C_k и монотонно возрастающая при увеличении Λ_k .

Если рассматривать время T_k решения задачи как ресурс РС, то C_k должна включать стоимость времени решения задачи.

В ряде случаев при определении $\mathcal{E}_k$ будем учитывать также расходы $C_{\text{раз}}$ и время $T_{\text{раз}}$, необходимые для создания решающей системы, к которой должна быть отнесена $\mathcal{Z}_k$.

Классификация задач, выполненная в п.6.2.4, позволяет в определенной степени высказываться об относительной трудности задач для РС. Так, при прочих равных условиях неопределенные или нерутинные задачи являются более трудными, чем определенные или рутинные.

6.3. К постановке общей задачи познания

6.3.1. Неформальная постановка задачи познания

Типичную задачу познания в самом общем виде можно сформулировать так. Есть некоторый *объект* или количество *объектов*, о которых *что-то* известно. Построить алгоритм, правильно вычисляющий это *что-то* по этому *чему-то*, причем не только для заранее предъявленных *объектов*, но и для любых других. Или хотя бы алгоритм, *ошибающийся* не очень *часто* и не очень *сильно*. Причем желательно не однократно построить такой алгоритм, а создать алгоритм более высокого уровня (метаалгоритм, метод, технологию...), строящий вычисляющий алгоритм по любому предъявленному набору объектов, чтобы этот алгоритм *часто* получался *приемлемым*. Саму задачу будем называть *познаванием*, решающий ее алгоритм — *познавателем*, а построение этого алгоритма — процессом построения алгоритма познания (*обучением* познавателя).

Для формализации постановки задачи нужно придать смысл всем выделенным словам предыдущего абзаца. Но сперва приведем неформальные примеры таких задач:

Познавание по образцам. Имеется некоторое количество картинок, на каждой из которых нарисована кошка (или треугольник, или жираф, или самолет, или конкретный человек) и, возможно, некоторое количество картинок, на каждой из которых она (он) отсутствует. Построить алгоритм, определяющий наличие кошки (треугольника и г.д.) на картинке

Имеется некоторое количество картинок, на каждой из которых нарисована буква, и известно, какая именно. Построить алгоритм, узнающий нарисованные буквы

Познания по результатам медицинской диагностики. Имеемся некоторое количество историй болезни и приложенных к ним результатов обследований больных. Построить алгоритм по результатам обследований нового больного ставящий ему диагноз, назначающий лечение и/или прогнозирующий результаты лечения. Или, что более реально, подсказывающий врачу наиболее правдоподобные диагнозы.

Познания по результатам геологической диагностики. Про некоторое количество разработанных нефтяных месторождений известны данные их предварительной геологической разведки (например, сейсмограммы) и результаты их эксплуатации. Построить алгоритм, предсказывающий эксплуатационные характеристики, в первую очередь мощность, разведанных, но еще не вскрытых месторождений

Познания по результатам экономического прогнозирования. Имеются данные о еженедельных объемах продаж нескольких тысяч видов товаров в нескольких сотнях магазинов за несколько лет. Построить алгоритм, предсказывающий спрос на ближайший месяц

Кроме «чистого» познания, общая теория познания занимается и другими задачами, например, задачей *кластеризации* (синоним кластерный анализ, *cluster analysis*). Есть некоторое количество *объектов*, о которых *что-то* известно. Построить алгоритм, разбивающий объекты на группы (называемые кластерами), и алгоритм, определяющий, какому кластеру принадлежит объект, так чтобы объекты внутри каждого кластера были *похожи друг на друга*, а объекты из разных кластеров — *непохожи*, причем чтобы это было как правило (т. е. статистически) верно не только для заранее предъявленных объектов, но и для любых других, предъявляемых впоследствии. *Кластеризация* и ее аналоги часто возникают в качестве вспомогательных задач в познании, сжатии данных и др.

В дальнейшем нами в основном будут обсуждаться вопросы построения познающих алгоритмов, причем достаточно общих, не использующих специфики задачи.

Как правило, познаваемые *объекты*, кодируются наборами (векторами) *признаков* (*feature*), либо являющихся числовыми, либо принимающих конечное множество значений. Допустимые значения векторов признаков образуют *пространство признаков* X . Например, если удастся закодировать объекты d числовыми признаками, то X —

это подмножество стандартного d -мерного евклидова пространства $\mathbf{R}^d$. Это не всегда возможно и не всегда просто. Во-первых, объекты могут быть неограниченно длинными и, либо их нужно научиться разбивать на части, помещающиеся в пространство фиксированной размерности, (сегментировать) и обрабатывать по частям, либо наоборот, отказаться от принципа кодировать объект фиксированным числом признаков. Во-вторых, один и тот же объект может быть оцифрован по-разному (страница может быть отсканирована с разными разрешениями или по-разному положена на сканер) и хотелось бы уметь преобразовывать разные представления (в данном примере — разные картинки) в один и тот же вектор признаков. В-третьих, какие-то свойства объектов, даже если они традиционно кодируются числами, могут быть существенно нечисловыми: наличие или отсутствие чего-либо, группа крови, артикул товара, словесное описание и т.п.. И в-четвертых, способ кодирования и даже размерность d может зависеть от множества предъявленных объектов.

Для простоты формулировок мы пока не будем рассматривать неограниченно длинные объекты и их сегментацию. Способы унификации представлений объектов (например, как пересчитать растровую картинку любого размера на растр фиксированного размера и какой размер целесообразно фиксировать, или вообще не пересчитывать ее в растровую, а разложить по какому-либо базису — тригонометрическим многочленам, wavelet'aM и т.п.) существенно зависят от конкретной задачи, которые мы их также не рассматриваем. А для кодирования дискретных признаков приведем общие рекомендации:

- Двоичные признаки (нет или да) рекомендуется кодировать традиционно: числом, принимающим значение 0 или 1, соответственно.

- Признаки, принимающие конечное число $k > 2$ существенно неарифметических значений (группа крови, категория товара, ...) рекомендуется кодировать k независимыми вторичными числовыми признаками: j -й вторичный признак x^j равен 1, если исходный признак принимал j -е значение, и равен 0 в противном случае. Вторичные

признаки удовлетворяют соотношению $\sum_{j=1}^k x^j = 1$. Этот способ

кодирования легко обобщается на случай, когда значение исходного признака известно не достоверно, а с как-то оцененной вероятностью.

- Признаки, принимающие конечное упорядоченное множество значений, (являющиеся дискретизацией числовых признаков,

например, признак (холодный, нормальный, горячий) вместо температуры, или оценки успеваемости по пятибалльной шкале) можно кодировать и одним числом (приблизительно угаданной температурой), но надежнее, хотя и дороже, набором нулей и единиц из предыдущего пункта.

- Целочисленные признаки тоже можно считать действительностными (например, количество проданных оранжевых пиджаков 56-го размера), но если они принимают заранее известное небольшое число значений (число конечностей — от 0 до 10), предпочтительнее кодировать их набором нулей и единиц.

Если объекты удалось закодировать набором из d числовых признаков, т.е. точкой стандартного евклидова пространства $\mathbf{R}^d$, признаки рекомендуется отнормировать так, чтобы они лежали в каком-либо заранее известном компакте, например, в единичном кубе или шаре.

Решения (*response*) познания — и ожидаемые, и вычисленные познавателем - кодируются (если временно забыть про познание длинных объектов) так же, как признаки объектов, т.е. точками (векторами) в некотором *пространстве результатов* Y , например, в q -мерном евклидовом пространстве $\mathbf{R}^q$. Тогда получается, что познаватель нужно учить вычислять некоторую функцию $f : \mathbf{R}^d \rightarrow \mathbf{R}^q$, про которую известны только ее значения в конечном числе точек. Но для некоторых решений познания специального вида, например, принимающих ровно два значения, существуют специфические методы обучения. Иногда бывает удобно разбить познаватель на несколько более простых, каждый из которых вычисляет ровно один числовой или двузначный дискретное решение.

Познание численной (скалярной или векторной) характеристики объекта называется *регрессией*. Строгое математическое определение регрессии — это условное математическое ожидание одной случайной величины относительно другой, и во многих задачах регрессия познавательная является регрессией математической.

Познание качественной (дискретной) характеристики объекта называется *классификацией*, число возможных значений q — числом классов, а множество объектов, для которых эта характеристика принимает j -е значение — j -м классом. Решением действия познавателя для каждого объекта лучше считать не номер класса, к которому познаватель относит объект, а более полное знание, исходя из которого номер класса легко посчитать, — q -мерный вектор "уверенностей" (*confidence*) в принадлежности объекта каждому из классов. Тем самым, классификация превращается в специальный случай регрессии.

В теоретически удобных случаях, когда пространство всех возможных объектов разбито на классы и на нем определена вероятность, "уверенности" в кавычках можно заменить вероятностями без кавычек и для них выполнены вероятностные нормировки (каждая от 0 до 1, сумма всех равна 1). На практике задачу классификации иногда обобщают на случай классов, объединение которых не равно всему пространству, (такая задача сводится к "правильно поставленной" задаче введением дополнительного класса), и даже на случай пересекающихся классов. При этом "уверенности" могут не быть вероятностями в каком-либо строгом смысле.

В литературе довольно часто изучается задача классификации с двумя сравнительно равноправными непересекающимися классами, покрывающими все пространство, или, что почти то же самое, отделение объектов одного класса от всех остальных. В этом случае познаватель вычисляет ровно одно число ("уверенность" в принадлежности объекта первому классу) и для принятия решения достаточно сравнить эту "уверенность" с некоторым порогом.

Классы могут быть и неравноправны: объекты одного класса могут встречаться на несколько порядков реже, чем объекты другого класса. В этом случае познавать, какому классу объект принадлежит с большей вероятностью не имеет смысла: почти всегда ко второму. Нет смысла обучать познаватель оценивать вероятность принадлежности первому (очень редкому) классу.

Дополнительный класс "все остальное" может быть равноправен с настоящими классами (одним или более), а может быть и неравноправен еще и в следующем смысле: объекты дополнительного класса могут быть представлены при обучении классификатора, а могут и отсутствовать. То есть можно обучать классификатор узнаванию буквы 'а', не предъявляя ему ни других букв, ни знаков препинания, ни клякс. Другой пример: можно обучать систему голосового набора телефонных номеров распознаванию цифр, не предъявляя ей остальных слов, произносимых при разговоре с телефонным оператором, например, "пожалуйста".

Классификация с любым числом классов может быть сведена, причем разными способами, к решению конечного числа задач двухклассовой классификации. Иногда оказывается, что обучить и скомбинировать несколько двухклассовых классификаторов легче, чем обучить один многоклассовый. А иногда — наоборот.

Так получилось, что регрессия (распознавание непрерывных величин) «ущемлена в правах» по сравнению с классификацией (распознаванием дискретных величин): при наличии вероятностной

модели в дискретном случае можно предсказывать распределение вероятностей результатов, а в непрерывном — только сам результат (например, его математическое ожидание) без каких-либо оценок уверенности в нем. Равноправие можно частично восстановить, предположив, что распределение принадлежит к какому-либо конечномерному семейству, и добавив к пространству результатов дополнительные прямые сомножители, описывающие какие-либо еще параметры распределения. Реальный пример таких параметров — дисперсия в случае одномерной регрессии и матрица ковариации в случае многомерной. А в широко распространенном частном случае, когда распределение является фиксированной центрально симметричной мерой, сдвинутой на какой-то вектор, например, гауссовым распределением с фиксированной матрицей ковариации, единственный познаваемый (векторный) параметр — это математическое ожидание.

6.3.2. Формальная постановка задачи познания

Познание объектов заключается в определении параметров или характеристик этих объектов по результатам измерения их выходных и входных сигналов. Нами будут рассматриваться результативные (эффективные) процессы познания объектов, которые обеспечивают высокую точность определения параметров познаваемых объектов. Хорошие результаты при реализации эффективных процессов познания объектов можно достичь за счет формирования специальных входных сигналов познаваемого объекта, которые будем называть **тестирующими**. Поэтому, как правило, входные тестирующие сигналы могут приниматься заданными, и измерение их при активном процессе познания не является обязательным.

Основная трудность при решении задачи познания связана с тем, что выходные сигналы познаваемого объекта, а также сигналы устройств измерения $Y(p, 0; t)$ искажены случайными помехами $n(p, 0; t)$. Таким образом, измеряемые сигналы всегда следует считать случайными, и познание оказывается тесно связано с фильтрацией случайных помех. Алгоритмы познания должны обеспечивать наилучшую (в статистическом смысле) точность оценки неизвестных параметров или характеристик познаваемого объекта и в наибольшей степени ослаблять влияние случайных помех. Специфика познания заключается в том, что требуется не просто отделить полезный

сигнал от шумов, а оценить параметры этого полезного сигнала, являющиеся одновременно параметрами познаваемого объекта.

Модель многомерного познаваемого объекта и измерительных устройств можно представить в виде

$$Y(p, 0; t) = Z(p, q; t)C(q, 0) + n(p, 0; t), \quad (1)$$

где $Y(p, 0)$ — матрица измеряемых выходных сигналов; $Z(p, q, t)$ — матрица базисных сигналов; $C(q, 0)$ — матрица неизвестных параметров, подлежащих познанию; $n(p, 0; t)$ — матрица шумов измерения.

Матрица $Z(p, q; t)$ составляется из выходных сигналов $z_{\pi\kappa}(t)$ системы базисных познаваемых объектов, описываемых известными дифференциальными уравнениями вида

$$z'_{\pi\kappa}(t) = \sum_{\rho, \sigma} a_{\pi\kappa\rho\sigma} z_{\rho\sigma}(t) + \sum_{\mu} b_{\pi\kappa\mu} u_{\mu}(t) \quad (2)$$

или

$$Z'(p + q, 0; t) = A_0(p + q, p + q)Z(p + q, 0, t) + B_0(p + q, \mu)U(\mu, 0; t), \quad (3)$$

где $a_{\pi\kappa\rho\sigma}, b_{\pi\kappa\mu}$ — заранее известные параметры системы базисных познаваемых объектов, составляющие матрицы A_0, B_0 ; $u_{\mu}(t)$ — входные тестирующие сигналы познаваемого объекта, совпадающие с входными сигналами системы базисных познаваемых объектов и образующие матрицу $U(\mu, 0; t)$. Модель познаваемого объекта (1) или (2) может быть получена с помощью спектрального представления линейных динамических систем. При заранее заданных входных сигналах и граничных условиях $z_{\pi\kappa}(t_0) = 0$, известных в начальный момент времени t_0 , базисные переменные состояния $z_{\pi\kappa}(t)$ оказываются известными функциями времени, образующими известную матрицу $Z(p, q; t)$.

Путем обработки сигналов $Y(p, 0; t)$ на основании имеющейся информации о сигналах $u_{\mu}(t)$, $Z(p, q; t)$ и о характеристиках помех $n(p, 0, t)$ требуется определить наилучшие оценки $\hat{C}(q, 0)$ матрицы параметров $C(q, 0)$ или наилучшие оценки некоторой характеристики $Q(s, r; \alpha)$ системы (матрицы импульсных переходных функций, матрицы частотных характеристик и т. п.). При этом познаваемая характеристика является результатом линейного преобразования параметров $Q(s, r; \alpha) = F(s, q + r; \alpha)C(q, 0)$; α — аргумент познаваемой характеристики (время, частота и т. п.).

Специфика познаваемых объектов в задаче познания следует из зависимости базисных сигналов в модели (1) от текущего времени, приводящей к непрерывному изменению условий эксперимента. Это изменение описывается дифференциальными уравнениями (2), являющимися динамическими ограничениями и учитывающими воздействие тестирующих сигналов $u_n(t)$. Кроме того, уравнения (1), (2), указывают на практическую невозможность повторных дублирующих измерений из-за того, что уже выполненные измерения затрудняют перевод познаваемого объекта в исходное начальное состояние. Одной из особенностей динамических экспериментов является также необходимость познания некоторых, непосредственно не измеряемых характеристик $Q(s, r; \alpha)$, погрешность оценки которых может задаваться в виде интегрального функционала.

Процесс познания осложняется наличием нелинейных элементов в реальном познаваемом объекте. Это ограничивает амплитуду тестирующих воздействий, которые должны подаваться относительно рабочей точки основной нелинейной характеристики. Тестирующие воздействия должны быть определены так, чтобы при уменьшении их амплитуды форма переходных процессов на выходах познаваемого объекта не менялась. Для познания частотных характеристик рекомендуется использовать периодические (гармонические) сигналы, но при этом необходимо помнить, что это требует длительных экспериментов большого объема, так как необходимо ожидание конца переходных процессов.

Поэтому следует рассматривать методы познания при неперiodических воздействиях на входе, обеспечивающих минимум интервала наблюдения $t_K - t_H$ при заданном показателе точности познания.

Рассмотрим задачу познания на простейшем примере одномерного объекта, на входе которого действует сигнал $x(t)$, а на выходе сигнал $y(t)$. Сигналы $x(t)$ и $y(t)$ могут рассматриваться как детерминированные, так и случайные. Будем рассматривать общий случай, когда сигналы $x(t)$ и $y(t)$ являются случайными функциями или случайными процессами, когда аргумент t представляет собой время. Стохастическая природа сигналов $x(t)$ и $y(t)$ вызвана как многочисленными факторами, действующими на эти переменные, так и тем, что при познании $x(t)$ и $y(t)$ получают путем их измерения, и при любом фиксированном значении аргумента t , x и y представляют собой случайные величины.

Задача познания теперь может быть сформулирована следующим образом. Задан познаваемый объект, в процессе нормального функционирования которого одновременно (синхронно) могут быть измерены его входная x и выходная y переменные. По результатам измерения $x(t)$ и $y(t)$ необходимо построить модель заданного познаваемого объекта, т. е. найти оператор, ставящий в соответствие выходную $y(t)$ и входную $x(t)$ функции. Точнее, при познании ставится задача не определения самого оператора объекта, а его приближенного значения, его оценки. Если характеристикой познаваемого объекта является оператор A_t (индекс t указывает, что оператор A зависит от аргумента t)

$$y(t) = A_t x(s), \quad (4)$$

то задача познания заключается в определении не оператора A , а его оценки A_t^* , которая и используется в качестве характеристики истинного оператора A

$$y^*(t) = A_t^* x(s). \quad (5)$$

Пусть у нас имеется познаваемый объект и его модель (рис.1) на входе которых действует одна и та же переменная $x(t)$.

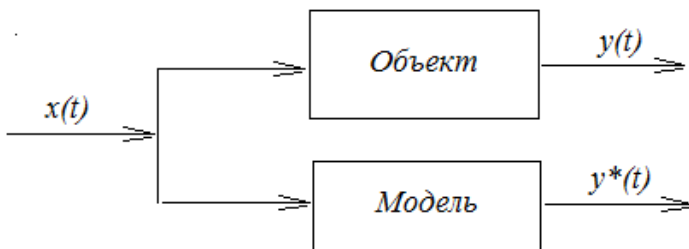


Рис. 1

Истинным выходом познаваемого объекта является переменная $y(t)$, а на выходе модели мы имеем случайную функцию $y^*(t)$.

Соответствие между $y(t)$ и $x(t)$ устанавливается уравнением (4), а между $y^*(t)$ и $x(t)$ уравнением (5). Мы видим, что модель не дает нам истинного значения выходной переменной $y(t)$, модель беднее реальной действительности, реального познаваемого объекта, и на выходе модели мы имеем какую-то другую функцию $y^*(t)$, отличную от $y(t)$.

В зависимости от характера познаваемого объекта и применяемых средств измерения $x(t)$ и $y(t)$ результаты измерения входной и выходной переменных могут быть представлены в непрерывном или дискретном (прерывистом) виде. Возможные значения случайных функций, полученных по результатам эксперимента, принято называть

реализациями случайной функции. **Задача познания** и заключается в том, чтобы по реализациям $x(t)$ и $y(t)$ найти оценку A_t^* , истинного оператора A_t , по которой можно познать познаваемый объект. В простейшем случае, когда случайные функции $x(t)$ и $y(t)$ являются стационарными, т. е. их характеристики не зависят от начала отсчета, и для них выполняется условие эргодичности по одной реализации каждой из случайных функций $x(t)$ и $y(t)$ достаточно для получения оценки оператора познаваемого объекта A_t^* .

Будем говорить о соответствии между моделью и объектом-оригиналом только в том случае, если оценка оператора A_t^* близка в некотором смысле к его истинному значению A_t . Эвристически ясно, что требование близости A_t^* к A_t является существенно необходимым, так как при этом должно выполняться требование близости случайной функции на выходе модели $y^*(t)$, определяемой уравнением (5), к случайной функции на выходе познаваемого объекта $y(t)$, определяемой уравнением (4). Близость A_t^* к A_t связана с выбранным критерием, который зависит от цели познания, т.е. от конкретной задачи познания. Критериями близости выходных переменных познаваемого объекта $y(t)$ и модели $y^*(t)$ могут служить, например, максимальная абсолютная разность между $y(t)$ и $y^*(t)$, средняя абсолютная разность этих функций, среднее квадратическое отклонение $y^*(t)$ от $y(t)$ и др. Когда критерий, по которому осуществляется познание объекта, задан, то будем говорить о близости $y^*(t)$ к $y(t)$ в смысле этого критерия или об оптимальном, в смысле этого критерия, определении модели познаваемого объекта.

В математической статистике и статистической динамике при решении аналогичных задач вводится функция $\rho[y_t, y_t^*]$, которая зависит от выходных переменных познаваемого объекта y_t и модели y_t^* , но не зависит от оператора A_t . Выбор этой функции зависит от принятого критерия оптимальности. **Функция $\rho[y_t, y_t^*]$ обычно называется функцией потерь, или функцией цены ошибки.**

Для решения задачи познания на математическое ожидание (среднее значение) этой функции будем накладывать требование минимума

$$M\{\rho[y_t, y_t^*]\} = \min \quad (6)$$

и в этом смысле будем понимать близость оценки A_t^* к истинному значению оператора A_t . Здесь и ниже M является символом осреднения. Соотношение (6) будет выполнено, если потребуем минимум математического ожидания функции $\rho[y_t, y_t^*]$ при заданной случайной функции $x(t)$, т. е.

$$M\{\rho[y_t, y_t^*/x_s]\} = \min. \quad (7)$$

Условие минимума соотношения (7) следующее:

$$\frac{d}{dy^*_t} M\{\rho[y_t, y^*_t/x_s]\} = 0. \quad (8)$$

При познании объектов в большинстве случаев оптимальный оператор будем искать по критерию минимума средней квадратической ошибки, т. е. принимать, что $\rho[y_t, y^*_t/x_s] = [y_t - y^*_t]^2$, и тогда критерий (6) будет иметь вид

$$M\{[y_t - y^*_t]^2\} = \min. \quad (9)$$

Из условия (8) получим следующее уравнение для определения оптимальной (в смысле минимума среднего квадрата ошибки) оценки оператора A_* :

$$y^*(t) = A^*_{*x}(s) = M\{y(t)/x(s)\}, \quad (10)$$

где $M\{y(t)/x(s)\}$ — условное математическое ожидание выходной переменной относительно входной. Из уравнения (10) видно, что оператор условного математического ожидания, т. е. регрессия выходной переменной $y(t)$ относительно входной $x(s)$, дает оптимальный оператор познаваемого объекта в классе всех возможных операторов.

Таким образом, определив из опытных данных условное математическое ожидание выходной переменной относительно входной, мы получим оптимальную (в смысле критерия минимума среднего квадратического отклонения) оценку оператора познаваемого объекта.

При использовании нами статистических методов в познании объектов будем чаще всего оптимальный оператор искать в классе линейных операторов. **Для линейного оператора выполняется принцип суперпозиции**, т. е. **результат преобразования линейным оператором суммы функций равен сумме результатов преобразования отдельных слагаемых суммы**:

$$A \sum_{i=1}^n x_i(t) = \sum_{i=1}^n A x_i(t) \quad (11)$$

или в более общей записи

$$A \sum_{i=1}^n a_i x_i(t) = \sum_{i=1}^n a_i A x_i(t). \quad (12)$$

где $a_1, \dots, a_n$ — произвольные постоянные, а $x_1(t), \dots, x_n(t)$ — произвольные функции.

Для получения из общего уравнения (10) уравнения для нахождения оптимального по критерию минимума среднего квадрата ошибки оператора в классе линейных операторов умножим среднюю и правую части уравнения (10) на входную случайную функцию $x(t)$

$$A^*_{*x}(v)x(s) = M\{y(t)/x(s)\}x(v).$$

Осредним теперь по входной переменной обе части последнего равенства:

$$M\{A^*_t x(v) x(s)\} = M\{M\{y(t)/x(s)\}x(v)\},$$

откуда получим

$$M\{A^*_t x(v) x(s)\} = M\{y(t) x(v)\}. \quad (13)$$

Поскольку оператор A^*_t ищется нами в классе линейных операторов, то оператор математического ожидания M коммутативен с оператором A_t при самых общих предположениях. Тогда из (13) получим следующее уравнение для определения оптимальной оценки оператора в классе линейных операторов по критерию минимума среднего квадрата ошибки:

$$A^*_t M\{x(v)x(s)\} = M\{y(t)x(v)\}. \quad (14)$$

Для рассматриваемого линейного случая, не ограничивая общности, предположим, что математические ожидания случайных функций $x(t)$ и $y(t)$ равны нулю, т. е. $M\{x(t)\} = 0$ и $M\{y(t)\} = 0$. Тогда произведение, стоящее под знаком математического ожидания в левой части уравнения (14), представляет собой корреляционную функцию входного сигнала

$$M\{x^0(v)x^0(s)\} = K_{xx}(v, s),$$

а произведение, стоящее под знаком математического ожидания в правой части уравнения (14), есть взаимная корреляционная функция входного $x(t)$ и выходного $y(t)$ сигналов

$$M\{y^0(f)x^0(v)\} = K_{yx}(t, v).$$

Тогда уравнение (14) может быть переписано в виде:

$$A^*_t K_{xx}(v, s) = K_{yx}(t, v) \quad (15)$$

и весовая функция $g(t, s)$ познаваемого объекта определяется из следующего интегрального уравнения:

$$K_{yx}(t, v) = \int_{t-T}^t g(t, s) K_{xx}'(s, v) ds, \quad (16)$$

где T —интервал времени наблюдения.

Уравнение импульсной переходной (весовой) функции

$$y(t) = \int_{t-T}^t g(t, s) x(s) ds$$

может представлять один из способов описания познаваемого линейного динамического объекта, и, как видно из (16), она может быть получена путем решения интегрального уравнения, если известны корреляционная функция входного сигнала и взаимная корреляционная функция входного и выходного сигналов. В случае, когда имеются реализации случайных функций входа и выхода, получение

корреляционных и взаимных корреляционных функций на современных компьютерах не представляет трудности, и решение интегрального уравнения позволяет получить оптимальную оценку оператора познаваемого объекта.

В частном случае, когда для линейного познаваемого объекта случайные функции $y(t)$ и $x(t)$ являются стационарными и стационарно связанными, оптимальная по критерию минимума среднего квадрата отклонения оценка оператора может быть определена из уравнения

$$K_{yx}(\tau) = A_t^* K_{xx}(\tau - \lambda) \quad (17)$$

и весовая функция — при бесконечном интервале наблюдения — из известного интегрального уравнения Винера—Хопфа:

$$K_{yx}(\tau) = \int_0^{\infty} g(\lambda) K_{xx}(\tau - \lambda) d\lambda. \quad (18)$$

В этом случае, как нетрудно видеть, весовая функция, как и корреляционная, зависит только от одного аргумента.

Аналогично рассмотренному одномерному случаю ставится задача познания для многомерного познаваемого объекта. Так, например, для познаваемого объекта, схематически представленного на рис. 2, выходная переменная $y(t)$ зависит не от одной входной переменной $x(t)$, а от n переменных $x_1(t), \dots, x_n(t)$, т. е. на входе познаваемого объекта действует векторная случайная функция $\vec{x}(t)$, составляющими которой являются случайные функции $x_1(t), \dots, x_n(t)$.

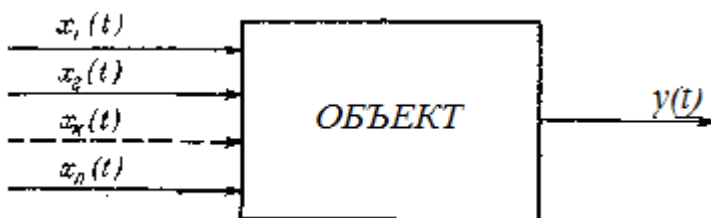


Рис. 2.

Задача познания заключается в определении оператора познаваемого объекта A_t , устанавливающего соответствие между выходной случайной функцией $y(t)$ и входной векторной случайной функцией $\vec{x}(t)$:

$$y(t) = A_t \{x_1(t), \dots, x_n(t)\} = A_t \vec{x}(t). \quad (19)$$

По полученным из эксперимента реализациям $y(t)$ и $\vec{x}(t)$ следует искать наилучшую в каком-то смысле оценку оператора A_v^* , которая будет служить характеристикой неизвестного истинного оператора A_t :

$$y^*(t) = A_t^* \vec{x}(s). \quad (20)$$

Требование (7) в этом случае примет вид:

$$M\{p[y_v, y^*_{t/x_1}(s), \dots, x_n(s)]\} = M\{p[y_v, y^*_{t/\vec{x}_s}]\}. \quad (21)$$

Подобно выкладкам, приведенным для одномерного познаваемого объекта, в этом случае можно показать, что оптимальную оценку оператора многомерного познаваемого объекта A_t по критерию минимума среднего квадрата ошибки получим по условному математическому ожиданию выходной переменной относительно вектора входных переменных

$$y^*(t) = A_t^* \{x_1(s), \dots, x_n(s)\} = M\{y(t)/x_1(s), \dots, x_n(s)\}, \quad (22)$$

или

$$y^*(t) = A_t^* \vec{x}(s) = M\{y(t)/\vec{x}(s)\}. \quad (23)$$

Для стационарного познаваемого объекта, когда входные и выходные случайные функции являются стационарными и стационарно связанными, уравнение (23) примет следующий вид:

$$y^*(t) = A_t^* \vec{x}(s) = M\{y(t)/\vec{x}(t-\tau)\}. \quad (24)$$

Из уравнений (23) и (24) видно, что оптимальную оценку оператора A_t по критерию минимума среднего квадрата ошибки в классе всех возможных операторов дает условное математическое ожидание выходной переменной относительно вектора входных переменных. Другими словами, построив по опытным данным *множественную* регрессию $y(t)$ относительно вектора $\vec{x}(t)$, найдем оптимальный оператор познаваемого объекта в указанном смысле.

Для многомерного познаваемого объекта, представленного на рис. 2, задача познания может быть сформулирована аналогичным образом: по результатам эксперимента необходимо найти оптимальную в каком-либо смысле оценку оператора познаваемого объекта A_t^* . При этом накладывается требование близости оценки A_t^* истинному значению A_t в смысле какого-либо критерия, т. е. должно быть выполнено требование близости векторной случайной функции на выходе модели $\vec{y}^*(t)$

$$\vec{y}^*(t) = A_t^* \{x_1(s), \dots, x_n(s)\} = A_t^* \vec{x}(s) \quad (25)$$

к векторной выходной переменной объекта $y(t)$.

Для определения оптимального оператора по критерию минимума среднего квадрата ошибки в этом случае функция потерь принимает вид:

$$\rho[y(t), y^*(t)] = \sum_i w_i [y_i(t) - y_i^*(t)]^2. \quad (26)$$

где веса w_i определяются значимостью каждой из выходных переменных $y_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots, m$).

Для выполнения условия (21) в этом случае достаточно, чтобы

$$M \{ \rho[y_i(t), y_i^*(t) / x_1(s), \dots, x_n(s)] \} = \min, \quad (27)$$

т. е. достаточно минимума математического ожидания функции $\rho[y_i(t), y_i^*(t)]$ при фиксированных реализациях случайных функций $x_1(t), \dots, x_n(t)$.

Оптимальную оценку оператора A_t по критерию минимума среднего квадрата ошибки и в этом случае получим из множественной регрессии рассматриваемой выходной переменной $y_i(t)$ относительно выходных переменных $x_1(t), \dots, x_n(t)$:

$$y^*_{:i}(t) = A^*_{:i} \{x_1(s), \dots, x_n(s)\} = M\{y_i(t)/x_1(s), \dots, x_n(s)\} = M\{y_i(t)/\vec{x}(s)\}. \quad (28)$$

Соотношение (28) дает возможность получить наилучшую в смысле минимума среднего квадрата ошибки оценку оператора A_i для любого числа входных переменных в классе всех возможных операторов.

Если ограничиться классом линейных операторов, то для определения оптимальных оценок оператора A_t по критерию минимума среднего квадрата ошибки уравнение (23) может быть представлено в виде системы уравнений, включающих корреляционные и взаимные корреляционные функции рассматриваемых переменных. Для весовых функций система уравнений примет вид:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k=1}^n \int_{t-T}^t g_k(t, s) K_{x_1 x_k}(s, v) ds &= K_{y x_1}(t, v), \\ \dots\dots\dots \\ \sum_{k=1}^n \int_{t-T}^t g_k(t, s) K_{x_n x_k}(s, v) ds &= K_{y x_n}(t, v). \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

где $K_{x_n x_k}$ — автокорреляционные, а $K_{y x_k}$ и $K_{x_k x_j}$ — взаимные корреляционные функции соответствующих входных и выходных переменных.

Из уравнения (29) аналогично (18) легко получить систему уравнений для стационарного случая, когда $y(t)$ и $x_1(s), \dots, x_n(s)$ являются стационарными и стационарно связанными случайными функциями:

$$\varphi(y_t) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(y_t/x_s) \varphi(x_s) dx_s. \quad (37)$$

В случае познания объекта с использованием опытных данных, т. е. по реализациям выходной $y(t)$ и входной $x(t)$ переменных, будем строить соответствующие оценки плотностей распределения $\varphi(y_t)$ и $\varphi(x_s)$ и решение интегрального уравнения (37) даст оценку условной плотности $\varphi(y_t/x_s)$, которую обозначим через $\varphi^*(y_t/x_s)$. Как и выше, будем требовать близости оценки $\varphi^*(y_t/x_s)$ к истинному значению $\varphi(y_t/x_s)$ в смысле некоторого критерия. Речь идет о выполнении требования близости одномерной плотности вероятности выходной переменной модели $\varphi^*(y_t)$ к одномерной плотности вероятности выходной переменной объекта $\varphi(y_t)$. Для решения задачи познания введем функцию $\rho[\varphi(y_t), \varphi^*(y_t)]$ и на ее математическое ожидание наложим требование минимума

$$M\{\rho[\varphi(y_t), \varphi^*(y_t)]\} = \min \quad (38)$$

и в этом смысле будем понимать близость $\varphi^*(y_t/x_s)$ к $\varphi(y_t/x_s)$. Для решения задач познания будем принимать

$$\rho[\varphi(y_t), \varphi^*(y_t)] = \sum_{i=1}^k \frac{(p_i^* - p_i)^2}{p_i}, \quad (39)$$

т. е. взвешенную сумму квадратов отклонений эмпирических значений вероятностей p_i^* от теоретических p_i и использовать для этой цели χ^2 распределение. Решение задачи определения оптимальной оценки общей характеристики познаваемого объекта $\varphi(y_t/x_s)$ можно также рассматривать при помощи функции $\rho[F(y_t), F'(y_t)]$, зависящей от функций распределения выходной переменной познаваемого объекта и его модели. С целью использования критериев Колмогорова — Смирнова примем

$$\rho[F(y_t), F'(y_t)] = \sup_{x < \infty} |F^*(x) - F(x)|. \quad (40)$$

Как указывалось, выбор функции ρ зависит от принятого критерия. Для решения некоторых задач определения динамических характеристик познаваемого объекта нахождение оптимального оператора можно производить по критерию минимума среднего квадрата отклонения корреляционных функций выходных переменных модели и объекта.

6.3.3. Геометрическая интерпретация задачи познания объектов

Пусть множество A объектов X состоит из двух групп объектов $A = A_1 \cup A_2$, причем $A_1 \cap A_2$ в общем случае не пусто (рис. 3).

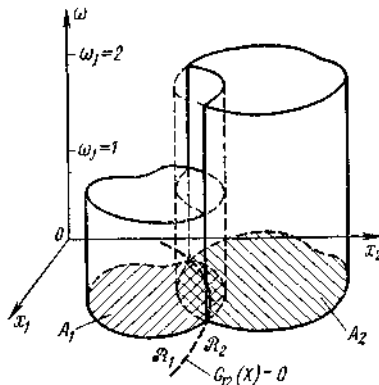
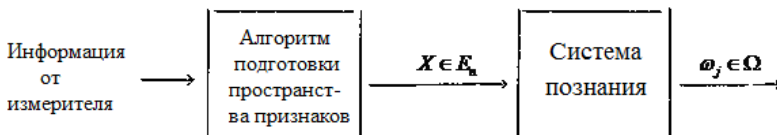


Рис.3.

Объект X имеет описание $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Тогда система познания, осуществляющая заданную классификацию, может быть представлена в виде модели, блок-схема которой имеет вид



Входное устройство вырабатывает описание объекта X по некоторому алгоритму подготовки пространства признаков, а затем алгоритм, реализующий процедуру принятия решения, определяет, к какому классу ω_j принадлежит познаваемый объект.

Пусть описанию объекта X в n -мерном евклидовом пространстве E_n соответствует точка $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ или вектор $X = x_1 e_1 + x_2 e_2 + \dots + x_n e_n$. Рассмотрим работу классификатора при $n=2$ (рис. 3). Система, реализующая классификатор, должна по описанию объекта $X(x_1, x_2)$ определить, к какому классу он относится. Тем самым классификатор должен реализовать отображение исходного пространства признаков, определенного на множестве A , в пространство решений Ω . Пусть

некоторая поверхность $G_{12}(X) = 0$ (нелинейная, многомерная в общем случае) отделяет друг от друга подмножества множества A . Эта поверхность называется *разделяющей поверхностью*. Получившиеся в $E_2 \ni X$ подобласти $\mathcal{R}_1$ и $\mathcal{R}_2$ называются *областями решений*. При оптимальном (в определенном смысле) проведении разделяющей поверхности область решения $\mathcal{R}_1$ включает в себя все точки («большинство» точек) первого класса (A_1) и в ней отсутствуют точки (находится «минимум» точек) второго класса.

Для определения разделяющей поверхности вводится понятие функции принадлежности к классу, или *дискриминантной функции*. Функции принадлежности $g_j(x_1, x_2, \dots, x_n)$ к классам A_j ($j=1, 2, \dots, J$) обладают свойством

$$g_i(X) < g_j(X), \text{ если } X \in A_i (j=1, \dots, J, j \neq i, \forall i \in \{J\}).$$

Уравнение поверхности, разделяющей i -й и j -й классы, имеет вид (рис. 4)

$$G_{ij}(X) = g_i(X) - g_j(X) = 0, \text{ или } G_{ij}(X) = 0. \quad (*)$$

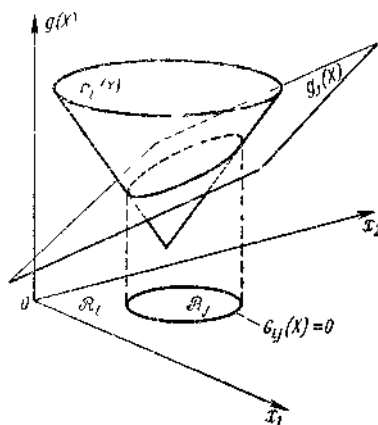


Рис. 4.

Решающая функция $C_{ij}(X)$, согласно (*), отрицательна в области решений i -го класса и положительна в области решения i -го класса. Точки, в которых $G(X)=0$, будем считать не принадлежащими ни первому, ни второму классам.

Если необходимо классифицировать не два, а более (J) классов, задача может быть сведена к построению $J - 1$ *дихотомии*, т. е. разбиению классов на две группы. Например, сначала находится разделяющая

поверхность для первого класса и всех остальных классов, затем для второго класса и всех остальных и т. д.

Нами сформулирована общая задача познания и приведены основные уравнения для исследования линейных познаваемых объектов.

6.3.4. Решение задач познания

Только при полном понимании задач можно найти соответствующие способы их решения. Для результатов важнее поставить правильные вопросы, чем правильно ответить на ошибочные.

К. Норберг-Шульц

С понятием решения задач познания связано три вопроса о его смысле и существенности:

1. Можно ли выделить задачи познания в особый и хорошо определенный класс задач?
2. Может ли класс задач познания быть описан операционно, чтобы стало возможным создание доступной методологии решения задач этого класса?
3. Имеет ли класс задач познания достаточное практическое значение, чтобы оправдать работы по развитию методологии решения задач познания?

На все эти вопросы можно ответить положительно. Как уже говорилось ранее, понятие общих объектов познания как стандартных представителей практически важных классов эквивалентности объектов познания естественным образом возникает из двумерной классификации объектов познания, приведенной ранее. Хотя и совершенно ясно, что общие объекты познания бесконечно разнообразны, это разнообразие может быть адекватно охвачено *конечным числом типов общих объектов познания*, каждый из которых характеризуется определенным эпистемологическим уровнем и конечным набором соответствующих и существенных методологических отличий.

Поскольку существенные типы общих объектов познания определены, постольку они образуют пространство, на котором можно определить типы задач познания. Это пространство будем называть *пространством задач познания*. Любой тип задач познания определяется в

терминах упорядоченных связей между двумя типами объектов познания — начальным и конечным, а также набором типов требований, совместимых с типами этих объектов познания.

Для конкретных задач познания эти требования могут быть целями или ограничениями. Хотя разнообразие реальных требований, предъявляемых к непустому пространству задач познания, бесконечно, они могут быть адекватно представлены конечным числом типов. Таким образом, любой тип задач познания характеризуется типами двух рассматриваемых объектов познания и конечным набором определенных типов требований.

Задача познания определенного типа станет конкретной, если заданы конкретные требования для всех типов и в зависимости от типов требований заданы конкретный исходный объект познания определенного типа или объекты познания обоих определенных типов. В первом случае начальный объект познания представляет собой начальное состояние задачи познания. Решение задачи познания (целевое состояние задачи познания) представляет собой один (или более) конкретный конечный объект познания требуемого типа. Во втором случае начальное состояние задачи познания представляется двумя конкретными объектами познания, а решением является некоторое отношение между ними.

Из такой характеристики задач объект познания следует, что они и в самом деле образуют особый и хорошо определенный класс общих задач познания. Тот факт, что бесконечное разнообразие этих задач познания сводимо к конечному числу хорошо определенных типов задач познания, делает безусловно возможным создание методологии решения данного класса задач познания. Таким образом, на первые два наших вопроса можно, очевидно, ответить положительно. Третий вопрос требует дополнительного обсуждения.

Решение задач познания сводится к решению задач познания, состояния которых представлены общими объектами познания хорошо определенного типа. Тем самым, рассматриваются только те аспекты задач познания, которые свободно интерпретируются и не зависят от контекста. Таким образом, применение методологии решения задач познания основано на допущении, что из конкретных задач познания могут быть выделены свободно интерпретируемые и контекстно независимые задачи познания.

Имеет ли смысл и нужно ли делить задачи познания таким образом? Да, это так. В самом деле, используем же мы это деление при решении простых повседневных задач, применяя, например, арифметику. Б. Зиглер очень хорошо формулирует это в предисловии к своей книге:

«Ни у кого не вызывает сомнения роль арифметики в науке, технике и управлении. Арифметика проникла повсюду, но при этом она является математической дисциплиной с собственными аксиомами и логической структурой. Ее содержание не принадлежит никакой другой дисциплине, но ее ко всем можно применить. Так, студентов биологов и студентов-инженеров учат сложению одинаково, различие состоит в том, что, когда и затем складывать. На практике моделирование и имитация также проникли во все области. Однако они имеют собственные подходы к описанию модели, ее упрощению, обоснованию, имитации, изучению, и эти подходы принадлежат только данной конкретной дисциплине. С этими утверждениями согласятся все. Никто, однако, не будет утверждать, что названные подходы можно выделить и абстрагировать в общепринятом виде».

Хотя Зиглер говорит о моделировании и имитации, его наблюдения равным образом применимы и к другим классам задач, таким, как проектирование систем, их анализ, идентификация, реконструкция, управление, оценка производительности, тестирование и т. д. Для многих подзадач этих задач могут быть созданы тонкие методы решения в терминах соответствующих общих систем, т. е. не связанные определенной интерпретацией или контекстом. Подобные методы значительно повышают эффективность и унифицируют процесс решения сложных задач точно так же, как арифметика облегчает решение очень простых задач.

Назовем концептуальную схему, в которой типы задач познания определены совместно с методами решения задач этих типов, *обобщенным решателем задач познания* (ОРЗП).

При решении задач познания в различных контекстах, связанных с разными традиционными областями науки, техники, медицины и т. д., а также в междисциплинарных исследованиях ОРЗП должен рассматриваться в первую очередь как методологическое средство, предположительно использующее вычислительную технику. Располагая этим средством, можно обращаться к его услугам всякий раз, когда в процессе решения какой-то проблемы познания возникает необходимость решения задач познания.

На рис. 5 показана роль ОРЗП как средства научного исследования в различных областях науки. В работе ОРЗП можно выделить два уровня операций.

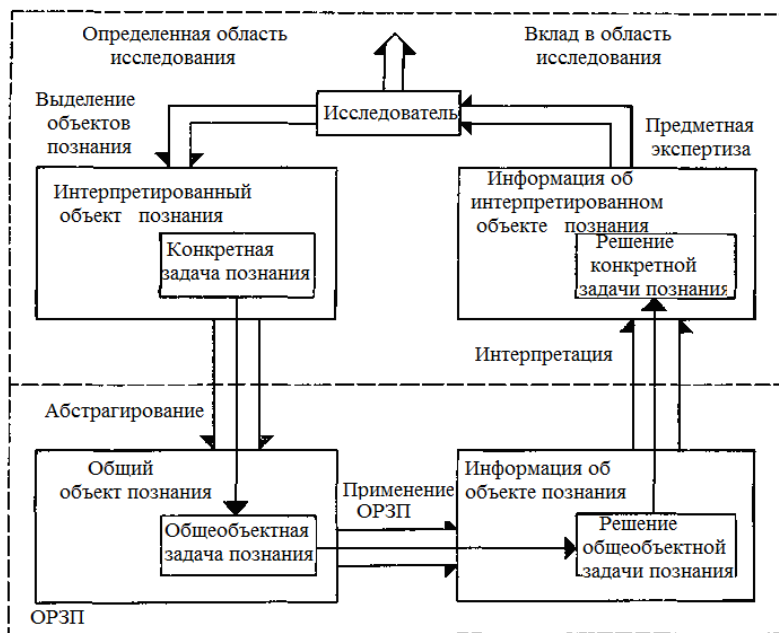


Рис.5. Роль ОРЗП как методологического средства

1. (Представлен внутренними прямоугольниками). Исследователь достаточно знаком с базовым языком ОРЗП, чтобы сформулировать интерпретацию своей задачи в виде задачи познания. В этом случае исследователь или пользователь сам определяет интерпретированную задачу познания в терминах ОРЗП (как будет описано ниже), а ОРЗП решает задачу познания и отображает решение в термины интерпретированного объекта познания. Подобная ситуация также возникает, если необходимо разработать процедуры, имеющие вид простых вопросов, задаваемых пользователю. Отвечая на эти вопросы пользователь определяет задачу познания, подходящую к данной ситуации.
2. (Внешние прямоугольники). Многие познавательные исследования достаточно сложны, так что исследователь может содержательно использовать больший объем информации, чем это требуется для решения определенной задачи познания. В этом случае также можно разработать процедуры, производящие преобразования из интерпретированного объекта познания в общий. Основываясь на информации, сопровождающей это преобразование, ОРЗП может

перевести новую информацию относительно общего объекта познания в термины интерпретированного объекта познания. Таким образом, исследователь может получить о нем новые сведения.

Использование ОРЗП или аналогичных разработок науки об объектах познания требует, следовательно, введения интерфейса между вовлеченными в исследования дисциплинами. Такой интерфейс состоит из двух альтернативных процессов — *абстрагирования* и *интерпретации*. В научных исследованиях использование этих процессов носит, вообще говоря, непрерывный и постоянный характер. Это важнейшее свойство науки хорошо выражено Дж. Сп. Брауном:

«Наука — это непрерывный живой процесс, ее содержание — это деятельность, а не данные. Наука отличается от просто данных, как преподаватель отличается от библиотеки... Научное знание, словно отрицательная энтропия, постоянно стремится к уменьшению. Мешает же ей превратиться в короткий эпизод только стремление бесконечно повторять эксперименты и проверять результаты... Наука это игра в значения: один игрок старается свести значительное к незначительному, задавая все новые вопросы, а другой стремится противопоставить этому натиску все новые эксперименты. Ученый, словно шахматист-энтузиаст, часто сам играет за обоих противников... Повторения научных результатов преследуют две цели: во-первых, они препятствуют возникновению новых вопросов, стремящихся приуменьшить значимость результатов, во-вторых, каждое успешное повторение увеличивает значимость, которую такой вопрос мог сократить. Таким образом, происходит состязание между вопросами и результатами».

Схема на рис. 5 подходит не только для науки. Она с успехом может быть применена в технике, медицине или управлении. Хотя задачи в этих областях (т. е. проектирование систем, их тестирование, диагностика, принятие решений и т. д.) отличаются от задач, возникающих при научном исследовании, роль ОРЗП в оказании помощи пользователю при решении системных подзадач по существу остается той же.

Решение задач познания, как оно представляется в ОРЗП, возможно только в сочетании с традиционными методами науки или других областей, где общие задачи возникают в специфических контекстах. ОРЗП, для того чтобы оказаться практически полезным, должен охватывать как можно более широкий класс задач познания, в особенности задачи познания, являющиеся общими для многих дисциплин. Следовательно, концептуальная схема ОРЗП должна быть получена абстрагированием и организацией понятий познания и задач

познания из как можно большего числа дисциплин и приложением этой схемы, когда это нужно, к новым понятиям и задачам с целью образования единого целого.

Настоящую версию ОРЗП, так же как и любую из его будущих версий, не следует рассматривать как окончательную. Если принята определенная структура, то всегда имеется вероятность, что в процессе использования ОРЗП мы рано или поздно обнаружим новые понятия познания и задачи познания, неукладывающиеся в эту структуру. И хотя некоторые из них окажутся слишком специализированными, другие могут иметь настолько широкое применение, что будет оправданным их включение в эту структуру и разработка соответствующих методов. Таким образом, ОРЗП развивается во взаимодействии с пользователями, а сфера его применения в процессе развития непрерывно расширяется. С этой точки зрения ОРЗП можно рассматривать и как действующую программу исследований.

Итак, можно заключить, что задачи познания — это содержательные подзадачи познания общих задач познания, возникающих в традиционных дисциплинах науки и других областях человеческой деятельности, что эти подзадачи познания могут быть описаны операционально, и что методология их решения представляет большие возможности как для задач традиционных дисциплин, так и для междисциплинарных задач.

6.3.5. Архитектура решения задач познания

*Хорошая архитектура должна быть
отражением самой жизни, что
означает глубокое понимание
биологических, социальных, технических
и художественных вопросов.*

В. Гропиус

Хотя и совершенно ясно, что решение задач познания бесконечно разнообразно, становится все понятнее, что это бесконечное разнообразие может быть достаточно полно представлено конечным набором задач познания. Этот набор взаимосвязанных задач познания получается в результате применения нескольких фундаментальных принципов, согласно которым классифицируются и организуются объекты познания.

Решение задач познания может изучаться и развиваться на разных уровнях обобщения и детализации. На самом высоком уровне

общности основное внимание уделяется разработке практически важных принципов организации объектов познания и выработке общего взгляда на процессы решения задач познания. Такие общие аспекты решения задач будем познания называть *архитектурой решения задач познания*.

Архитектура — это одна из самых древних профессий. В самом деле, уже в Древней Греции 2000 лет назад она была прекрасно развита и считалась самостоятельной профессией. Одним из лучших описаний архитектуры остается знаменитая книга «Об архитектуре» древнеримского архитектора и инженера I в. до нашей эры Марка Витрувия Поллиона. Следующий отрывок из этой книги хорошо выражает его взгляды:

«Архитектор должен обладать знанием многих областей науки и разного рода ученостью, так как его суждением проверяются все создания других искусств. Это знание — дитя практики и теории».

В своей долгой и увлекательной истории архитектура ассоциировалась почти исключительно с проектированием зданий. Только совсем недавно было показано, что некоторые общие принципы архитектуры относятся не только к проектированию зданий, но равным образом существенны и в других областях проектирования.

Необходимость использования приемов архитектуры при проектировании вычислительных машин была осознана в начале 60-х гг. Сам термин «компьютерная архитектура» был, кажется, введен Ф. Бруксом в связи с разработкой компьютера STRETCH фирмы IBM. В статье «Архитектурная философия» он вводит следующее определение:

«Компьютерная архитектура, как и всякая другая архитектура, это искусство определения требований пользователя к структуре, а затем проектирование таким образом, чтобы она как можно полнее соответствовала этим требованиям при заданных экономических и техникологических ограничениях».

Этот подход к компьютерной архитектуре, возникший из опыта проектирования ЭВМ STRETCH был последовательно выдержан при создании IBM System/360 — семейства одинаково спроектированных взаимно совместимых ЭВМ, отражавших как требования пользователей, так и экономические и технологические возможности. Результат этого подхода к проектированию компьютеров излагается в статье «Архитектура IBM System/360», написанной архитекторами этой серии машин Амдалем, Блау и Бруксом.

Вскоре после этого компьютерная архитектура стала считаться важной частью компьютерного проекта. Теперь она изучается в любом

семинаре по информатике и вычислительной технике и хорошо описана в литературе.

Признание компьютерной архитектуры было первым шагом в расширении понятия архитектуры за традиционные рамки ее понимания как архитектуры зданий. В данной работе делается еще один шаг, распространяющий понятие архитектуры на все объекты познания. Подобное обобщение предлагается не впервые. Так, например, еще в 1962 г. Г. Саймон рассматривал подобную идею, называя ее «архитектурой сложности». Г. Земанек постоянно доказывал важность обобщения понятия архитектуры на все системы и ввел такие названия, как обобщенная архитектур и абстрактная архитектура. Подобного же мнения придерживается Дж. Таунер в своей книге «Архитектура знания». Однако ни одно из этих предложений не относится к решению задач познания. В этом смысле данная работа является единственной в своем роде.

Настоящая тенденция к расширению сферы архитектуры за рамки ее традиционной области — строительства зданий (и, возможно, других родственных сооружений вроде мостов и кораблей) не противоречит общепринятому и приведенному в словарях определению архитектуры. Например, в *Оксфордском словаре английского языка* архитектура определяется как «искусство или наука построения или конструирования любых сооружений для нужд людей», как «действие или процесс построения» или как «здание или сооружение». Таким образом, можно видеть, что, во-первых, термин «архитектура» имеет три разных толкования: определенная дисциплина, определенный тип человеческой деятельности и определенный результат этой деятельности, и, во-вторых, во всех трех толкованиях архитектура понимается не только как архитектура зданий.

Из определения, приведенного в толковом словаре, можно легко выделить две ключевые характеристики архитектуры: 1) архитектура связана с проектированием, конструированием, построением и т. п., т. е. с процессами создания искусственных объектов; 2) она имеет дело с использованием созданных объектов человеком. Рассмотрим характеристики подробнее.

Хотя архитектура и ориентирована на проектирование, конструирование и построение, полностью все эти виды деятельности она не охватывает. Таким образом, архитектор является проектировщиком, работа которого завершается другими людьми. Его роль состоит в наблюдении за проектом на глобальном уровне; он занимается аспектами проекта, включающими любые интерфейсы с пользователем. В хорошем архитектурном проекте другие вопросы, не

интересные с точки зрения пользователя, должны оставаться открытыми. Однако архитектор обязан учитывать возможности технологии и экономические ограничения, чтобы быть уверенным, что его архитектурный проект может быть реализован без значительных затруднений.

Архитектурное проектирование предназначено для подготовки общих спецификаций, определяемых нуждами и пожеланиями пользователя и используемых на этапах проектирования и конструирования. Таким образом, первая задача архитектора при создании проекта — это определение реальных потребностей и пожеланий пользователя. Эта задача прекрасно сформулирована французским архитектором Ж. Гюде: **«Архитектор прежде всего должен определять содержание, из которого он может затем извлечь форму».**

В хорошем архитектурном проекте многие детали будущей конструкции остаются непроработанными, оставляя достаточно свободы для дальнейшего проектирования и конструирования, но в нем имеются все спецификации существенных для пользователя характеристик. В этом смысле он представляет собой общее описание будущей конструкции, сделанное с определенного расстояния. Хорошего архитектора более чем что-либо другое отличает именно эта способность выбирать нужное отдаление, с которого хорошо различимы все существенные для пользователя свойства, но в то же время не видны остальные. Более поэтически эту точку зрения выражает следующий отрывок из книги «Дао Дэ Цзин» знаменитого китайского философа Лао Цзы (VI в. до н. э.):

«Находящееся в бесконечном движении не достигает предела. Не достигая предела оно возвращается к своему истоку».

Итог нашим замечаниям можно подвести с помощью следующей цитаты из Г. Земанека:

«Архитектурное проектирование — это проектирование сверху вниз, определяющее каждую деталь как функцию целого. С этой точки зрения архитектурное проектирование дополняет формальное определение: определить детали по общей структуре можно только в том случае, если метод описания позволяет совершенно свободно опускать детали и говорить о желаемых свойствах системы в целом до начала любой работы по объединению частей сооружения».

По Г. Блау, одному из архитекторов IBM System/360, в проекте любой системы можно выделить три характерных уровня: **архитектура, исполнение и реализация.** *Архитектура* системы — это функциональное проявление системы с точки зрения пользователя; под *исполнением* понимается логическое описание внутренней структуры,

делающей возможным осуществление этих функций; *реализация* — это физическое воплощение исполнения.

В хорошей архитектуре выдерживаются некоторые общепринятые принципы. Они четко изложены в статье Блаау. Приведем перечень этих принципов из данной статьи:

1. *Согласованность*. Хорошая архитектура согласована, т. е. частично знание системы позволяет предсказать остальное.
2. *Ортогональность*. Этот принцип требует, чтобы функции были независимы друг от друга и специфицированы по отдельности.
3. *Соответственность*. Согласно этому принципу следует включать в архитектуру только те функции, которые соответствуют существенным требованиям к системе, другими словами, в хорошей архитектуре нет ненужных функций.
4. *Экономность*. Никакая функция в описании архитектуры не должна в том или ином виде дублировать другую.
5. *Прозрачность*. Функции, найденные в процессе исполнения, должны быть известны пользователю.
6. *Общность*. Если функция должна быть введена, ее следует вводить в таком виде, чтобы она отвечала как можно большему числу назначений.
7. *Открытость*. Пользователю должно быть позволено использовать функцию иначе, чем это предполагалось при проектировании.
8. *Полнота*. Введенные функции должны с учетом экономических и технологических ограничений как можно полнее соответствовать требованиям и пожеланиям пользователя.

Архитектура решения задач познания должна соответствовать основным целям и принципам любой архитектуры, как это описано в данном разделе. Прежде всего, эта архитектура должна быть ориентирована на пользователя, т. е. должна охватывать все типы задач познания, с которыми будет работать предполагаемый пользователь. Хотя представление об этом пользователе должно быть как можно более широким, в первую очередь она ориентирована на ученых, инженеров и других специалистов. Различные типы задач познания определены, исходя преимущественно из тех задач познания, которые возникают в разных областях науки и техники, а также в таких областях, как медицина, управление или право.

На архитектурном уровне решение задач познания должно рассматриваться и описываться с определенной дистанции, позволяющей, не отвлекаясь на детали, распознать общую структуру. Реальный архитектурный проект для решения задач познания, вроде упомянутого в разд. 6.3.4 ОРЗП, должен разрабатываться сверху вниз и

отражать различные принципы хорошей архитектуры. Этот подход описан в настоящей работе. Что касается исполнения ОРЗП, то в этой работе рассматриваются только те его аспекты, которые непосредственно связаны с эпистемологическими существенными задачами познания, базирующимися на очень общих методологических отличиях.

В заключение отметим, что с точки зрения А.Кононюка «общая теория познания — это логико-математическая область, задачей которой является формулирование и вывод таких общих принципов, которые применимы ко всем научным областям (дисциплинам)». Для организации исследований в области теории познания на современном уровне желательно создать Общество научных «познавателей», члены которого должны быть организаторами и активными участниками в реализации следующих целей:

1. Изучение изоморфности концепций, законов и моделей в различных областях и оказание помощи в перенесении их из общей области в другую.
2. Стимулирование разработки адекватных теоретических моделей в областях, их не имеющих.
3. Минимизация дублирования теоретических усилий в разных областях.
4. Содействие единству науки за счет совершенствования общения между специалистами различных научных областей (дисциплин, направлений).

Будем рассматривать общую теорию познания как некий уровень теоретического построения моделей, лежащий где-то между высоко обобщенными конструкциями чистой математики и конкретными теориями специальных дисциплин. С ледует сформулировать и развить математические теории познания высокого уровня общности. Одна из теорий познания может основывается на предположении, что любой объект познания можно представить в виде отношения, определенного на семействе множеств. Затем для изучения некоторых конкретных свойств объектов познания разными способами необходимо ввести дополнительные математические структуры.

6.3.6. Задачи обучения в теории познания

Математическая постановка задачи обучения. *Обучение системы познания* есть процесс построения решающей функции, соответствующей минимальному числу неправильно классифицируемых объектов познания. Пусть каждый класс

ω_j ($j=1, \dots, J$) характеризуется n -мерной функцией плотности распределения вероятности вектора $X \in E_n$, $f(X/\omega_j)$ и вероятностью $P(\omega_j)$ появления ω_j . Процесс построения наилучшего в смысле некоторого критерия оптимальности классификатора осуществляется на основе априорной (и текущей) информации об $f(X/\omega_j)$ и $P(\omega_j)$. Задача классификации объектов объект познания теперь может быть сформулирована в виде задачи теории статистических решений (испытания J статистических гипотез) с помощью определения решающей функции $d(X)$, причем $d(X)=d_j$ означает, что принимается гипотеза H_j : $X \sim \omega_j$.

Предположим, что принятие классификатором решения d_i , когда в действительности вектор на входе принадлежит ω_j , приводит к потере $L(\omega_j, d_i)$. Величина условных потерь (называемая также *условным риском*) для $X \sim \omega_j$ выражается уравнением

$$r(\omega_j, d) = \int_{X_Q} L(\omega_j, d) f(X/\omega_j) dX. \quad (1)$$

Для данного множества априорных вероятностей появления классов $P = \{P(\omega_1), P(\omega_2), \dots, P(\omega_J)\}$ средние потери (средний риск) будут

$$R(P, d) = \sum_{j=1}^J P(\omega_j) r(\omega_j, d). \quad (2)$$

Полагая

$$r_X(P, d) = \frac{\sum_{j=1}^J L(\omega_j, d) P(\omega_j) f(X/\omega_j)}{f(X)} \quad (3)$$

и подставляя (1) в (2), получаем для (2)

$$R(P, d) = \int_{X_Q} f(X) r_X(P, d) dX. \quad (4)$$

Величина $r_X(P, d)$ определяется как апостериорный условный средний риск решения d при данных значениях компонент случайного вектора X . Задача познания заключается в выборе такого решения d_j ($j=1, \dots, J$), которое минимизирует средний риск $R(P, d)$ или минимизирует максимум условного риска $r(\omega_j, d)$ (критерий минимакса). Заметим, что в некоторых задачах познания информация об априорных вероятностях $P(\omega_j)$ отсутствует. В этом случае целесообразно построить алгоритм классификации на основе минимаксного критерия по отношению к наименее благоприятному априорному распределению.

Оптимальное решающее правило минимизации среднего риска называется *байесовым правилом*. Из (4) следует, что достаточно рассмотреть каждый X в отдельности и минимизировать $r_X(P, d)$. Если d^* является оптимальным решением в смысле минимума среднего риска, то

$$r_X(P, d^*) \leq r_X(P, d), \quad (5)$$

т. е.

$$\sum_{j=1}^J L(\omega_j, d^*) P(\omega_j) f(X/\omega_j) \leq \sum_{j=1}^J L(\omega_j, d) P(\omega_j) f(X/\omega_j). \quad (6)$$

Для функции потерь

$$L(\omega_j, d_i) = 1 - \delta_{ji} = \begin{cases} 0, & i = j, \\ 1 & i \neq j \end{cases} \quad (7)$$

средний риск, по существу, является также вероятностью ложного познания. В этом случае байесово решающее правило дает оптимальное решение

$$d_j = d^* \text{ т. е. } X \sim \omega_j \quad (8)$$

если

$$P(\omega_j) f(X/\omega_j) \geq P(\omega_i) f(X/\omega_i) (\forall i = 1, \dots, J). \quad (9)$$

Определим отношение правдоподобия между классами ω_j и ω_i следующим образом:

$$\lambda = \frac{f(X/\omega_j)}{f(X/\omega_i)}. \quad (10)$$

Тогда (8) примет вид

$$d^* = d_j, \text{ если } \lambda \geq \frac{P(\omega_i)}{P(\omega_j)} (\forall i = 1, \dots, J).$$

Классификатор, осуществляющий байесово решающее правило, называется *байесовым классификатором*.

В зависимости от уровня имеющейся априорной информации о функциях $f(X/\omega_j)$ байесов подход приводит к применению параметрических и непараметрических методов обучения. Параметрические методы сводятся к оценке в процессе обучения параметров функций распределения $f(X/\omega_j)$, вид которых задан априорно с точностью до неизвестных параметров. Применение непараметрических (адаптивных) методов обусловлено отсутствием при постановке задачи обучения априорной информации о $P(\omega_j)$ и о виде функций распределения векторов X по классам. В связи с этим адаптивный подход предполагает необходимость априорного задания

структуры системы познания (или класса решающих функций). В этом состоит основная особенность постановки задачи непараметрического обучения.

Построение оптимальных разделяющих поверхностей. Пусть известны функции плотности вероятности принадлежности описаний объектов познания из множеств A_1 и A_2 к классам

$$f(X/\omega_1) = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ и } f(X/\omega_2) = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Полагаем известными вероятности появления объектов познания из классов $p_1 = P(\omega_1)$ и $p_2 = P(\omega_2)$ и матрицу штрафов, т. е. потери $L(\omega_j, d)$:

$$L = W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Определим области решений, соответствующие минимуму среднего риска принятия гипотезы о принадлежности описания к классу. Средний риск R_{12} можно записать в виде

$$R_{12} = \int_{X_1} [p_1 w_{11} f_1(X) + p_2 w_{21} f_2(X)] dX + \\ + \int_{X_2} [p_2 w_{22} f_2(X) + p_1 w_{12} f_1(X)] dX, \quad (12)$$

где X_1 и X_2 — области решений первого и второго классов, причем

$$X_1 \cap X_2 = \emptyset.$$

Пусть Λ — произвольная область, $\Lambda \subset X_2$. Средний риск при измененных областях решений выражается суммой

$$R_{12} + \Delta_\Lambda R_{12} = \int_{X_1 \cup \Lambda} [p_1 w_{11} f_1(X) + p_2 w_{21} f_2(X)] dX + \\ + \int_{X_2 \setminus \Lambda} [p_2 w_{22} f_2(X) + p_1 w_{12} f_1(X)] dX. \quad (13)$$

Если X_1 и X_2 — области, соответствующие оптимальному решению, то приращение среднего риска $\Delta_\Lambda R_{12}$ должно быть неотрицательным:

$$\int_{\Lambda} [p_1 w_{11} f_1(X) + p_2 w_{21} f_2(X)] dX - \\ - \int_{\Lambda} [p_2 w_{22} f_2(x) + p_1 w_{12} f_1(X)] dX \geq 0.$$

Вследствие того, что Λ — произвольная область, полученное неравенство выполняется при условии

$$[p_1 w_{11} f_1(X) + p_2 w_{21} f_2(X)] - \quad (14)$$

$$- [p_2 w_{22} f_2(X) + p_1 w_{12} f_1(X)] \geq 0. \quad (15)$$

Рассматривая вариацию среднего риска при условии $\Lambda \subset X_1$, аналогично получаем

$$- [p_1 w_{11} f_1(X) + p_2 w_{21} f_2(X)] + \\ + [p_2 w_{22} f_2(X) + p_1 w_{12} f_1(X)] \geq 0. \quad (16)$$

Поверхность

$$[p_1 w_{11} f_1(X) + p_2 w_{21} f_2(X)] - \\ - [p_2 w_{22} f_2(X) + p_1 w_{12} f_1(X)] = 0 \quad (17)$$

делит пространство признаков (пространство изображений) на области X_1 и X_2 , соответствующие минимуму среднего риска. Полученное уравнение может быть записано в виде

$$\frac{f_1(x)}{f_2(x)} = \frac{p_2 w_{22} - p_2 w_{21}}{p_1 w_{11} - p_1 w_{12}}. \quad (18)$$

Обозначим правую часть уравнения через h . Тогда уравнение оптимальной разделяющей поверхности примет простой вид

$$f_1(X) - h f_2(X) = 0. \quad (19)$$

Значение порога h зависит от задания весов в матрице потерь (матрице штрафов). Пусть $w_{11} = w_{22} = 0$ и $w_{12} = w_{21} = 1$, что соответствует правилу Зигерта — Котельникова (или правилу идеального наблюдателя), тогда

$$h = \frac{p_2}{p_1}. \quad (20)$$

При таком выборе весов достигается минимум ошибочных решений. Если появление объектов познания из классов равновероятно, т. е. $p_1 = p_2$, то разделяющая поверхность определяется уравнением

$$f_1(X) - f_2(X) = 0. \quad (21)$$

В табл. 1 приведены некоторые правила и соответствующие им критерии оптимальности и значения порогов.

Таблица 1

Правила	Критерий оптимальности	Порог
Байеса	$\min r_{12}$ при $w_{11} = w_{22} = 0$	$\frac{w_{21}}{w_{12}} \frac{p_2}{p_1}$
Зигерта — Котельникова	$\min r_{12}$ при $w_{11} = w_{22} = 0$ $w_{21} = w_{12} = 1$	$\frac{p_2}{p_1}$
Максимума апостериорной вероятности	$\max_k P_k f_k(X), (k = 1, 2)$	$\frac{p_2}{p_1}$
Максимального правдоподобия	$\max_k f_k(X) (k = 1, 2)$	$\frac{h = 1, 1}{p_1 = p_2 = \frac{1}{2}}$

Рассмотрим конкретный пример определения оптимальной разделяющей поверхности, когда изображения в классах описываются n -мерными гауссовыми законами $f_1(X)$ и $f_2(X)$. Пусть $\bar{X}_1$ и $\bar{X}_2$ — математические ожидания, а $[\Sigma_1]$ и $[\Sigma_2]$ — матрицы ковариаций описаний первого и второго класса. Подставляя значения плотностей распределения изображений в классах в уравнение оптимальной разделяющей поверхности (19)

$$\frac{\frac{1}{V[2\pi]^n[\Sigma_1]} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (X - \bar{X}_1)^T [\Sigma_1]^{-1} (X - \bar{X}_1) \right\}}{\frac{1}{V(2\pi)^n[\Sigma_2]} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (X - \bar{X}_2)^T [\Sigma_2]^{-1} (X - \bar{X}_2) \right\}} = h, \quad (22)$$

а затем, логарифмируя это равенство

$$-\frac{1}{2} \ln [\Sigma_1] - \frac{1}{2} (X - \bar{X}_1)^T [\Sigma_1]^{-1} (X - \bar{X}_1) + \frac{1}{2} \ln [\Sigma_2] + \frac{1}{2} (X - \bar{X}_2)^T [\Sigma_2]^{-1} (X - \bar{X}_2) = \ln h, \quad (23)$$

получаем уравнение поверхности второго порядка. Следовательно, оптимальные разделяющие поверхности для нормальных распределений являются квадратичными.

В частном случае, когда ковариационные матрицы равны ($[\Sigma] = [\Sigma_1] = [\Sigma_2]$), уравнение разделяющей поверхности

$$2X^T [\Sigma]^{-1} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - \bar{X}_1^T [\Sigma]^{-1} \bar{X}_1 + \bar{X}_2^T [\Sigma]^{-1} \bar{X}_2 = \ln h^2 \quad (24)$$

описывает плоскость, перпендикулярную к отрезку, соединяющему средние $\bar{X}_1$ и $\bar{X}_2$. Если, кроме этого, $[\Sigma]$ — единичная матрица и $h=1$, что соответствует правилу максимального правдоподобия, то получаем уже знакомый нам классификатор по минимуму расстояния. На рис. 6 дана иллюстрация влияния соотношения дисперсий в классах на оптимальное положение порога при минимизации среднего риска в одномерном случае ($f_3(x)$ — нормальные законы распределения).

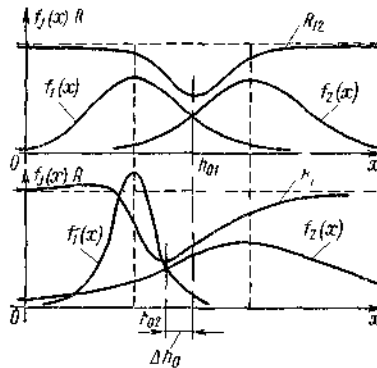


Рис. 6.

Случаи, показанные на рис. 6, отличаются лишь дисперсиями: коэффициенты матрицы потерь w_{ij} и априорные вероятности $P(\omega_{1,2})$ одни те же, причем $w_{11} = w_{22} = 0$, $w_{12} = w_{21} = 1$, $P(\omega_1) = P(\omega_2)$.

6.3.7. Формальная постановка задачи обучения познавателя

Задачу обучения можно формализовать по-разному. Далее в качестве основной формализации фигурирует *минимизация эмпирического риска*. Для сравнения используются формализации в терминах вероятностных моделей и соответствующие им методы обучения: байесовский, максимизации апостериорной вероятности и максимизации правдоподобия.

Имеется:

пространство (векторов) признаков X , точками которого кодируются объекты познания, например, d -мерное евклидово пространство $\mathbf{R}^d$;

пространство решений Y , точками которого кодируются результаты познания, например, q -мерное пространство $\mathbf{R}^q$.

пространство F познающих функций (познавателей) $f: X \rightarrow Y$, например, в случае евклидовых пространств X и Y , — непрерывных, дважды дифференцируемых, линейных, полиномиальных и т.п.;

пространство P распределений (вероятностных мер) на $X \times Y$, например, в случае евклидовых пространств X и Y — абсолютно непрерывных по мере Лебега, возможно еще и со всюду положительной и(или) гладкой плотностью, гауссовых смесей и т.п.. удовлетворяющих каким-то специфическим для задачи условиям:

функция штрафа $E: Y \times Y \times X \rightarrow \mathbf{R}$, называемая также функцией *ошибки, потеря, риски, loss function, error function, ...*, как правило, неотрицательная и равная 0 при совпадении первого параметра (прогнозируемого решения) и второго (истинного решения) и редко зависящая от третьего параметра (вектора признаков); например, в случае евклидова пространства Y применяется *квадратичный штраф* $E(r, y, x) = \|r - y\|^2$, а в случае дискретного пространства — так называемый *"0-1-штраф"*

$$E(r, y, x) = \begin{cases} 0 & \text{при } r = y; \\ 1 & \text{при } r \neq y; \end{cases}$$

далее будут рассматриваться только функции штрафа вида $E: Y \times Y \rightarrow \mathbf{R}$, от точки пространства признаков X не зависящие;

набор обучающих данных $T = \{(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)\}$, где $(x_i, y_i) \in Y \times Y$, которые считаются значениями независимых случайных величин с одним и тем же, но совершенно неизвестным, распределением $\pi \in P$.

Следует обратить внимание на то, что не требуется, чтобы по значению признаков x правильное решение y было определено однозначно. Определено лишь, хотя и неизвестно, зависящее от совместного распределения π и признаков x распределение $\pi(y|x)$ вероятностей правильного решения, в случае непрерывных распределений и непрерывного пространства решений имеющее плотность

$$p_{\pi, x}(y) = p_{\pi}(y|x) = \frac{p_{\pi}(x, y)}{p_{\pi}(x)} = \frac{p_{\pi}(x, y)}{\int_{y' \in Y} p_{\pi}(x, y') dy'}. \quad (1)$$

Требуется по X , Y , F , P , E и T построить познаватель $f \in F$, минимизирующий математическое ожидание штрафа $E_{\pi}(f)$

$$E_{\pi}(f) = \int_{(x, y) \in X \times Y} E(f(x), y, x) d\pi(x, y) \rightarrow \min_{f \in F}, \quad (2)$$

где $\pi \in P$, или при некоторых $\epsilon, \eta > 0$

$$\pi(\{(x, y) \in \mathcal{X} \times \mathcal{Y} | E(f(x), y, x) > \epsilon\}) < \eta. \quad (3)$$

Такая потребность выглядит не вполне реалистичной, поскольку про распределение x , от которого все зависит, почти ничего не известно и наоборот, известные обучающие данные T ни на что не влияют. На самом деле про π известно, что обучающие данные T являются случайными с распределением π , что позволяет методом Монте-Карло приблизить ожидание штрафа (2) суммой

$$\int_{(x, y) \in \mathcal{X} \times \mathcal{Y}} E(f(x), y, x) d\pi(x, y) \approx E(f, T) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(f(x_i), y_i, x_i), \quad (4)$$

называемой *средним штрафом обучения* или *средней ошибкой обучения (training error)*, *эмпирическим риском* и т.д.. Теперь можно попробовать подменить минимизацию интеграла $E_{\pi}(f)$ минимизацией этого приближения $E(f, T)$

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(f(x_i), y_i, x_i) \rightarrow \min_{f \in \mathcal{F}} \quad (5)$$

— задача вполне разрешимая при не слишком сложной функции штрафа E и несложном пространстве познавателей F .

Но следует понимать, что познаватель, полученный в результате обучения минимизацией штрафа (5) зависит от обучающего набора, а какие-либо оценки для приближения (4) справедливы для функций f , не зависящих от набора T . Ожидание штрафа (2) можно оценить, взяв *набор тестовых данных* $T' = ((x'_1, y'_1), \dots, (x'_{N'}, y'_{N'}))$, аналогичных обучающим и независимых от них, и посчитав для них *средний штраф тестирования (среднюю ошибку, test error)* $E(f, T')$. И если тестовые данные действительно независимы, то отклонение среднего штрафа тестирования $E(f, T')$ от его ожидания $E_{\pi}(f)$ можно оценить стандартными методами статистики. Результат будет достаточно плохим: $E(f, T') > E(f, T)$, особенно при большом пространстве познавателей и малом количестве обучающих векторов.

Казалось бы, чем больше пространство допустимых познавателей F , тем лучший познаватель в нем можно найти. Но только не описанным выше способом (5) минимизации средней ошибки обучения. Например, если допустимы познаватели, вычисляющие любой набор значений в любом наборе из N точек X , то ошибку обучения можно свести к нулю, обеспечив чтобы $f(x_i) = y_i$ для всех обучающих векторов (x_i, y_i) . Таких познавателей с нулевой ошибкой может быть много, какие из них действительно хорошие, а какие — плохие, остается только гадать. Крайний пример очень плохого, хотя и идеально обученного познавателя: познаватель f , такой что $f(x_i) = y_i$ и $f(x)$ принимает взятые

произвольно случайные значения при x вне обучающего набора. Познаватели, имеющие малую ошибку на обучающем наборе и большую вне его, называются неспособными к обобщению (результатов обучения) и достаточно бесполезны. Другое название неспособности познавателя к обобщению — *переобучение* (*overfitting*).

Проверить, насколько познаватель способен к обобщению, можно сравнив его среднюю ошибку при обучении со средней ошибкой на независимом тесте. Но хочется сразу организовать обучение так, чтобы получить хорошо обобщающий познаватель. Грубый способ состоит в том, чтобы очень сильно ограничить пространство допустимых познавателей: настолько сильно, чтобы плохих познавателей с малой ошибкой обучения в нем быть не могло. Например, когда пространства Y и F конечномерные топологические (в частности, евклидовы), полезно обеспечить, чтобы $\dim(F) < N\dim(Y)$, поскольку в ситуации общего положения коразмерность множества познавателей с нулевой ошибкой при обучении равна $N\dim(Y)$.

Можно рассматривать параметрическое семейство ограниченных подпространств пространства познавателей и экспериментально подбирать значение параметра, при котором обученный познаватель имеет достаточно малую среднюю ошибку на независимом тесте. На самом деле существенна не ограниченность подпространств, а ограничение на их *размерности* *Ванника-Червоненкиса* (*VC-dimension*), но в простых случаях метрической ограниченности тоже достаточно. Такой подход называется *структурной минимизацией риска* (*structural risk minimization*) с нетрадиционным использованием слова "структура" (**покрытие пространства расширяющейся последовательностью подпространств обычно называется не структурой, а фильтрацией**).

Например, пространство познающих деревьев естественно представимо в виде объединения подпространств, состоящих из деревьев с не более, чем K листьями. А для пространства познавателей F , параметризованных евклидовым пространством W (т.е. состоящего из познавателей вида $f(x)=F(w,x)$ для фиксированной функции $F : W \times X \rightarrow Y$ и параметра $w \in W$) в качестве подпространств можно брать шары с центром в нуле, то есть при обучении вместо задачи (5) решать семейство задач

$$\sum_{i=1}^N E(F(w, x_i), y_i) \rightarrow \min_{\|w\| \leq C}, \quad (6)$$

зависящих от параметра $C > 0$. Здесь и далее вместо средней ошибки (как в задаче (5)) минимизируется *суммарная ошибка обучения*, чтобы не возиться с множителем $\frac{1}{N}$.

Более эффективный на вид способ обучения состоит в том, чтобы не запрещать, а штрафовать. Например, можно пространство параметров познавателя W считать евклидовым (или банаховым, причем хоть бы и $\mathbf{R}^n$, но с неевклидовой нормой) и назначить штраф, пропорциональный норме параметра (или в более общем виде, какую-то непрерывную функцию ψ с компактными множествами подуровня $\{w | \psi(w) \leq C\}$), то есть при обучении вместо задачи (4) решать задачу

$$\psi(w) + E(F(w, \cdot), T) = \psi(w) + \sum_{i=1}^N E(F(w, x_i), y_i) \rightarrow \min_{w \in W}, \quad (7)$$

В общематематической науке такой способ решения обратных задач — минимизация функционала (7) вместо решения относительно w системы уравнений $F(w, x_i) = y_i$ — называется *регуляризацией* по Тихонову. В качестве функции штрафа можно взять норму $\psi(w) = \epsilon \|w\|$ или квадрат нормы $\psi(w) = \epsilon \|w\|^2$ с малым коэффициентом ϵ .

На самом деле множества решений задач (6) и, например,

$$\epsilon \|w\|^2 + \sum_{i=1}^N E(F(w, x_i), y_i) \rightarrow \min_{w \in W}. \quad (8)$$

для дифференцируемых по w функций штрафа $E(F(w, x), y)$ при всевозможных значениях параметров $C > 0$ и $\epsilon \geq 0$, соответственно, в точности совпадают. Это немедленно получается при применении к задаче (6) метода множителей Лагранжа.

Иногда можно теоретически найти функцию регуляризации ψ или, что проще, константу C , гарантирующую, что минимизация выражения (7) или, соответственно, (6) обеспечивает малость средней ошибки (2), но теоретические оценки слишком пессимистичны. Чаше берут простую функцию регуляризации (квадрат нормы параметра, количество листьев дерева и т.п.) с коэффициентом, который подбирают эмпирически. Для этого познаватель обучают при разных значениях коэффициента регуляризации на обучающем наборе T , оценивают среднюю ошибку на не пересекающемся с ним *оценочном наборе* (*validation set*, часто используется калька "валидационный набор") T'' и выбирают значение коэффициента регуляризации, минимизирующее эту ошибку. Найденный минимум ошибки уже не

является правильной оценкой средней ошибки познавателя, обученного при оптимальном значении коэффициента регуляризации, поскольку этот познаватель зависит и от обучающего набора T , и от оценочного набора T' : для несмещенной оценки средней ошибки нужен третий набор данных — тестовый

Этот метод подбора параметра совершенно не зависит от метода обучения познавателя. Например, так можно подбирать оптимальное число соседей k в методе k средних, которое тоже является в некотором

смысле параметром регуляризации, напоминающим $\frac{1}{\|w\|}$ для

линейных познавателей: чем больше k , тем меньше изменяется ответ познавателя при изменении признаков.

Когда обучающих данных мало и жалко отделять от них часть только для оценки коэффициента регуляризации, применяется метод *кросс-валидации*. k -кратная кросс-валидация состоит в том, что обучающий набор разделяют на k примерно равных частей, для каждого значения коэффициента регуляризации обучают k познавателей, каждый раз выбрасывая одну k -ую часть обучающего набора, оценивают среднюю ошибку каждого познавателя на выброшенной при его обучении k -й части, усредняют эти k оценок и минимизируют результат усреднения. Аналогичную процедуру можно применять и для тестирования (*кросс-тестирование*), хотя измеренная таким образом средняя ошибка тестирования будет относиться не к конкретному познавателю, а к способу обучения.

N -кратная кросс-валидация или кросс-тестирование на обучающем наборе длины N называется также *методам скользящего контроля* (*LOO, Leave-One-Out*). При этом обучается наибольшее число познавателей, т.е. это казалось бы, самый медленный способ. Но некоторые методы обучения познавателей позволяют переучивать их при замене всего лишь одного обучающего вектора гораздо быстрее, чем обучать с нуля.

Теорема 1. *Среднее арифметическое этих N ошибок является несмещенной оценкой для средней ошибки (2) на всем пространстве, усредненной по всем познавателям, обученным на $N - 1$ векторе.*

Доказательство состоит в расписывании (в одну строчку) четырех упомянутых усреднений (несмещенность оценки — это тоже некоторое утверждение про ее усреднение).

6.4. Модели знаний

Такие понятия как "интеллект", "интеллектуальность", у специалистов различного профиля (системного анализа, информатики, нейропсихологии, психологии, философии и др.) могут несколько различаться, причем это не несет в себе никакой опасности

Примем, не обсуждая ее положительные и отрицательные стороны, следующую "формулу интеллекта":

"Интеллект=цель+ факты + способы их применения",

или, в несколько более "математическом", формализованном виде:

"Интеллект = цель + аксиомы + правила вывода из аксиом".

При поиске наиболее удобных, рациональных средств и форм информационного обмена человек чаще всего сталкивается с проблемой компактного, однозначного и достаточно полного представления знаний.

Знания - система понятий и отношений для такого обмена. Можно условно классифицировать знания в предметной области на *понятийные, конструктивные, процедурные, фактографические знания и метазнания.*

Понятийные знания - набор понятий, используемых при решении данной задачи, например, в фундаментальных науках и теоретических областях наук, т.е. это **понятийный аппарат науки.**

Конструктивные знания - наборы структур, подсистем системы и взаимодействий между их элементами, например, в технике.

Процедурные знания - методы, процедуры (алгоритмы) их реализации и идентификации, например, в прикладных науках.

Фактографические - количественные и качественные характеристики объектов и явлений, например, в экспериментальных науках.

Метазнания - знания о порядке и правилах применения знаний (знания о знаниях).

Представление знаний есть процесс, конечная цель которого - представление информации (семантического смысла, значения) в виде информативных сообщений (синтаксических форм): фраз устной речи, предложений письменной речи, страниц книги, понятий справочника, объектов географической карты, мазков и персонажей картины и т.п.

Для этого необходимо пользоваться некоторой конструктивной системой правил для их представления и восприятия (прагматического смысла). Назовем такую систему правил **формализмом представления знаний**. Неформализуемые знания - это знания, получаемые с применением неизвестных (неформализуемых) правил, например, эвристик, интуиции, здравого смысла и принятия решений на их основе.

Человек пользуется естественным *формализмом* - языком, письменностью. Язык, языковые конструкции развиваются благодаря тому, что человеческие знания постоянно нуждаются в языковом представлении, выражении, сжатии, хранении, обмене. Мысль, которую нельзя выразить в языковой конструкции, не может быть включена в информационный обмен. Язык - форма *представления знаний*. Чем многообразнее язык народа, чем больше знаний он может отражать, тем богаче культура народа. В то же время, предложения и слова языка должны иметь однозначный семантический смысл. Особую роль играет **язык математики как язык наук** (не только точных, но и гуманитарных), формализации знаний, основа изложения системы знаний в естественных науках. Свой язык имеют химия, физика, экономика, информатика и т.д. Языки наук часто пересекаются и взаимообогащаются при исследовании междисциплинарных проблем.

Использование языковых систем и диалектов повышает надежность информационного обмена, снижая возможность неправильного истолкования передаваемой информации и уровень шумов в сообщениях. Главное назначение языка науки - создавать и использовать типовые, "стандартные" формы изложения, сжатия и хранения знаний, ликвидация полисемии (смысловой многозначности) естественного языка. Полисемия, обогащая естественный язык, делая

его богаче и выразительнее, тем не менее, является в информационном обмене источником семантического шума, смысловой неоднозначности, а часто - и алогичности, неалгебраичности.

Пример. Найдем и формализуем закономерность в последовательности 1, 10, 11, 100, 111, 1000, 1111, 10000, ... Из сравнения членов $A[i]$ ($i=1, 2, \dots$) последовательности, стоящих на четных местах и на нечетных местах, видно, что: 1) элемент на нечетном месте получается из элемента на предыдущем нечетном месте добавлением единицы справа к нему; 2) каждый элемент на четном месте получается из элемента на предыдущем четном месте добавлением справа к нему нуля. Это словесно описанное (неформализованное) правило можно записать на математическом языке, в аналитическом виде. Получим для случаев 1) и 2): $A[2n]=10A[2n-2]$, $A[2n-1]=10A[2n-1]+1$, $n=1, 2, \dots$. Можно записать формулу, объединяющую обе эти формулы: $A[2n+m]=10A[2n+n-2]+m$, где $m=0$ или $m=1$. Лучшая форма (с меньшей полисемией): $A[2n+\text{mod}(n, 2)] = 10A[2n+\text{mod}(n, 2)-2] + \text{mod}(n, 2)$.

Пример. Формализуем закон формирования последовательности: АВ, ААВ, АВВ, АААВ, АВВВ, ... Словесное описание правила имеет вид: к слову, стоящему на очередном нечетном месте, добавляется с конца символ "В", а к слову, стоящему на очередном четном месте слева, добавляется символ "А". "Формульная" запись правила: $X_{2n+1}=X_{2n-1}+B$, $X_{2n}=A+X_{2n-2}$, $n=1, 2, 3, \dots$. Здесь операция "+" означает конкатенацию (присоединение текста к тексту справа), а X_n - элемент последовательности на n -м месте. Одной из важных форм (методов) формализации знаний является их представление классом (классификация). **Классификация** - выделение некоторого критерия (некоторых критериев) распределения и группировка систем или процессов таким образом, что в одну группу попадают лишь те системы (процессы), которые удовлетворяют этому критерию (значению критерия). **Классификация** - это метод научной систематики, особенно важный на начальном этапе формирования базовых знаний научного направления. **Классификация**, установление эквивалентности объектов, систем позволяет решать такие важные задачи информатики как фиксация знаний, поиск по образцу, сравнение и др.

Пример. Такими системами являются классификационная система К. Линнея в ботанике, систематика живых организмов, таблица элементов Д. Менделеева, систематика экономических систем, механизмов, "табель о рангах", введенная Петром Первым в 1722 г. Эта табель подразделяла чины на 14 рангов. Каждому чину соответствовала определенная должность. Первые 6 рангов статской и придворной служб и первый обер-офицерский чин в армии давали право на получение потомственного дворянства, что способствовало формированию дворянской бюрократии. Таким образом, "табель о рангах" выполняла социально-экономическую *классификацию* определенной (определяющей) части общества, социально-экономическое стимулирующее упорядочивание.

Указанные выше классификационные системы - иерархические структуры (модели) *представления знаний*. Отдельные понятия, факты, *знания*, связаны между собой отношениями дедуктивного (от частного к общему), индуктивного (от общего к частному) или индуктивно-дедуктивного вывода и формализуются соответствующими формальными структурами: древовидными, морфологическими, реляционными и др.

Пример. Рассмотрим систему "Фирма". Опишем всех сотрудников фирмы в лексикографически упорядоченном списке с именем "Сотрудники", указывая табельный номер, ФИО, год рождения, образование, специальность, разряд, стаж работы. Этот список дает нам *знание* о коллективе, его возрастных и профессиональных качествах и др. Составим другой список - "Заработная плата", где укажем для каждого сотрудника условия оплаты, величину их заработка (стоимости единицы времени их работы). Этот список дает нам *знания* о системе оплаты фирмы, ее финансового состояния и др. Оба списка содержат необходимый объем *знаний* о трудовом коллективе, если цель исследования этой системы - начисление заработной платы. Здесь мы наблюдаем и древовидные, и морфологические, и реляционные модели *представления знаний*.

Для более строгой формализации (сложных и динамических) *знаний* в последнее время используют такой перспективный инструментарий, как *категории* и *функторы*. Впрочем, математическая сложность такого аппарата не дает применять его на первоначальных этапах формализации *знаний* и он чаще используется лишь тогда, когда *знания* получили достаточно полную математическую форму описания.

Появление и развитие объектно-ориентированных технологий и объектно-ориентированного проектирования, использующих близкие по духу идеи, тем не менее, актуализируют аппарат *категорий* и *функторов*, поэтому введем основные начальные понятия.

Категория $K = \langle S, M \rangle$ - это совокупность S элементов (компоненты, характеристики, параметры, свойства и другие параметры исследуемой системы), называемых объектами *категории*, и совокупность преобразований, *морфизмов* M - специального типа **преобразований**, которые позволяют **описывать (определять)**, например, эквивалентность, инвариантность и другие **свойства**. Объекты и морфизмы связаны между собой так, что:

1. каждой упорядоченной паре объектов $A, B \in S$ сопоставлено множество $M(A, B)$ морфизмов из M ;
2. каждый морфизм $m \in M$ принадлежит только одному из множеств $M(A, B)$;
3. в классе морфизмов M введен закон композиции морфизмов: произведение aob морфизма $a \in M(A, B)$ на морфизм $b \in M(B, C)$ определено и принадлежит $M(A, C)$ тогда и только тогда, когда объект $B \in S$ совпадает с объектом $C \in S$, причем композиция морфизмов ассоциативна: $(ao b)oc = ao (bo c)$;
4. в каждом множестве $M(A, A)$ содержится единичный или тождественный морфизм I_A : $\forall a \in M(X, A), \forall b \in M(A, Y), \forall A, X, Y \in S, \exists I_A: ao I_A = a, I_A ob = b$.

Категории, их использование для *представления знаний* адекватны мыслительным процедурам человека, учитывающим опыт, интуицию, понимание мира в терминах *категорий*, которым мы затем приписываем **реальные оболочки, конкретные структуры**. Объекты *категории* могут быть связаны между собой, влиять друг на друга, даже если у них нет общего (формального) сходства, а свойства *категорий* отражают сущность способностей человека, его поведения в окружении.

Функтор - обобщение понятия *категории*. Для введения преобразования между *категориями* используем понятие *функтора*. *Функтор* - аналог семантической операции, т.е. преобразования

информации, приводящего к появлению некоторого смыслового (семантического) содержания.

Функтор определяется парой отображений, которые сохраняют композицию морфизмов и тождественные отображения (сохраняют смысл информации при преобразованиях): одно отображение преобразует объекты S (грубо говоря, - информацию), а другое - преобразует морфизмы M (грубо говоря, - семантический смысл).

Самый плохо формализуемый в информатике процесс - это процесс образования семантического смысла. Строгая математическая основа аппарата *категорий и функторов* позволяет исследовать семантический смысл математически корректно (путем построения семантических сетей, анализа *фреймов*, продукционных правил и др.), что является необходимым условием формализации *знаний*, разработки баз *знаний* и систем интеллектуальной поддержки принятия решений.

Категорийно-функторный подход к проблеме формализации *знаний* позволяет формализовать многие интуитивно используемые понятия.

Пример. Формализуем, например, понятия "формула", "теория".
Формула F_i - запись вида $R_i^{(k)}(x_1, :, x_k)$, которую следует читать так: k переменных $x_1, :, x_k$ удовлетворяют отношению $R_i^{(k)}$. В каждой i -ой формуле F_i может быть различное число свободных (не связанных) переменных. Понятие "(формальная) теория" можно определить как кортеж $T = \langle S, F \rangle$, где S - **сигнатура (множество определенных, разрешенных операций)**, а F - множество формул без свободных переменных (**аксиом теории**). Если дополнительно определено и множество правил вывода P , то $T = \langle S, F, P \rangle$. Отсюда видно, что формальная теория базируется на конкретной предметной области, определяемой сигнатурой.

Для компьютерного представления и обработки *знаний* и данных о предметной области (об объектах, процессах, явлениях, их структуре и взаимосвязях), они должны быть формализованы и представлены в определенном формализованном виде.

При традиционном способе реализации математической модели, *знаний*, заложенных в ней, строится моделирующий алгоритм (моделирующая программа), т.е. *знания* процедурно зависят от метода (алгоритма) обработки. В интеллектуальных системах (в системах искусственного интеллекта, в частности) *знания* о предметной области представлены в виде декларативной (описательной) модели формирования базы *знаний* и соответствующих правил вывода из нее и явно не зависят от процедуры их обработки. Для этого используются специальные модели *представления знаний*, например, **продукционные, фреймовые, сетевые и логические**. При обработке модели *знаний* используются процедуры логического вывода, называемые также механизмом или машиной вывода. Обычно в базе *знаний* зафиксированы общие закономерности, правила, **описывающие проблемную среду и предметную область**. Процедуры вывода позволяют на основании общих правил вывести решение для заданной конкретной ситуации, описываемой некоторыми исходными данными. Цепочка логического вывода строится по мере приближения к решению, в зависимости от выведенных на каждом шаге данных и выведенных к этому шагу новых *знаний*. Конкретные формы организации дедуктивного вывода зависят от того, в какой форме представлены *знания* в базе *знаний* (на каком языке *представления знаний*).

Продукционная модель представления знаний наиболее распространена в приложениях. Модель реализуется правилами-продукциями:

если <условие> то <заключение>.

В качестве условия может выступать любая совокупность суждений, соединенных логическими связками и ($\wedge$), или ($\vee$).

Пример. Продукцией будет следующее правило:

если (курс доллара-растет) $\vee$ (сезон-осень) $\wedge$ (число продавцов-убывает)
то (прогноз цен на рынке жилья - рост
рублевых цен на квартиры).

Такого рода правила и знания о ценах, предложении и спросе на рынке жилья могут стать базой для базы знаний о рынке жилья и экспертной системы для риэлторской группы (фирмы).

Существуют две основные стратегии вывода на множестве правил-продукций:

1. **прямой вывод** (вывод от исходных данных - фактов, аксиом - к цели, по пути вывода пополняя исходную базу знаний новыми полученными истинными фактами; процесс заканчивается лишь тогда, когда выведен факт, эквивалентный искомому);
2. **обратный вывод** (вывод от целевого факта к данным, на очередном шаге отыскивается очередной факт, в заключительной части содержится факт, эквивалентный исходному факту; процесс заканчивается тогда, когда для каждого факта, выведенного на очередном шаге, не будет найдено правило, имеющее этот факт в качестве заключения, а посылками - исходные или выведенные на предыдущих шагах факты).

Обе приведенные стратегии вывода имеют недостатки, достоинства и модификации.

Пример. Если все множество правил-продукций разбито на группы по некоторому признаку (структурировано), то вместо полного или случайного перебора всех правил при прямом и обратном выводе осуществляется целенаправленный переход от одной группы правил к другой. Используются также смешанные стратегии вывода, сочетающие прямой и обратный вывод.

Продукционные модели удобны для представления логических взаимосвязей между фактами, так как они более формализованы и достаточно строгие (теоретические), модульные (продукции явно между собой не связаны, поэтому их можно модифицировать по модульной технологии), соответствуют долговременной памяти человека.

Представление знаний в виде семантической сети является одной из основных моделей представления знаний.

Семантическая сеть - это ориентированная графовая структура, каждая вершина которой отображает некоторое понятие (объект, процесс, ситуацию), а ребра графа соответствуют отношениям типа "это есть", "принадлежать", "быть причиной", "входить в", "состоять из", "быть как" и аналогичным между парами понятий. На *семантических сетях* используются специальные процедуры вывода: пополнение сети, наследование свойств, поиск по образцу и др.

Пример. Рассмотрим факт: "причиной неритмичной работы предприятия является старое оборудование, а причиной последнего - отсутствие оборотных средств". *Семантическая сеть* может содержать вершины "оборотные средства", "старое оборудование", соединяемые ребрами - отношениями типа "быть причиной".

Достоинство *семантических сетей* - наглядность *представления знаний*, с их помощью удобно представлять причинно-следственные связи между элементами (подсистемами), а также структуру сложных систем. Недостаток таких сетей - сложность вывода, поиска подграфа, соответствующего запросу.

Характерная особенность *семантических сетей* - наличие трех типов отношений:

1. класс - элемент класса (часть - целое, класс - подкласс, элемент - множество и т.п.);
2. свойство - значение (иметь свойство, иметь значение и т.п.);

пример элемента класса (элемент за, элемент под, раньше, позже)
Фреймовая модель представления знаний задает осто́в описания класса объектов и удобна для описания структуры и характеристик однотипных объектов (процессов, событий) описываемых **фреймами** - специальными ячейками (шаблонами понятий) фреймовой сети (*знания*).

Фрейм - концентратор *знаний* и может быть активизирован как отдельный автономный элемент и как элемент сети. **Фрейм** - это **модель кванта знаний** (абстрактного образа, ситуации), активизация *фрейма* аналогична активизации этого кванта *знаний* - для объяснения, предсказания и т.п. Отдельные характеристики (элементы описания)

объекта называются **слотами фрейма**. Фреймы сети могут наследовать слоты других фреймов сети.

Различают **фреймы-образцы** (прототипы), хранящиеся в базе знаний, и **фреймы-экземпляры**, создаваемые для отображения реальных ситуаций для конкретных данных.

Фреймовое представление данных достаточно универсальное. Оно позволяет отображать знания с помощью:

- **фрейм-структур** - для обозначения объектов и понятий;
- **фрейм-ролей** - для обозначения ролевых обязанностей;
- **фрейм-сценариев** - для обозначения поведения;
- **фрейм-ситуаций** - для обозначения режимов деятельности, состояний.

Пример. Фрейм-структурами являются понятия "заем", "вексель", "кредит". Фрейм-роли - "кассир", "клиент", "сервер". Фрейм-сценарии - "страхование", "банкинг", "банкротство". Фрейм-ситуации - "эволюция", "функционирование", "безработица".

Пример. Например, возьмем такое понятие, как "функция". Различные функции могут отличаться друг от друга, но существует некоторый набор формальных характеристик для описания любой функции (фрейм "**Функция**"): **тип и допустимое множество изменений аргумента (область определения функции), тип и допустимое множество значений функции (множество значений функции), аналитическое правило связи аргумента со значением функции.** Соответственно, могут быть определены фреймы "Аргумент", "Значение функции", "Закон соответствия". Далее можно определить фреймы "Тип аргумента", "Вычисление значения функции", "Операция" и др. Пример слотов для фрейма "**Закон соответствия**": **аналитический способ задания закона; сложность вычисления (реализации).** Чтобы описать конкретное значение фрейма, необходимо каждому слоту придать конкретное значение, например, таким образом:

Имя фрейма - **Функция**;

Аргумент - x ;

Значение функции - y ;

Закон соответствия - *квадратичный*.

Слоты:

Значения аргумента - R ;

Способ задания функции - $y=ax^2+bx+c$;

Сложность вычисления - 7.

Пример. Фрейм "Задача вычислительного типа" - на рис. 7.



Рис. 7. Структура фрейма "Задача вычислительного типа"

Фреймовое представление наглядно и структурировано (модульно) и позволяет получать описание системы в виде связанных, иерархических структур (модулей - *фреймов*, единиц представления знаний).

Логическая (предикатная) модель представления знаний основана на алгебре высказываний и предикатов, на системе аксиом этой алгебры и ее правилах вывода. Из предикатных моделей наибольшее распространение получила модель предикатов первого порядка, базирующаяся на **термах** (аргументах предикатов - логических констант, переменных, функций), **предикатах** (выражениях с логическими операциями). Предметная область описывается при этом с помощью **предикатов и системы аксиом**.

Пример. Возьмем утверждение: "Инфляция в стране превышает прошлогодний уровень в 2 раза". Это можно записать в виде логической модели: $r(\text{InfNew}, \text{InfOld}, n)$, где $r(x, y)$ - отношение вида " $x=ny$ ", InfNew - текущая инфляция в стране, InfOld - инфляция в прошлом году. Тогда можно рассматривать истинные и ложные предикаты, например, $r(\text{InfNew}, \text{InfOld}, 2)=1$, $r(\text{InfNew}, \text{InfOld}, 3)=0$ и т.д. Очень полезные операции для логических выводов - **операции импликации, эквиваленции и др.**

Логические модели удобны для представления логических взаимосвязей между фактами, они формализованы, строги (теоретические), для их использования имеется удобный и адекватный инструментарий, например, язык логического программирования Пролог.

Модель предметной области можно определить упрощенно в виде:

$\langle \text{модель предметной области} \rangle = \langle \text{понятийные знания} \rangle + \langle \text{конструктивные знания} \rangle$.

При реализации указанных выше моделей используются **эвристики** - эмпирические или полуэмпирические правила, с помощью которых эксперт (экспертная группа) в отсутствие алгоритма (например, задача плохо структурируема) пытается найти решение, моделируя возможный ход рассуждений эксперта на основе эвристической

информации, получаемых в результате опыта, наблюдения, сбора и анализа статистики.

Пример. Сбор эвристической информации у представителей рынка приводит к следующим *знаниям*, которые можно представить, например, *семантической сетью* или *продукциями*:

1. нужно рекламировать свой товар активно в начальный период;
2. нужно поднимать цены в условиях отсутствия конкуренции;
3. нужно опускать цены в условиях жесткой конкуренции;
4. нужно стараться быть монополистом на рынке и др.

Многие знания, особенно находящиеся на стыке наук, трудно формализовать и описать формальными моделями, исследовать аналитически. В таких случаях часто применяют эвристики, эвристические процедуры, использующие аналоги, опыт поиска нового, исследования родственных задач, перебор вариантов с учетом интуиции.

Пример. Такими процедурами учат компьютер играть в шахматы. Шахматная программа - один из самых ранних примеров невычислительного применения ЭВМ. Если в 50-х годах она "играла" на уровне "разрядника", то за 40-50 лет она "научилась играть" на уровне чемпиона мира.

7. Обобщенный решатель задач познания: архитектура, применение, развитие

7.1. Эпистемологическая иерархия систем познания

*Философию можно не замечать,
но уйти от нее нельзя, и те, кто
ее игнорирует, больше всего
от нее зависят.
Дейвид Хокинс*

Эпистемологические типы систем познания, рассматриваемые в схеме ОРЗП, включают исходные системы и их компоненты (объектные

системы, конкретные и общие представляющие системы), системы данных, порождающие системы (системы с поведением или ST-системы), структурированные системы различных типов и уровней. Кроме того, каждый из этих системных типов может быть как направленным, так и нейтральным.

Эпистемологические типы систем в ОРЗП можно частично упорядочить. Рассмотрим два типа систем, например x и x' , и будем считать, что системный тип x *эпистемологически ниже* системного типа x' тогда и только тогда, когда:

- 1) для любой заданной системы типа x' существует единственная процедура, основанная исключительно на этой системе и использующая всю имеющуюся в ней информацию, с помощью которой при подходящих начальных и других соответствующих условиях получается хотя бы одна система типа x ;
- 2) не существует процедуры, с помощью которой только из заданной системы типа x можно получить единственную систему типа x' , т. е. всегда есть некоторая неопределенность и, следовательно, некоторая степень произвола при определении системы типа x' из системы типа x .

Пусть для двух данных эпистемологических системных типов x и x'

$$x \leq x'$$

означает, что тип x эпистемологически ниже типа x' . Тогда пара

$$\mathcal{H}_l = (\mathcal{E}_l, \leq),$$

где $\mathcal{E}_l$ обозначает множество всех эпистемологических типов систем ОРЗП (как нейтральных, так и направленных), таких, что общее число уровней структурированных систем и метасистем в любом системном типе не превышает l , определяет *эпистемологическую иерархию в системе ОРЗП* ($l \in \mathbf{N}$).

Для каждого $l \in \mathbf{N}$, $\mathcal{H}_l$ — полурешетка. Только при рассмотрении гомогенных структурированных систем или метасистем $\mathcal{H}_l$ состоит из

$$|\mathcal{E}_l| = 3(2^{l+1} - 1)$$

элементов. В качестве примера на рис. 1 показан случай $l=2$.

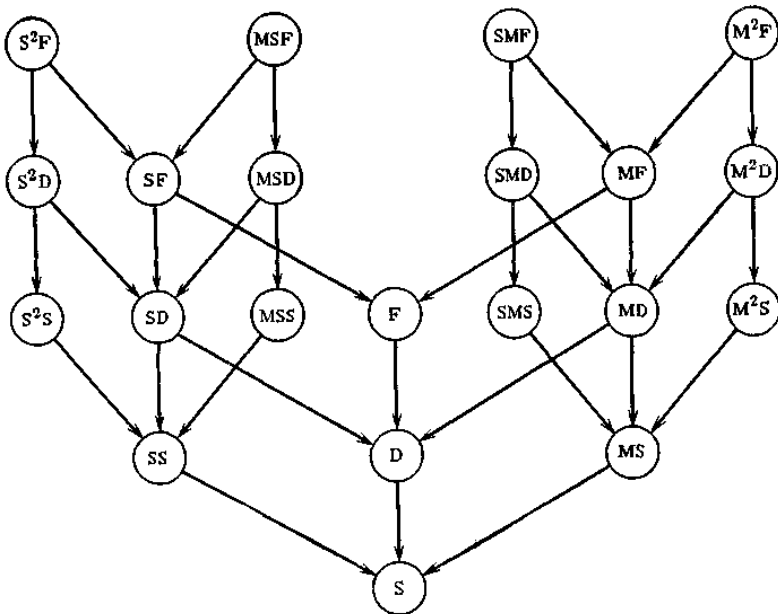


Рис. 1. Полурешетка эпистемологических типов систем в ОРЗП, где число структурированных систем комбинируемых типов и метасистем для любой системы не превышает двух $\mathcal{H}_2 = \{\mathcal{E}_2, \leq\}$

В табл.1 определена полурешетка $\mathcal{H}_l$ при произвольных конечных l (с учетом ограничения условия гомогенности структурированных систем и метасистем). Обозначения

$$(S^{s_i} M^{m_i})^l X,$$

$$(M^{m_i} S^{s_i})^l X$$

используются соответственно для последовательностей

$$S^{s_1} M^{m_1} S^{s_2} M^{m_2} \dots S^{s_l} M^{m_l} X,$$

$$M^{m_1} S^{s_1} M^{m_2} S^{s_2} \dots M^{m_l} S^{s_l} X,$$

где X обозначает системный тип, а j, s_i, m_i ($i \in N_q$) — некоторые натуральные числа; допускается случай, когда $m_i = 0$ в первой и $s_i = 0$ во второй последовательностях, и $S^0 X, M^0 X$ интерпретируется как X . Необходимо, чтобы

$$\sum_{i \in N_l} (s_i + m_i) \leq l$$

Таблица 1.
Эпистемологическая иерархия, полурешетка типов систем в
ОРЗП: $\mathcal{H}_I = (e_i \leq)$

Тип системы	Непосредственный приемник в полурешетке
S	Her
D	S
F	D
$(S^s M^m)_i S$	$(S^{s-1} M^m)_i S$ для определенного i $(S^s M^{m-1})_i S$ для определенного i
$(S^s M^m)_i D$	$(S^{s-1} M^m)_i D$ для определенного i $(S^s M^{m-1})_i D$ для определенного i $(S^s M^m)_i S$
$(S^s M^m)_i F$	$(S^{s-1} M^m)_i F$ для определенного i $(S^s M^{m-1})_i F$ для определенного i $(S^s M^m)_i D$
$(M^m S^s)_i S$	$(M^{m-1} S^s)_i S$ для определенного i $(M^m S^{s-1})_i S$ для определенного i
$M^m S^s)_i D$	$(M^{m-1} S^s)_i D$ для определенного i $(M^m S^{s-1})_i D$ для определенного i $(M^m S^s)_i S$
$(M^m S^s)_i F$	$(M^{m-1} S^s)_i F$ для определенного i $(M^m S^{s-1})_i F$ для определенного i $(M^m S^s)_i F$

7.2. Методологические отличия

*Слишком сильное обобщение ведет к бессмыслице.
Наиболее плодотворным является достаточно
сильное обобщение, ограниченное, по счастью,
конкретными реалиями.
Альфред Норт Уайтхед*

Каждый класс систем, характеризующийся неким эпистемологическим типом, будет в дальнейшем классифицироваться с помощью соответствующих ему методологических отличий. Суть методологических отличий состоит в том, чтобы при решении задач познания отличать системы, требующие применения различных методов.

Существенной проблемой архитектуры ОРЗП является выбор соответствующих методологических отличий для различных эпистемологических типов систем. Выбор можно начинать с наиболее общих методологических отличий, соответствующих различным системным свойствам, и продолжать по мере конкретизации. Желательно упорядочить результирующие методологические отличия в зависимости от степени конкретизации. Поскольку всегда комбинируется несколько категорий, то результирующее упорядочение является только частичным.

На архитектурном уровне желательно выделить основные категории методологических различий и свести их к небольшому набору важных и наиболее общих отличий для каждой категории. Но в то же время в архитектуре ОРЗП должна учитываться возможность расширения этих множеств в различных реализациях ОРЗП.

В связи с отдельными эпистемологическими типами систем вводятся методологические отличия, которые считаются достаточно значимыми, чтобы выделить их в архитектуре ОРЗП. Список категорий этих существенных отличий приведен в табл. 2. Каждая категория характеризуется системным свойством, для которой она определена, списком индивидуальных методологических отличий, эпистемологическими типами систем, к которым они приложимы, примерами возможных расширений.

Таблица 2.

Сводка важнейших методологических отличий, рассматриваемых на одном уровне архитектуры ОРЗП

Характеристика системы	Методологические отличия	Эпистемологические типы систем	Варианты возможного развития
Переменные	Нейтральные Направленные	Все	Смешанные
Каналы наблюдения	Четкие Нечеткие	Все	Смешанные
Множества состояний и параметрические множества	Без свойств	Все	Интервальные шкалы
	Содержательные комбинации свойств упорядочения, расстояния и непрерывности		Рациональные шкалы Другие шкалы
Данные	Полностью определенные Не полностью определенные С несущественными элементами	D или XD	
	Четкие Нечеткие	D или XD	Смешанные
	Периодические Апериодические	D или XD	Смешанные
Маска	Без памяти С памятью	F или XF	Компактная
Ограничивающая функция	Функция поведения ST-функция	F или XF	—
Функция поведения или ST-функция	Детерминированная Вероятностная Возможностная	F или XF	Основаны на других подмножествах нечетких мер
Элементы структурированных систем	Согласованные Несогласованные	SXF	—

X обозначает последовательность операторов S и M, F - порождающие системы любых типов

7.3. Условия задачи познания

*Как только задача четко сформулирована,
решить ее обычно достаточно просто.*

Роберт Розен

Условия задачи познания определяют задачи на множестве познаваемых систем. В каждом условии рассматривается либо одна система, либо пара систем. Аналогично тому, как системы классифицируются в соответствии с их типами, так и условия классифицируются по типам. При правильном определении любой тип условий должен быть таким, чтобы изменения отдельных условий, принадлежащих этому типу, не приводили к изменению методологии. Хотя конкретные условия задачи познания так же, как и их типы, имеют смысл только для отдельных типов систем, можно в общем случае выделить четыре широкие категории условий задачи познания. Каждое условие может быть либо требованием ответа на *вопрос*, либо требованием удовлетворить *запрос*, либо требованием достижения *цели*, либо требованием удовлетворить какому-либо *ограничению*. В одной задаче познания может быть скомбинировано несколько условий, т. е. одна или больше целей могут быть скомбинированы с одним или несколькими ограничениями.

Как уже было отмечено, в ряде случаев ОРЗП должен предоставить пользователю возможность сделать свой собственный выбор конкретных условий в пределах каждого выделенного типа условий. Как только тип условия определен, что может быть сделано только в контексте заранее определенных одного или двух типов систем, можно предложить пользователю *определить его собственный выбор* конкретного варианта этого типа. Если он не воспользуется этой возможностью, то ОРЗП должен предложить ему *меню подходящих вариантов*, один из которых объявлен как *вариант по умолчанию*. Если пользователь все же не выберет ни один из них, то в ОРЗП должен использоваться именно этот вариант. На уровне архитектуры для каждого типа системы или пары типов желательно зафиксировать только ограниченное множество типов существенных условий. Предполагается, что это начальное множество будет постепенно в процессе развития ОРЗП расширяться.

Типы условий задач познания нельзя определить отдельно от типов познаваемых систем, к которым они применяются. Каждый из них вместе с рассматриваемым типом системы образует тип задачи. Таким образом, типы условий могут быть определены только как части типов

задач познания. Наиболее важные типы условий перечислены в следующем разделе.

7.4. Задачи познания

*Необходимо ради справедливости признать,
что никогда научная жизнь не будет уже
такой безоблачной и спокойной, как в дни,
когда безраздельно царствовал детерминизм.
Образовавшиеся теперь перед нами пустоты и
наш тяжелый труд частично компенсируются
пониманием того, что наш подход к решению
наиболее важных задач стал более
реалистичным и продуктивным.*

Ричард Беллман

Познаваемые системы и условия, относящиеся к этим системам, образуют задачи познания. Поэтому их естественно классифицировать в соответствии с рассмотренной классификацией систем и типов условий.

В ряде задач познания может познаваться одна-единственная система. Назовем эти задачи познания, имеющие вид вопроса или условия относительно каких-либо свойств данной системы, *элементарными задачами познания*. Например, для данной конкретной ST-системы можно сформулировать следующий вопрос: всегда ли можно получить из одного состояния другое состояние? — или в качестве альтернативы можно потребовать для каждой пары состояний список кратчайших последовательностей преобразований одного состояния в другое.

Для каждого из рассматриваемых типов систем необходимо обеспечить наиболее понятную работу ОРЗП с элементарными задачами познания. Одно из наиболее значимых подмножеств элементарных задач познания состоит из *тестов на противоречивость (корректность)* для определенных познавателем систем. Сюда, например, относятся проверка необходимых свойств рассматриваемых вероятностных или возможностных распределений, всевозможных условий совместимости и т. п. Эти тесты должны выполняться ОРЗП автоматически в процессе формулирования познавателем задачи для каждой, определяемой познавателем системы. Если какие-то тесты не выполняются, система должна быть отвергнута как некорректная, а познавателю сообщены причины.

Все задачи познания, не входящие в категорию элементарных, содержат две или более систем. Задачи познания, содержащие две системы, в ОРЗП явно определены и описаны методологически; назовем их *базовыми задачами познания*. Все остальные задачи познания, содержащие более двух систем, формулируются и рассматриваются в терминах соответствующих последовательностей базовых и элементарных задач познания.

Базовые задачи познания классифицируются по типам задач. Каждый из них состоит из упорядоченной пары типов систем и множества типов условий, применимых к этим типам систем. Поскольку при решении задачи познания всегда приходят от некоторых заданных объектов к неким познаваемым объектам, то порядок типов систем неразрывно связан с этим направлением. Первый из двух типов систем рассматривается как общее описание *начальной системы*, т. е. системы, заданной в конкретной задаче познания данного типа. Второй тип описывает класс систем решения; назовем их *терминальными системами*. В соответствии с функцией терминальных систем можно выделить два вида задач познания.

Для задач познания первого вида существует следующая каноническая формулировка. Для данной конкретной начальной системы типа z определяются такие терминальные системы типа z' , для которых выполняются данные требования (связанные с системными типами z и z'). Таким образом, решение задач первого вида — это множество конкретных систем типа z' .

Для задач познания второго вида имеется другая каноническая формулировка. Для данной конкретной начальной системы типа z и конкретной терминальной системы типа z' определяется некоторое свойство терминальной системы, специфицированное заданными требованиями относительно начальной системы. Таким образом, решением задачи познания второго вида является то, что связывает две данные системы.

Примером задач познания первого вида является задача получения из заданной системы данных всех порождающих систем, удовлетворяющих требованиям максимальной согласованности, минимальной сложности и порождающей неопределенности, маски которых являются подмасками определенной наибольшей допустимой маски. Этот тип задач познания показан на рис. 2.

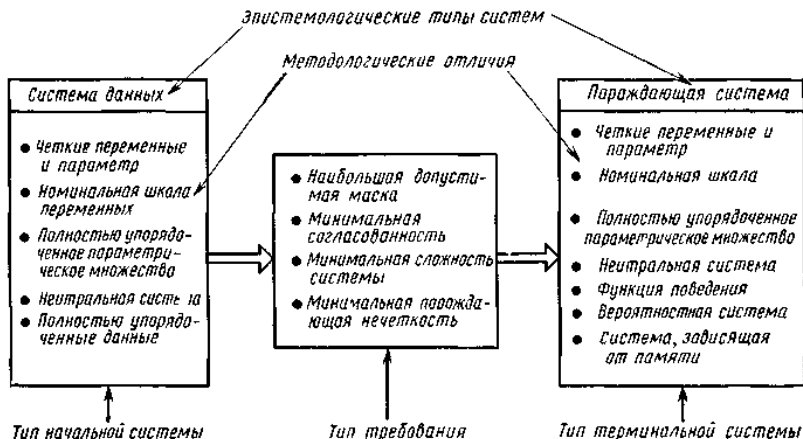


Рис. 2 Пример базового типа задач первого вида

Примером задач второго вида является задача определения изменения характеристики систем с поведением, обусловленного некоторыми конкретными переменными. В этом типе задач (рис. 3) некоторое свойство начальной системы представляет собой цель, а характеристики терминальной системы отдельно и вместе с этими переменными сравниваются с точки зрения заданной характеристической функции.

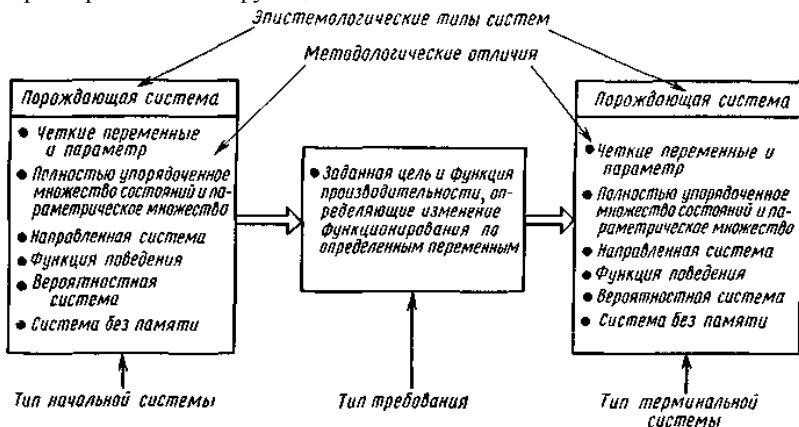


Рис. 3. Пример базового типа задач второго вида

На рис. 4 показаны категории задач познания, составляющие ядро ОРЗП.

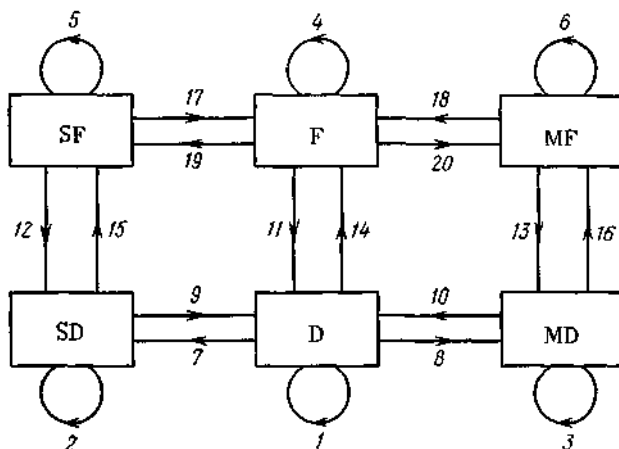


Рис. 4. Ядро ОРЗП: важнейшие категории задач познания

Каждая категория задач характеризуется эпистемологическими типами входящих в нее систем; на рисунке это показано стрелками, помеченными числами. Категории задач познания образуют кластеры типов задач познания. Каждая категория содержит типы задач познания, имеющих особые методологические отличия, но содержащие одни и те же пары эпистемологических типов систем.

Некоторые основные типы задач познания, показанные на рис. 4, могут быть определены либо явно, либо как части более крупных задач познания. Ниже приводится классификация задач познания по категориям.

Очевидно, что категории 1—6 содержат все простейшие типы задач познания, связанные с отдельными эпистемологическими типами систем, но также и многие базовые типы задач познания. В частности, они содержат следующие классы базовых типов:

- различные типы задач познания, связанные с упрощением систем;
- различные типы задач познания, связанные с отношением моделирования между системами;
- различные типы задач познания, в которых системы определенного эпистемологического уровня сравниваются по некоторому критерию, например по их сложности, характеристике относительно различных целей, потере информации и т. п.

Категории 7 и 8 содержат типы задач познания, в которых в соответствии с определенными критериями данные разбиты относительно рассматриваемых переменных или параметрического множества.

Категории 9 и 10 состоят из типов задач познания, в которых полная система данных определяется соответственно из элементов структурированных систем или метасистем. Они, например, включают типы задач познания, в которых требуется разрешать несогласованности в данных.

Категории 11—13 содержат различные типы задач познания, в которых данные порождаются эпистемологически более высокими типами систем при определенных начальных и других условиях. Во всех задачах этих категорий ОРЗП используется в качестве средства при компьютерном моделировании.

Категория 14 состоит из типов задач познания, в которых порождающие системы получены из заданных систем данных при определенных типах требований. Обычно требуется, чтобы результирующая порождающая система основывалась исключительно на масках, не превышающих определенную наибольшую допустимую маску, а порожденные ими данные полностью соответствовали имеющимся данным и чтобы их порождаемые неопределенности и сложности были минимизированы. Эти задачи могут быть дополнены другими требованиями, такими, как дальнейшие ограничения на результирующие порождающие системы или критерии оптимизации, представленные как конкретные отношения предпочтения, определенные на соответствующем множестве порождающих систем. Сюда также относятся задачи познания, связанные с введением внутренних переменных.

Категории 15 и 16 состоят, в основном, из тех же типов задач познания, что и категория 14, но каждая отдельная задача познания должна быть повторена для всех элементов данной структурированной системы данных или метасистемы данных.

Категория 17 содержит типы задач познания, связанных с определением семейств реконструкций, однозначных реконструкций, основанных на различных типах требований, и других вопросах.

Категорию 18 составляют типы задач познания, связанных с моделированием порождающих систем метасистемами различных методологических типов.

Категория 19 включает различные типы декомпозиционных задач познания, решаемых при проектировании систем, а также некоторые задачи реконструкции.

Категория 20 содержит все типы задач познания, связанные с идентификацией параметрических требований, обусловленных изменениями связей между переменными данной порождающей системы.

Для большинства задач познания, имеющих наибольшее практическое значение, требуется решение последовательности базовых и простейших типов задач познания. Например, задачи реконструкции представляют собой последовательность задач из категорий 4, 5, 17, 19; для некоторых типов задач проектирования необходимо решение задач из категорий 11, 14, 17, 19; ряд задач компьютерного моделирования включает задачи из категорий 11 и 17 или 11 и 18 и т. д.

7.5. Концептуальная схема ОРЗП

Когда философ вводит новый способ описания действительности, он сразу сталкивается с тем, что его предшественники рассматривали как целое то, что он подразделяет на части, или что они выделяли составляющие из того, что в его системе именуется как целое. Вселенная представляется чем-то напоминающим сыр, ее можно разрезать бесконечным множеством способов — и когда кто-то выберет свой способ разрезания, он обнаруживает, что другие режут неправильно.

Кеннет Берк

Следующие определения связывают прилагательные «идентифицируемый» и «допустимый» с понятиями «система», «условие», «задача». Назовем систему, условие или задачу *идентифицируемыми*, если их можно сформулировать на языке ОРЗП; назовем их *допустимыми*, если они идентифицируемы и их можно рассматривать в контексте конкретной реализации ОРЗП. Кроме того, назовем задачу *решаемой*, если она допустима и может быть решена с помощью методологических средств, доступных в конкретной реализации ОРЗП. Эти прилагательные относятся к конкретным системам, условиям и задачам познания, а также к их типам.

Обозначим $\mathcal{X}$ множество всех *допустимых эпистемологических типов систем*. Тогда

$$\mathcal{X} \subset \mathcal{E},$$

где $\mathcal{E}$ обозначает множество всех идентифицируемых эпистемологических системных типов. Обычно

$$\mathcal{X} \subseteq \mathcal{G}_l$$

при некотором фиксированном $l \geq 1$, где $\mathcal{G}_l$ ($l \in \mathbb{N}$) — это множество всех идентифицируемых эпистемологических системных типов, в которых общее число структурированных систем меньше или равно l . Обозначим $\mathcal{Y}$ множество *допустимых типов методологических отличий*, и пусть $\mathcal{Z}$ — это множество всех *допустимых типов систем*. Тогда

$$\mathcal{Z} \subset \mathcal{X} \times \mathcal{Y};$$

$\mathcal{Z}$ — собственное подмножество $\mathcal{X} \times \mathcal{Y}$, поскольку некоторые методологические отличия неприменимы ко всем эпистемологическим типам систем. Обозначим $\mathcal{P}$ множество всех допустимых систем (т. е. конкретных систем, а не системных типов). Тогда $\mathcal{Z}$ индуцирует разбиение

$$\mathcal{P} / \mathcal{Z} = \{\mathcal{P}_z \mid z \in \mathcal{Z}\}$$

на $\mathcal{P}$, где $\mathcal{P}_z$ — множество всех допустимых систем типа z . Пусть

$$s_{z,i} \in \mathcal{P}_z \quad (z \in \mathcal{Z}).$$

Тогда $s_{z,i}$ — допустимая система типа z , идентифицированная (отличающаяся от других систем типа z) идентификатором i .

Обозначим $\mathcal{R}_z$ множество всех допустимых типов требований, применимых к одной системе типа z , а $\mathcal{Q}_{z,z'}$ — множество всех допустимых типов требований, применимых к паре систем типов z и z' . Тогда мы можем определить

$${}^1\mathcal{Q} = \bigcup_{z \in \mathcal{Z}} \mathcal{Q}_z$$

и

$${}^2\mathcal{Q} = \bigcup_{z, z' \in \mathcal{Z}} \mathcal{Q}_{z,z'}.$$

Очевидно, что множество

$$\mathcal{Q} = {}^1\mathcal{Q} \cup {}^2\mathcal{Q}$$

состоит из всех *допустимых типов требований*.

Обозначим $\mathcal{R}_z$ множество всех допустимых требований (т. е. конкретных требований, а не типов требований), применимых к одной системе типа z . Тогда $\mathcal{Q}_z$ индуцирует разбиение

$$\mathcal{R}_z / \mathcal{Q}_z = \{\mathcal{R}_{z,j} \mid q_{z,j} \in \mathcal{Q}_z\}$$

на $\mathcal{R}_z$, где $\mathcal{R}_{z,j}$ — множество допустимых требований типа j , применимых к одной системе типа z . Пусть

$$r_{z,j,u} \in \mathcal{R}_{z,j},$$

т. е. $\Gamma_{z,j,u}$ — допустимое требование типа j , применимое к одной системе типа z и однозначно определенное идентификатором u .

Обозначим $\mathcal{R}_{z,z'}$ множество всех допустимых требований, применимых к паре систем типов z и z' . Тогда $\mathcal{Q}_{z,z'}$ индуцирует разбиение

$$\mathcal{R}_{z,z'} / \mathcal{Q}_{z,z'} = \{ \mathcal{R}_{z,z',k} \mid q_{z,z',k} \in \mathcal{Q}_{z,z'} \}$$

на $\mathcal{R}_{z,z'}$, где $\mathcal{R}_{z,z',k}$ — множество всех допустимых требований типа k , применимых к паре систем типов z и z' . Пусть

$$\Gamma_{z,z',k,u} \in \mathcal{R}_{z,z',k},$$

т. е. $\Gamma_{z,z',k,u}$ обозначает допустимое требование типа k , применимое к паре систем типов z и z' и однозначно определенное идентификатором u . Введенные понятия допустимых систем, требований и их типов позволяют определить допустимые задачи и их типы. Обозначим соответственно ${}^1\mathcal{P}$ и ${}^2\mathcal{P}$ множество всех *допустимых типов элементарных задач* и множество всех *допустимых типов базовых задач*. Тогда

$${}^1\mathcal{P} = \{ (z, q_{z,i}) \mid z \in \mathcal{Z}, q_{z,i} \in \mathcal{Q}_z \},$$

$$\mathcal{P} = \{ (z, z', q_{z,z',i}) \mid z, z' \in \mathcal{Z}, q_{z,z',i} \in \mathcal{Q}_{z,z'} \},$$

а

$$\mathcal{P} = {}^1\mathcal{P} \cup {}^2\mathcal{P}$$

— множество всех допустимых типов задач. Хотя в выражении для ${}^2\mathcal{P}$ может быть тем же типом системы, как и z' , они используются для двух различных систем в каждой конкретной базовой задаче. Это является отличием базовых задач от элементарных, в каждой из которых рассматривается только одна конкретная система.

В результате описания типов требований в множестве $\mathcal{Q}_{z,z'}(z, z' \in \mathcal{Z})$ множество ${}^2\mathcal{P}$ разбивается на два подмножества ${}^{21}\mathcal{P}$ и ${}^{22}\mathcal{P}$ базовых типов задач соответственно первого и второго видов.

Следовательно,

$$\mathcal{P} = {}^1\mathcal{P} \cup {}^{21}\mathcal{P} \cup {}^{22}\mathcal{P}.$$

Множество $\mathcal{P}$ индуцирует разбиение

$$\mathcal{P} / \mathcal{Z} = \{ {}^1\mathcal{P}_z \mid z \in \mathcal{Z} \}$$

на ${}^1\mathcal{P}$, где ${}^1\mathcal{P}_z$ — множество всех допустимых типов элементарных задач, применимых к системам типа z . Аналогично множество $\mathcal{Z}^2$ индуцирует разбиение

$${}^2\mathcal{P} / \mathcal{Z}^2 = \{ {}^2\mathcal{P}_{z,z'} \mid z, z' \in \mathcal{Z} \}$$

на множестве ${}^2\mathcal{P}$, где ${}^2\mathcal{P}_{z,z'}$ — множество всех допустимых типов

базовых задач, применимых к паре систем типов $\mathbf{z}$ и $\mathbf{z}'$. Аналогичные разбиения можно определить на множествах ${}^2\mathcal{P}$ и ${}^{22}\mathcal{P}$. Отметим, что множества ${}^1\mathcal{P}_{\mathbf{z}}$ и ${}^2\mathcal{P}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}'}$ являются категориями задач в том смысле, как это показано на рис. 4.

Обозначим ${}^1\mathcal{PP}$ множество всех допустимых простейших задач/

Тогда множество ${}^1\mathcal{P}$ индуцирует разбиение

$${}^1\mathcal{PP}/{}^1\mathcal{P} = \{{}^1\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{i}} \mid \mathbf{z} \in \mathcal{Z}, \mathbf{q}_{\mathbf{z}, \mathbf{i}} \in \mathcal{Q}_{\mathbf{z}}\}$$

на ${}^1\mathcal{PP}$, где ${}^1\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{i}}$ — множество всех допустимых элементарных задач, определенных для одной системы типа $\mathbf{z}$, и требования типа $\mathbf{q}_{\mathbf{z}, \mathbf{i}}$.

Обозначим ${}^2\mathcal{PP}$ множество всех допустимых базовых задач.

Тогда множество ${}^2\mathcal{P}$ индуцирует разбиение

$${}^2\mathcal{PP}/{}^2\mathcal{P} = \{{}^2\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}} \mid \mathbf{z}, \mathbf{z}' \in \mathcal{Z}, \mathbf{q}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}} \in \mathcal{Q}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}'}\}$$

на ${}^2\mathcal{PP}$, где ${}^2\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}}$ — множество всех допустимых базовых задач, определенных в терминах пары систем типов $\mathbf{z}$ и $\mathbf{z}'$ и требования типа $\mathbf{q}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}}$. Каждое множество ${}^2\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}}$ в дальнейшем разбивается на подмножества базовых задач первого и второго вида, обозначаемые соответственно ${}^{21}\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}}$ и ${}^{22}\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}}$. Тогда

$${}^{21}\mathcal{PP} = \bigcup {}^{21}\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}},$$

$${}^{22}\mathcal{PP} = \bigcup {}^{22}\mathcal{PP}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}},$$

где объединения множеств взяты по всем $\mathbf{z}, \mathbf{z}' \in \mathcal{Z}$, а $\mathbf{q}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}} \in \mathcal{Q}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}'}$ — множества всех базовых задач, соответственно, первого и второго видов.

Теперь можно формально описать три основных типа допустимых задач:

элементарные задачи, обозначаемые ${}^1p_{\alpha}$, имеют вид

$${}^1p_{\alpha} = (\mathbf{s}_{\mathbf{z}, \mathbf{i}}, \mathbf{r}_{\mathbf{z}, \mathbf{i}, \mathbf{i}}),$$

где α — однозначный идентификатор четверок $(\mathbf{z}, \mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{u})$.

Базовые задачи первого вида, обозначаемые ${}^{21}p_{\beta}$, описываются так:

$${}^{21}p_{\beta} = (\mathbf{s}_{\mathbf{z}, \mathbf{i}}, \mathbf{z}', \mathbf{r}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}, \mathbf{u}}),$$

где β — уникальный идентификатор пятерок $(\mathbf{z}, \mathbf{i}, \mathbf{z}', \mathbf{k}, \mathbf{u})$.

Базовые задачи второго вида, обозначаемые ${}^{22}p_{\gamma}$, описываются следующим образом:

$${}^{22}p_{\gamma} = (\mathbf{s}_{\mathbf{z}, \mathbf{t}}, \mathbf{s}_{\mathbf{z}', \mathbf{t}}, \mathbf{r}_{\mathbf{z}, \mathbf{z}', \mathbf{k}, \mathbf{u}}),$$

где γ — уникальный идентификатор шестерок $(\mathbf{z}, \mathbf{i}, \mathbf{z}', \mathbf{t}, \mathbf{k}, \mathbf{u})$

Обозначим $\mathcal{PP}$ множество всех допустимых задач, определяемых ОРЗП. Тогда

$$\mathcal{PP} \subset ({}^1\mathcal{PP} \cup {}^{21}\mathcal{PP} \cup {}^{22}\mathcal{PP})^*,$$

где звездочка обозначает множество всех последовательностей, которые могут быть образованы элементами множества. Аналогично определяется множество $\mathcal{P}$ всех допустимых типов задач ОРЗП:

$$\mathcal{P} = \{^1\mathcal{P} \cup ^{21}\mathcal{P} \cup ^{22}\mathcal{P}\}^*,$$

где $^1\mathcal{P}$, $^{21}\mathcal{P}$, $^{22}\mathcal{P}$ —конечные множества элементарных и базовых типов задач.

Теперь ясно, что на глобальном уровне концептуальная схема ОРЗП может рассматриваться как язык для описания допустимых типов задач познания, алфавит которого состоит из всех допустимых простейших и базовых типов задач познания, определяемых, в свою очередь, основными эпистемологическими и методологическими типами систем и типами требований.

7.6. Анализ архитектуры ОРЗП

Секрет успешного формирования окружающей нас среды — а это и есть цель архитектора — состоит в том, чтобы позволить человеческому фактору стать определяющим. Архитектура требует убежденности и авангардизма. Нельзя принять решение на основании желания заказчиков или опросов Института Гэллана, которые обычно только изъявляют желание продолжить то, что всем хорошо известно.

Вальтер Гропиус

Назначение архитектуры заключается в определении, тщательном описании тех функций проектируемого искусственного объекта (будь то здание, механизм или экспертная система), которые необходимы для достижения заданной цели. Ранее с различной степенью детализации обсуждались выбор и описание основных функций ОРЗП, цель которого состоит в том, чтобы пользователь, обладающий экспертными знаниями, смог решать задачи познания. Цель настоящего раздела — дать сжатый и исчерпывающий обзор этих функций. На рис. 5 показана блок-схема, которую читателю рекомендуется использовать как руководство при чтении следующего описания.

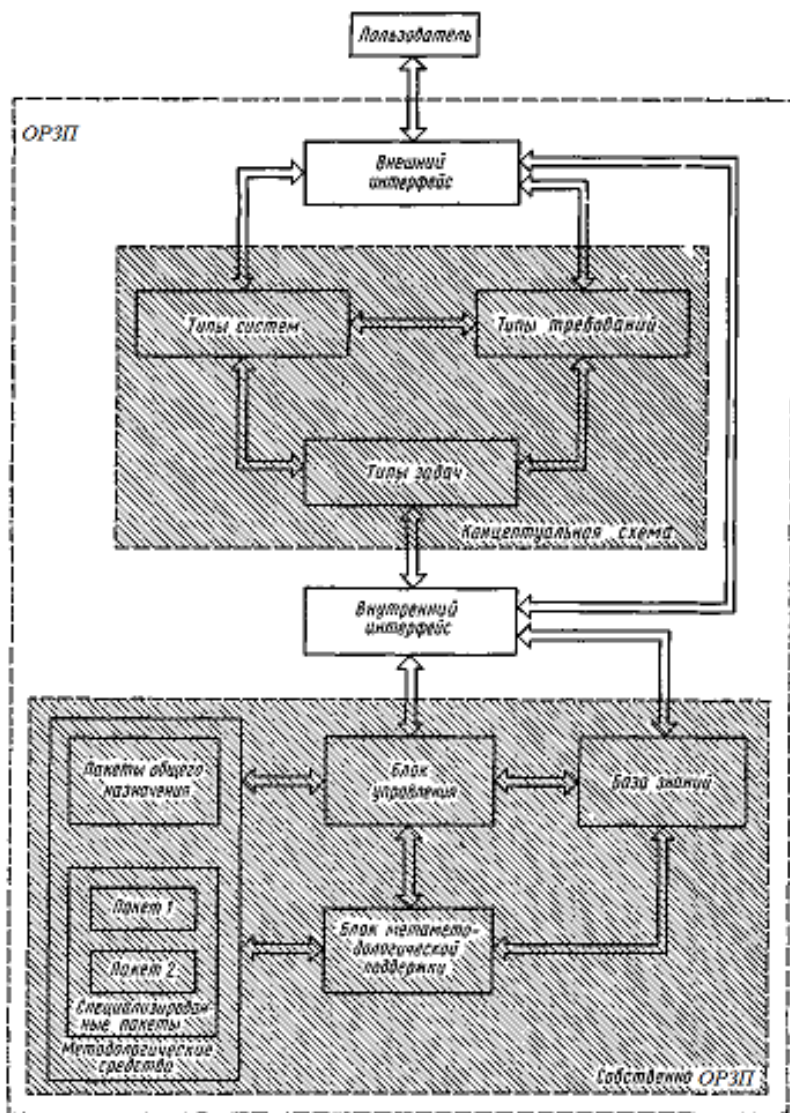


Рис. 5. Схема архитектуры ОРЗП

Концептуальная схема кратко описанная в разд. 7.5, является ядром ОРЗП. Она представляет собой язык, используемый в ОРЗП для

описания выделенных типов систем, требований и задач. Когда речь идет об архитектуре, то как указывается в разд. 7.1, фиксируется только эпистемологическая иерархия системных типов. Остальные понятия, такие, как типы требований или методологические отличия систем, описываются в архитектуре ОРЗП только в самых общих терминах. Более точное их описание является предметом конкретной реализации ОРЗП, базирующейся на конкретном множестве системных типов, каждый из которых определяется совокупностью эпистемологических и методологических особенностей, а также конкретными множествами типов требований и, как следствие, типами задач познания; они называются *допустимыми типами систем, требований и задач* (т. е. они допустимы для данной реализации ОРЗП).

Как было показано в разд. 7.5, содержательные типы задач познания образованы последовательностями простейших и базовых типов задач познания. Последние, в свою очередь, образованы системными типами и типами требований, являющихся совместимыми в том смысле, что они могут быть применимы друг к другу. Таким образом, три основные категории, образующие концептуальную схему ОРЗП: системные типы, типы требований и типы систем — взаимосвязаны. На рис. 5 это показано двусторонними связями между соответствующими блоками.

Концептуальная схема — это лингвистическая среда, в которой пользователь общается с ОРЗП, состоящим из соответствующей базы знаний, множества метаметодологических средств, а также блока управления. Связь *пользователь — ОРЗП* двусторонняя, и с каждой стороны снабжена соответствующим интерфейсом. Назовем интерфейс со стороны пользователя *внешним интерфейсом*, а со стороны ОРЗП — *внутренним интерфейсом*.

Выделим два типа внешнего интерфейса, каждый из которых может быть включен в конкретную реализацию ОРЗП. Первый спроектирован в расчете на *опытного пользователя*, который в достаточной степени знаком с концептуальной схемой ОРЗП и ограничениями той реализации ОРЗП, которую он собирается использовать. Этот тип интерфейса основан на предположении, что пользователь не нуждается в помощи при формальном определении его систем и требований, и, следовательно, единственная функция интерфейса состоит в проверке на возможные несоответствия в формулировках пользователя.

Другой тип внешнего интерфейса спроектирован в расчете на *обычного пользователя*, чье знание концептуальной схемы ОРЗП является недостаточным. Функция этого интерфейса состоит не только в

проверке возможных несоответствий в формулировках пользователя, но и в том, чтобы предоставить пользователю широкий спектр услуг при формулировании его задачи познания. Это означает, что внешний интерфейс должен содержать соответствующие *процедуры опроса* для идентификации типов систем и требований, а также конкретных систем и требований заданных типов. Такие процедуры могут оказаться очень сложными (а может быть, и совершенно нереальными) при условии, что пользователь ничего не знает о концептуальной схеме ОРЗП. Поэтому представим себе, что в любых реализациях ОРЗП, доступных, по крайней мере, в ближайшем будущем, от обычного пользователя будет требоваться некоторое *минимальное знание концептуальной схемы ОРЗП*. Эти минимальные сведения можно сделать стандартной частью любого руководства по ОРЗП.

Упомянутые процедуры опроса, позволяющие провести идентификацию и являющиеся важным элементом внешнего интерфейса ОРЗП, могут быть усовершенствованы на различных уровнях в зависимости от того минимального знания концептуальной схемы ОРЗП, которое требуется от пользователя. Чем меньше знаний, тем более сложными и менее совершенными становятся процедуры. В предельном случае, когда не требуется никаких знаний, создание удачных процедур опроса является главной исследовательской проблемой. Затронутые вопросы, находящиеся вне сферы этой работы, изучаются преимущественно в области искусственного интеллекта.

Собственно ОРЗП состоит из четырех функциональных элементов: множества методологических средств базы знаний, блок метаметодологической поддержки и блока управления. Все понятия ОРЗП представлены в ОРЗП в некотором стандартизованном виде, что осуществляется посредством внутреннего интерфейса. Понятно, что такой блок как база знаний, а также методологические и метаметодологические блоки должны обладать соответствующими стратегиями рассуждения.

Методологические средства — это пакеты методов (и соответствующих компьютерных программ), с помощью которых могут быть решены некоторые из допустимых типов задач познания. Они разделяются на общие и специализированные пакеты. *Общие пакеты* предназначены для типов задач познания, сформулированных в терминах наиболее общих методологических отличий, доступных в данной реализации ОРЗП; *специализированные пакеты* предназначены для всех типов задач познания, основанных на менее общих методологических отличиях.

Любое методологическое средство — это множество методов (и соответствующих компьютерных программ) для решения некоторых простейших или базовых типов задач познания и процедура (компьютерная программа), определяющая порядок, в котором отдельные методы должны применяться. Таким образом, методологические средства образуются из общего набора методов (программ), имеющегося для решения допустимых простейших и базовых типов задач познания, с помощью процедуры (управляющей программы), применяющей необходимые методы в соответствующем порядке.

В ОРЗП учтены различные метаметодологические соображения. Они реализуются с помощью *метаметодологического блока*. Этот блок содержит информацию об упорядочении всех допустимых задач познания, следующей из их общности методологического статуса. Упорядочение по общности отражает, в основном, упорядочение методологических отличий систем и требований. Методологический статус задачи познания связан с ее разрешимостью, запросами на время решения и требуемую память, с характеристиками соответствующих методологических средств.

Теоретически неразрешимые задачи познания отличаются от задач познания, неразрешимость которых обусловлена исключительно ограничениями данной реализации ОРЗП. Если задача познания неразрешима в последнем смысле, то возможны два ответа ОРЗП. Во-первых, пользователю могут быть предложены альтернативные формулировки задачи познания, основанные на более строгих предположениях и допускающие решение ее с помощью ОРЗП; при этом блок методологической поддержки осуществляет переход от данной методологической парадигмы к более конкретным парадигмам. Во-вторых, может быть вызван блок базы знаний, чтобы предоставить пользователю полезную информацию относительно исходной задачи познания, например ссылки на соответствующие библиотеки программ, статьи или книги.

Блок метаметодологической поддержки должен осуществлять необходимый анализ вычислительной сложности каждой конкретной задачи познания, для которой в данной реализации ОРЗП имеются средства решения. Если задача познания оказывается практически неразрешимой, то этот блок должен, по возможности, выработать альтернативные формулировки задачи познания (основанные на более строгих предположениях), которые можно численно реализовать. Кроме того, для каждой задачи познания, которая может быть решена данной реализацией ОРЗП, этот блок должен определить

приблизительные вычислительные затраты и другие соответствующие характеристики используемого метода.

Как было отмечено выше, *блок знаний* содержит полезную информацию о задачах познания, которые не могут быть решены данной реализацией ОРЗП. И, кроме того, этот блок может содержать другую необходимую информацию о системах и задачах познания. К ней, например, относятся теоретические или экспериментальные законы, принципы или эмпирические правила науки о системах, такие, как закон необходимого многообразия или закон необходимой иерархии.

Связь пользователя с блоками ОРЗП осуществляется либо через концептуальную схему, либо непосредственно через внешний и внутренний интерфейсы. Первая связь содержит формулировки задач познания, а вторая связана с различными метаметодологическими подходами и использованием базы знаний.

Необходимая координация работы трех описанных блоков ОРЗП осуществляется *блоком управления*. Им в соответствии с требованиями и другими условиями, в основном принимается решение о том, какой блок и как следует активизировать.

7.7. Примеры использования ОРЗП

Цель этого раздела состоит в том, чтобы привести несколько примеров задач познания и показать, как их решает ОРЗП. Основное внимание будет уделено примерам, в которых используется более одного методологического средства. Примеры заимствованы из литературы.

Необходимо отметить, что достоверность данных, которые во всех случаях были получены из различных источников, а не непосредственно из опыта, здесь обсуждаться не будет. Цель рассматриваемых примеров—проиллюстрировать потенциальные возможности ОРЗП, а не обсуждать различные вопросы, лежащие вне компетенции ОРЗП, такие как сбор данных и интерпретация результата (чаще всего это предоставляется пользователям ОРЗП, экспертам и др.).

С целью упрощения переменные обычно представлены своими идентификаторами (индексами), а подмножества переменных разделены косой чертой (например, рис. 6,б, в).

Пример 1. В этом примере рассматриваются экспериментальные данные, собранные в процессе изучения относительного роста саженцев при различных условиях. Данные были собраны для 960 сливовых деревьев и содержат три бинарные переменных:

v_1 — смертность (0 — живое, 1 — сухое);

v_2 — время посадки (0 — сразу, 1 — весна);

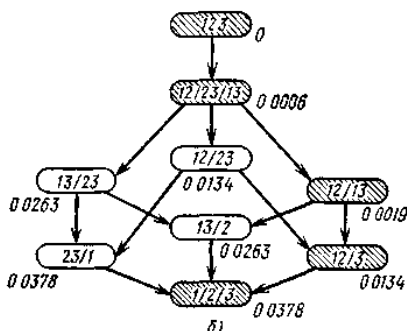
v_3 — обрезка корней (0 — длинная, 1 — короткая).

Данные были собраны при следующих условиях: для 240 деревьев регистрировалось состояние управляемых переменных v_2 и v_3 . Эксперимент предназначался для изучения влияния времени посадки и длины обрезки корней на выживаемость саженцев деревьев.

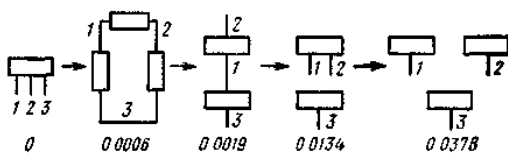
Поскольку все переменные бинарные, то невозможно понизить их разрешающие формы. Число элементов в рассматриваемой группе в 30 раз больше числа состояний переменных; этого вполне достаточно для вероятностного анализа. Поскольку параметрическим множеством является неупорядоченная группа, то исследование ограничено определением функции поведения и проведением анализа ее реконструируемости. На рис. 6,а приведены частоты отдельных состояний переменных и распределение вероятностей соответствующих частот.

	v_1	v_2	v_3	$N(c)$	$f(c)$
C =	0	0	0	156	0 162
	0	0	1	107	0 111
	0	1	0	84	0 087
	0	1	1	31	0 032
	1	0	0	84	0 087
	1	0	1	133	0 139
	1	1	0	156	0 162
	1	1	1	209	0 218

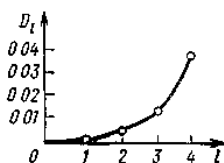
а)



б)



в)



г)

Рис. 6 Приживаемость деревьев (пример 1)

После оценки всех гипотез реконструкции в группе G_3 находим расстояния, которые показаны на рис. 6,б. Гипотезы реконструкции, принадлежащие множеству решений, на рисунке заштрихованы (для полноты картины заштрихована также и полная система). Видно, что нет необходимости в вычислении гипотез реконструкции 23/1 и 13/2,

поскольку их расстояния не могут быть меньше наибольших расстояний их предшественников, т. е. меньше 0.0263, и находятся ниже гипотезы 12/3, действительное расстояние которой составляет 0.0134, и, следовательно, должны быть отвергнуты. Схема элементов множества решений показана на рис. 6,в, а зависимость минимального расстояния гипотезы от уровня уточнения — на рис. 6,г.

На основании приведенных на рис. 6 результатов можно сделать вывод, что на гибель деревьев влияет как время посадки, так и длина обрезки корней, но первый фактор влияет в два раза сильнее. Видно также, что когда речь идет о гибели деревьев, то эти две управляемые переменные являются независимыми

Пример 2. Хотя с методологической точки зрения этот пример мало отличается от примера 1, они совершенно различны в своих семантическом и прагматическом аспектах. В этом примере рассматриваются экспериментальные данные, собранные по наблюдениям 114 мышей (в возрасте 90 дней) при изучении детоубийства (имеется в виду убийство молодых особей своего рода). В экспериментах изучался один из аспектов детоубийства, связанный с половой конкуренцией самцов. Эксперименты проводились с целью проверки гипотезы половой конкуренции, основывающейся на дарвиновском понятии полового отбора, в соответствии с которым самец, совершающий детоубийство, может повысить свои шансы за счет соперника путем убийства отпрыска соперника, а затем спаривания с матерью. Переменными, входящими в эксперименты, здесь являются v_1 — доминантность (0 — доминантный, 1 — подчиненный); v_2 — сексуальный опыт (0 — неопытный, 1 — опытный); v_3 — отношение к отпрыскам соперника (0 — детоубийство, 1 — родительское, 2 — нейтральное).

Как и в примере 1, мы можем только определить функцию поведения и выполнить анализ ее реконструируемое. Окончательные результаты, основанные на вероятностном описании связи между переменными, приведены на рис. 7

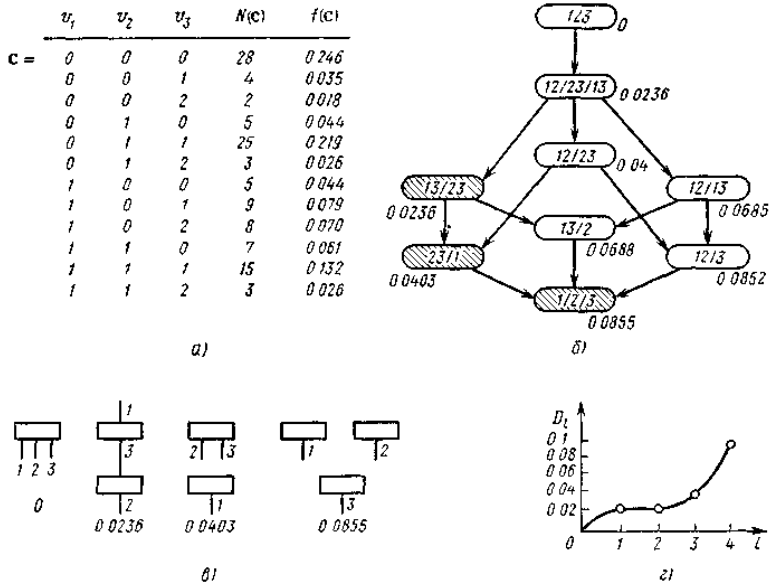


Рис. 7 Инфантицид (пример 2)

Если мы не будем обращать внимание на интерпретацию, то результаты очень похожи на результаты, полученные в примере 1. Можно сделать вывод, что на отношение к отпрыскам соперника влияют и доминантность, и сексуальный опыт (гипотеза 13/23), но последний фактор почти в два раза больше значит (сравните расстояния 23/1 и 13/2). Видно также, что когда исключается подсистема 12, то расстояние действительно не меняется. Следовательно, доминантность и сексуальный опыт независимы.

Пример 3. Этот пример основан на данных, собранных в процессе изучения мнения о жилищных условиях в городе. Было опрошено 1881 квартиросъемщик, проживающие в выбранных районах в домах, построенных в интервале между 1960 и 1968 годами, об их отношении к жилищным условиям, о контактах с другими квартиросъемщиками, мнение об их влиянии на содержание жилья. Одновременно с этим регистрировался тип дома каждого квартиросъемщика. Таким образом, было выделено четыре переменных:

v_1 - тип дома (0 - многоквартирный, 1 - меблированные комнаты, 2 - отдельный дом, дом с общими боковыми стенами);

v_2 - мнение о влиянии на содержание жилья (0 - низкое, 1 - среднее, 2 - высокое);

v_3 - степень контакта с соседями (0-низкая, 1-высокая);

v_4 — степень удовлетворенности жилищными условиями (0 — низкая, 1—средняя, 2— высокая).

Поскольку было зарегистрировано 72 состояния переменных, мы можем определить лексикографическое упорядочение состояний и представить данные в виде последовательности частот $N(c)$, основанного на этом упорядочении. В предположении об упорядочении переменных в виде v_1, v_2, v_3 и v_4 лексикографическое упорядочение единственно, и, следовательно, данные однозначно определяются такой последовательностью частот $N(c)$; 21, 21, 28, 14, 19, 37, 34, 22, 36, 17, 23, 40, 10, 11, 36, 3, 5, 23, 61, 23, 17, 78, 46, 43, 43, 35, 40, 48, 45, 86, 26, 18, 54, 15, 25, 62, 13, 9, 10, 20, 23, 20, 8, 8, 12, 10, 22, 24, 6, 7, 9, 7, 10, 21, 18, 6, 7, 57, 23, 13, 15, 13, 13, 31, 21, 13, 7, 5, 11, 5, 6, 13.

Как и в предыдущих примерах, данные заданы на неупорядоченной группе, и, следовательно, определение маски бессмысленно. Популяция в 23 раза больше, чем число всех состояний переменных. Следовательно, нет необходимости в укрупнении разрешающей формы переменных.

Поскольку методологически этот пример похож на предыдущие, предложим читателю только результаты, полученные с использованием двух вариантов анализа реконструируемости, а их обсуждение и интерпретацию оставим читателю. Эти два варианта используют соответственно вероятностную и возможностную функции поведения. В обоих случаях использовались только C -структуры и на каждом уровне уточнялись только те C -структуры для которых расстояние не превышает 20% от минимального на этом уровне расстояния (см. табл. 3).

Таблица 3

Результаты анализа реконструируемости жилищных условий в городе (пример 3)

а) Вероятностный вариант			б) Возможностный вариант			
I	Структура	Расстояния	I	Структура	Расстояния	
1	134/234	0 0030	1	134/234	0 0197	
	124/234	0 0045		124/234	0 0235	
	123/234	0 0069		123/234	0 0312	
	124/134	0 0023**		124/134	0 0182*	
	123/134	0 0094		123/134	0 0845	
	123/124	0 0023**		123/124	0 0162**	
2	13/14/23/24	0 0051	2	13/14/23/24	0 0360*	
	124/23	0 0053		124/23	0 0335*	
	123/24	0 0077		123/24	0 0408	
	124/13	0 0038**		124/13	0 0325**	
	123/14	0 0109		123/14	0 0957	
	134/24	0 0047		134/24	0 0329*	
	124/34	0 0062		124/34	0 0350*	
	12/13/24/34	0 0089		12/13/24/34	0 0478	
	12/134	0 0110		12/134	0 0973	
	3	14/13/24		0 0062**	3	14/13/24
124/3		0 0065*	124/3	0 0454**		
12/13/24		0 0093	12/13/24	0 0585		
12/13/14		0 0124	12/13/14	0 1128		
4		14/24/3	0 0089**			14/24/34
	13/24	0 0104*	13/24/34		0 0693	
	14/13/2	0 0136	134/2		0 1095	
	12/3/24	0 0120	14/23/24		0 0531*	
	12/3/14	0 0151	12/23/24		0 0662	
	5	1/24/3	0 0131**			12/23/14
14/2/3		0 0163	12/34/24	0 0660		
13/2/4		0 0178	12/34/14	0 1141		
6		1/2/3/4	0 0205**			13/23/24
			13/14/23		0 1128	
			4	14/3/24	0 0658**	
				12/3/24	0 0779*	
				12/3/14	0 1237	
				13/24	0 0785*	
				14/13/2	0 1241	
				1/23/24	0 0943	
			5	14/23	0 1296	
				1/3/24	0 1087**	
				14/3/2	0 1427	
				12/3/4	0 1492	
			6	13/2/4	0 1530	
				1/2/3/4	0 1832**	

¹ Уточненные структуры помечены звездочкой; уточненные структуры с минимальными расстояниями помечены двумя звездочками

Пример 9.4. Этот пример содержит описание исследования взаимосвязи политической ситуации и уровня цен на бирже в США (XX в.). Политическая ситуация описывается тремя бинарными переменными:

v_1 — политическая партия президента (0 — демократическая,

1 — республиканская);

v_2 — партия, контролирующая палату представителей (0 — демократическая, 1 — республиканская);

v_3 — партия, контролирующая сенат (0 — демократическая, 1 — республиканская).

Характеристика уровня цен на бирже представлена единственной переменной:

v_4 — уровень цен на бирже (0 — падает, 1 — растет).

Эти переменные регистрировались в период с 1897 по 1981 год. Весь период разделен на 21 равный интервал в соответствии с четырехлетним периодом нахождения президента у власти. Переменные v_2 и v_3 определяются соответственно большинством в палате представителей и сенате в начале каждого периода.

Очевидно, что исходная система представляет чрезвычайно упрощенное описание рассматриваемых характеристик. Она используется здесь только для иллюстрации того, как ОРЗП может применяться при изучении систем этого вида. Например, можно при желании выделить больше состояний переменной v_4 или разделить рассматриваемый период на временные интервалы (не обязательно равные), отличающиеся друг от друга изменением переменных. Можно рассмотреть некоторые дополнительные политические или экономические переменные, такие, как общая характеристика политической ситуации в стране, инфляция, безработица, падение или рост валового национального продукта и т. д.

В табл. 4 представлены данные, описывающие исходную систему.

Таблица 4.

Матрица данных из примера 4

f	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
v_1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
v_2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
v_3	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
v_4	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0

Существует много способов использования ОРЗП при обработке данных и получении систем на более высоких эпистемологических уровнях. Вот один из возможных сценариев.

Сначала пользователь захотел определить допустимые маски при $\Delta M = 2$ как для вероятностного, так и для возможностного подходов. Поскольку у него не было никаких определенных требований, то ОРЗП предлагает ему результаты, показанные на рис. 8; они основаны на обычных целевых критериях (порождающая нечеткость и размер маски), реализованных при отсутствии выбора. Рисунок понятен (заштрихованными областями показаны выборочные переменные, связанные с отдельными масками).

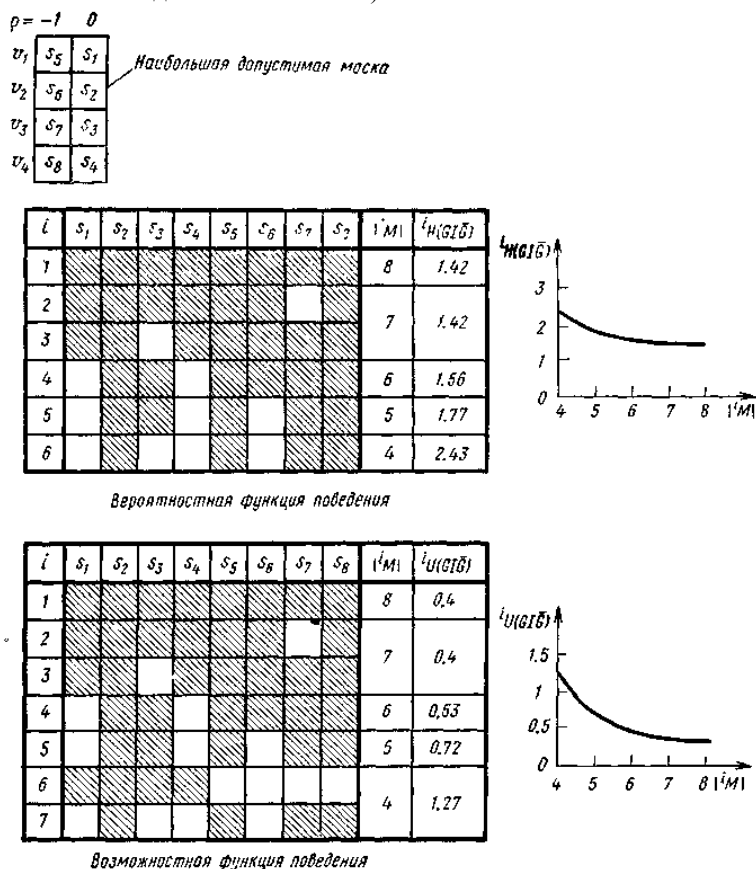


Рис. 8. Оценка масок в примере 4 или $M=2$ (рынок акций и Федеральное правительство США)

Видно, что оба подхода приводят к почти одинаковым множествам допустимых масок, но возможностный подход содержит одну дополнительную маску для четырех выборочных переменных (маска без памяти). Предварительно пользователь решил выбрать маску с пятью переменными, но при этом хотел быть уверенным в том, что среди допустимых масок нет лучших масок с пятью переменными. Поэтому он запросил допустимые маски при $\Delta M=3$ и $|^i M|=5$. В результате он получил такую же, как раньше маску, представляющую выборочные переменные s_2, s_3, s_5, s_7, s_8 . Таким образом, выбор этой маски был хорошо обоснован, и пользователь принял ее за основу для дальнейшей работы. Поскольку имеется всего 21 наблюдение и 32 состояния переменных, то пользователь решил осуществить анализ реконструируемости системы с поведением, основывающейся на выбранной маске, только с использованием возможностного подхода. В табл. 5 с использованием тех же обозначений, что и в примере 3, приведены допустимые реконструктивные гипотезы; для удобства выборочные переменные переобозначены, как показано на рис. 9,а.

Таблица 5.

Допустимые реконструктивные гипотезы из примера 4, основанные на маске, определенной на рис. 9,а

l	Структура	D_l
1	1234/1345	0.0
2	123/1345 123/135/124/145 1234/135	0.0097
3	123/135/124	0.0138
4	123/124/35	0.0277
5	124/35/23	0.0333
6	12/35/23/24	0.0579
7	1/35/23/24 12/35/23/4	0.1667
8	1/35/23/4	0.2805
9	1/23/4/5	0.4138
10	1/2/3/4	0.5610

Анализ зависимости D_l от l (рис. 9,б) показывает, что D_l достаточно мало при $l \leq 6$ и значительно возрастает при $l > 6$.

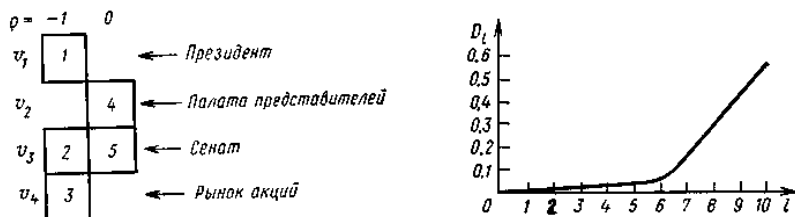


Рис. 9. К таблице 5 (пример 4)

Следовательно, на шестом уровне структура 12/35/23/24 представляется как наиболее информативная реконструктивная гипотеза, т. е. наиболее уточненная в описываемом малыми расстояниями кластере.

Ее блок-схема с указанием соответствующих связей переменных показана на рис. 10.

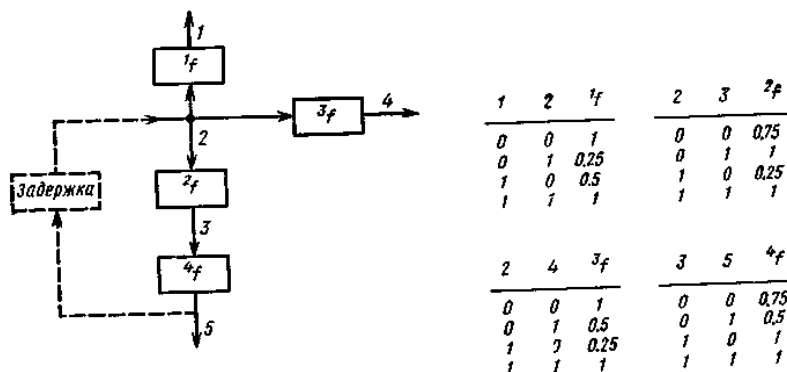


Рис. 10. Основная реконструктивная гипотеза для примера 4 (рынок акций и федеральное правительство США)

Переменная 2, являющаяся единственной порождающей переменной во всей системе, рассматривается как входная переменная для отдельных подсистем; в действительности она определяется предыдущим состоянием переменной 5, а не произвольно зависит от окружающей среды, что и показано на блок-схеме с помощью блока ЗАДЕРЖКА, связывающего эти две переменные. Тогда направления оставшихся переменных определяются единственным образом.

Из допустимых реконструктивных гипотез, приведенных в табл. 5 и особенно из основной гипотезы, показанной на рис. 10, можно сделать некоторые общие выводы.

1. В течение одного периода уровень цен на бирже и большинство в сенате строго взаимосвязаны (видно, что переменные 2 и 3 входят в одну подсистему во всех, кроме последней, допустимых гипотезах).
2. Уровень цен на бирже в течение одного временного интервала строго определяет большинство в сенате в следующем интервале (переменные 3 и 5 становятся несвязанными только на девятом уровне уточнения).
3. Наиболее важной переменной изучаемой системы является большинство в сенате (переменная 2 содержится в трех подсистемах основной гипотезы реконструкции); с той же степенью значимости (сравните допустимые гипотезы на шестом и седьмом уровнях) она связана с партией президента в текущем временном интервале и с партией, контролирующей палату представителей в течение следующего временного интервала.

Более конкретные выводы можно получить из распределений возможностей подсистемы основной гипотезы, показанной на рис. 10 и, возможно, из полной системы, восстановленной из основной гипотезы с использованием различных характеристик реконструкции; полная система может быть получена при соответствующем обращении к ОРЗП. Эти более детальные интерпретации результатов оставим заинтересованному читателю.

Пример 5. Этот пример описывает фрагмент типичного взаимодействия специалиста-эколога и ОРЗП. Здесь иллюстрируется возможность использования ОРЗП при обработке комбинации экологических и климатических данных. Эти данные связаны с оз. Онайда, самым большим озером в шт. Нью-Йорка (в среднем 33,6 км в длину и 8,8 км в ширину). Рассматриваются следующие десять переменных:

- v_1 — полное содержание биомассы зоопланктона (г/л);
- v_2 — полное содержание биомассы фитопланктона (г/л);
- v_3 — хлорофилл (г/л);
- v_4 — нитраты (г/л);
- v_5 — растворенные реактивы кремния (г/л);
- v_6 — растворенные реактивы фосфора (г/л);
- v_7 — температура воды (°C);
- v_8 — солнечная радиация (ленгли/день) (ленгли — единица солнечной радиации);
- v_9 — осадки, водный эквивалент (дюйм/день);
- v_{10} — ветер, средняя скорость (миль/час).

При обращении к ОРЗП у эколога есть матрица данных 10×193 , содержащая состояния этих переменных, полученные в течение 193 дней наблюдения с 12 апреля 1977 г. по 21 октября 1977 г. .

Поскольку переменные были измерены с высокой степенью точности, а проведено только 193 наблюдения, то для получения из имеющихся данных разумных результатов представление переменных должно быть сильно огрублено. Исходя из разных соображений, эколог принимает решение использовать критерий равной частоты (разбиение на блоки, состоящие из равных групп). Он также принимает решение сократить множество состояний всех переменных до трех состояний, кроме переменной v_9 , множество состояний которой нужно сократить до двух состояний. Основываясь на этих решениях, ОРЗП определяет разрешающие формы, показанные в табл. 6, и использует их для преобразования исходных данных к новому виду. Для экономии места этот новый вид данных (матрица целых чисел 10×193), являющийся основой дальнейшей обработки, здесь не приводится.

Таблица 6.

Разрешающие формы из примера 5 (оз. Онаяда)

Переменные	Идентификаторы состояний		
	0	1	2
v_1 {зоопланктон}	[1.5—147.7]	[147.7—215.2]	[215.2—338.9]
v_2 {фитопланктон}	[202.3—2170.4]	[2170.4—5122.6]	
v_3 {хлорофилл}	[1.3—8.3]	[8.3—12.7]	[5122.6—14963.2]
v_4 {азот}	[0.0—54.5]	[54.5—253.8]	[12.7—27.5]
v_5 {кремний}	[25.0—337.7]	[337.7—605.6]	[253.8—543.8]
v_6 {фосфор}	[1.4—2.1]	[2.1—4.4]	[605.6—1354.9]
v_7 {температура}	[2.2—15.2]	[15.2—20.2]	[4.4—24.0]
v_8 {солнечная радиация}	[0.0—221.2]	[221.2—442.3]	[20.2—23.4]
v_9 {осадки}	[0.0]	[0.0—1.75]	[442.3—663.5]
v_{10} {ветер}	[3.7—7.6]	[7.6—10.2]	[10.2—18.6]

Ясно, что даже после сильного огрубления форм представления число наблюдений слишком мало (в 204 раза меньше) по сравнению с числом всех состояний, определенных для переменных. Поэтому эколог принимает решение использовать исключительно возможностный подход, который существенно меньше зависит от объема данных, и исследовать некоторые наиболее значимые под множества переменных.

Во-первых, определены реконструктивные свойства системы, содержащей только переменные $v_1, \dots, v_6$. Допустимые реконструктивные гипотезы на первом — шестом уровнях уточнения перечислены в

табл. 7; их расстояния на более высоких уровнях уточнения слишком велики в соответствии с определенным экологом критерием.

Таблица 7.

Подходящие реконструктивные гипотезы, основанные на переменных $v_1, \dots, v_6$ (пример 5)

I	Структура	D_I
1	12345/12356	0.0021
2	12345/1356	0.0049
3	1345/1356/1235	0.0098
4	1356/1235/345	0.0242
5	1356/123/345	0.0386
6	136/123/345/356	0.0544

Блок-схема максимально уточненной допустимой гипотезы, которая в дальнейшем называется гипотеза **SF**, показана на рис. 11.

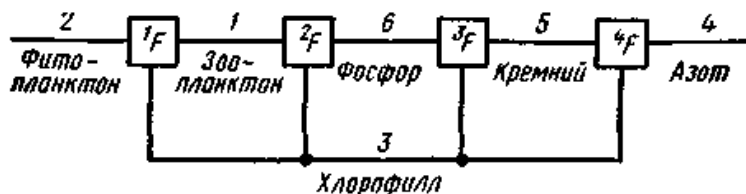


Рис. 11. Схема основной реконструктивной гипотезы, основанной на переменных $v_1, \dots, v_6$ (и маске без памяти (пример 5))

Некоторые разумные результаты можно получить из множества решений табл. 7. Один из них — значимость переменной v_3 , которая сильно взаимосвязана со всеми остальными переменными. Гипотеза **SF** (рис. 7) может также использоваться как руководство при дальнейших, более детальных исследованиях, выборе соответствующих подмножеств переменных. Поскольку в данном исследовании наибольший интерес представляет переменная 1 (зоопланктон), то эколог принимает решение в дальнейших исследованиях исключить из рассмотрения переменные v_4 и v_5 , которые в гипотезе **SF** напрямую не связаны с переменной v_1 . Кроме того, он исключает переменную v_2 ,

основываясь на том, что она хорошо представляется переменной v_3 (хлорофилл); это обусловлено сильной взаимосвязью этих двух переменных, а также их экологической значимостью. В результате остаются переменные v_1, v_2, v_3 .

Для более тщательного изучения переменных v_1, v_3, v_6 эколог требует определить все допустимые маски с тремя порождающими переменными, определенные среди наибольших допустимых масок при $\Delta M=6$. Это требование приводит к двум допустимым маскам M_1 и M_2 , показанным на рис. 12.

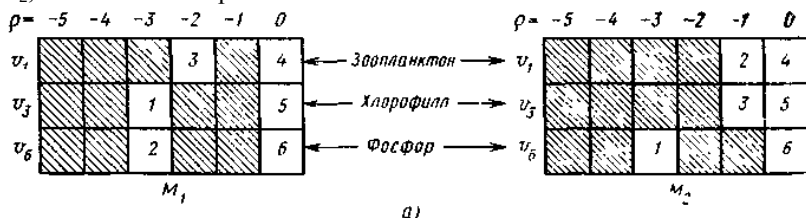


Рис. 12. Допустимые маски из примера 5

Результаты применения анализа реконструируемости к системам с поведением, полученным для этих масок из имеющихся данных, приведены в табл. 8 — это допустимые гипотезы реконструкции.

Таблица 8.

Подходящие реконструктивные гипотезы, основанные на масках M_2 и M_1 , (пример 5, см. рис. 12)

Маска M_1			Маска M_2		
I	Структура	D_I	I	Структура	D_I
1	13456/23456	0.0006	1	12346/12356	0.0003
2	1356/23456	0.0019	2	1246/1356/2346/2356	0.0010
3	1356/2456/3456	0.0032	3	1356/2346/2356	0.0017
4	156/2456/3456	0.0094	4	1356/234/2356	0.0033
5	156/2456/346	0.0137	5	1356/2356/34	0.0046
6	156/2456/34	0.0159	6	1356/256/34	0.0087
7	156/245/34/256	0.0232	7	1356/25/34	0.0148
8	15/245/34/256	0.0339	8	156/25/34/356	0.0231
9	15/245/34/26	0.0401	9	16/25/34/356	0.0341
10	15/24/34/26/25	0.0549	10	16/25/34/36/56	0.0542

В эту таблицу не включены уровни уточнения выше десятого, поскольку они не приемлемы по критерию эколога. Видно, что в этих

двух масках идентификаторы $v_1, \dots, v_6$ выборочных переменных имеют разный смысл.

Таблица 8 является богатым источником для всевозможных выводов, включая и выводы, связанные с направлениями переменных, но, поскольку они могут содержать подходы, отличные от системных, здесь они будут опущены. Тем не менее опишем одно дополнительное взаимодействие эколога с ОРЗП. Эколог решает дополнить три экологические переменные v_1 (зоопланктон), v_3 (хлорофилл), v_6 (фосфор) четырьмя климатическими переменными v_7 (температура воды), v_8 (солнечная радиация), v_9 (осадки), v_{10} (ветер) и осуществить реконструктивный анализ для системы с поведением, основанной на этих семи переменных и маске без памяти. Схема максимально уточненной реконструктивной гипотезы показана на рис. 13.

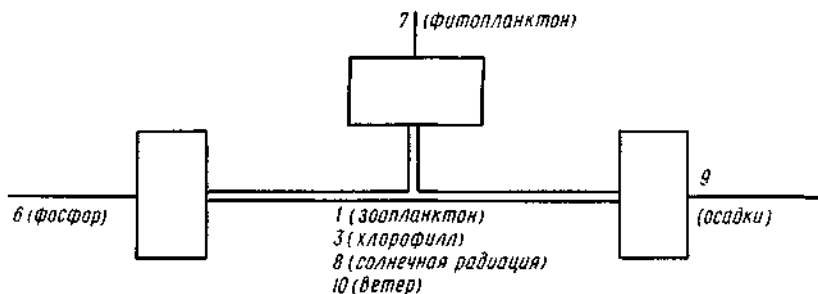


Рис. 13. Наиболее уточненная допустимая реконструктивная гипотеза для переменных v_1, v_3, v_6 — v_{10} и маски без памяти — из примера 5

Среди возможных результатов практический интерес для эколога представляет то, что переменная v_{10} (ветер) имеет такое же значение, как и переменная v_8 (солнечная активность). Это, по-видимому, является следствием того, что оз. Онайда чрезвычайно мелкое.

Теперь эколог может использовать ОРЗП для дальнейшего изучения центральных переменных 1, 3, 8, 10 в последней удачной гипотезе (рис. 13), но предыдущее описание представляется вполне достаточным, чтобы проиллюстрировать роль ОРЗП в новом и творческом процессе научного исследования.

Пример 6. В этом примере показано, как одна из имеющихся реализаций ОРЗП использовалась при изучении хирургии на открытом сердце. Для исходной системы важны следующие шесть физиологических параметров, которые в течение операции регистрировались у пациента с периодом в 30 с (т. е. в моменты времени 0 с, 30 с, 60 с, 90 с ...):

v_1 — систолическое кровяное давление (**SBP**);

v_2 — среднее кровяное давление (**MBP**);

v_3 — центральное венозное давление (**CBP**);

v_4 — пропускная способность сердца (**CO**);

v_5 — частота пульса (**HP**);

v_6 — остаточное артериальное давление (**LAP**).

Для каждой переменной определено пять состояний, помеченных идентификаторами 1, 2, 3, 4, 5. По принятой шкале состояние 3 соответствующей характеристики означает с медицинской точки зрения норму. Состояния 1 и 5 соответствуют критическим состояниям, требующим незамедлительных действий, приводящих к желательным изменениям, поскольку в противном случае пациент может умереть. Состояния 2 и 4 нежелательны (опасны), но не критичны. Цель настоящего исследования состоит в определении реконструктивных свойств системы, знание которых может помочь анестезиологу в ходе операции при неблагоприятных ситуациях.

В табл. 9 приведена вероятностная функция поведения, связанная с этим примером исследования и основанная на маске, показанной на рис. 14,а.

Таблица 9.

Функция поведения из примера 6

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	$f(c)$		s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	$f(c)$
$c = 3$	1	3	3	4	5	0.005		3	3	3	3	3	5	0.005	
	3	2	3	1	3	3	0.025		3	3	3	3	4	3	0.025
	3	2	3	3	3	3	0.171		3	3	3	3	4	4	0.005
	3	2	3	3	3	4	0.005		3	3	3	3	4	5	0.010
	3	2	3	3	3	5	0.005		3	3	3	3	5	5	0.025
	3	2	3	3	4	3	0.005		3	3	3	4	3	3	0.035
	3	2	3	3	4	4	0.005		4	2	3	3	3	3	0.025
	3	2	3	3	4	5	0.005		4	3	3	3	3	3	0.101
	3	2	3	3	5	5	0.030		4	3	3	3	3	4	0.005
	3	2	3	4	3	3	0.010		4	3	3	3	3	5	0.005
	3	2	5	3	4	5	0.005		4	3	3	3	4	4	0.010
	3	3	3	1	3	3	0.005		4	3	3	3	4	5	0.010
	3	3	3	3	3	3	0.442		4	3	3	3	5	5	0.005
	3	3	3	3	3	4	0.015								

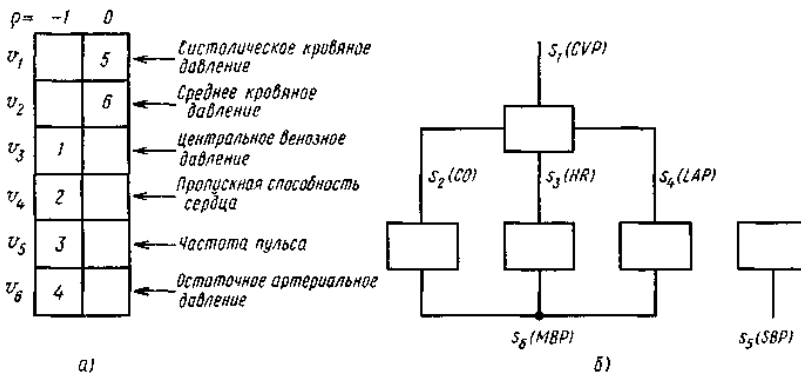


Рис. 14. Наиболее уточненные допустимые $\mathcal{G}$ -структуры из примера 6 (операции на открытом сердце)

Она описывает среднего пациента — мужчину возраста около 45 лет — и получена в результате обработки данных, собранных в ходе 100 успешных операций. Видно, что для этой категории пациентов: 1) полностью нормальное состояние, в котором все переменные находятся в состоянии 3, далеко от наиболее вероятного состояния; 2) часть переменных никогда не находится в определенных нежелательных состояниях (например, состояниях 1, 2 и 5 для переменной v_1). Возможно, что для различных категорий пациентов (женщины, различный возраст и т. д.) могут быть получены разные функции поведения. Маска, для которой определена функция поведения, выделена ОРЗП как наилучшая в следующем смысле: это единственная маска при $\Delta M=2$ с шестью выборочными переменными, которая приводит к наименее нечеткой ST-системе. Представляющая для анестезиолога максимальный интерес ST-функция была также определена ОРЗП, но здесь в силу большого размера ее матрица 27×27 или список из 729 записей) не приводится.

Для обработки данных существует много других способов использования ОРЗП. В качестве иллюстрации применим определенный вариант анализа реконструируемости функции поведения из табл.9. Такой подход характеризуется следующими требованиями: сначала анализируются C-структуры, а затем анализируются G-структуры в классах r -эквивалентности максимально уточненных допустимых C-структур; максимально допустимый рост расстояния между уровнями уточнения C-структур составляет 0.016;

G-структуры в рассматриваемых классах r -эквивалентности допустимы только тогда, когда их расстояние совпадает с расстоянием соответствующей C-структуры;

используется расстояние Хемминга; для итерационной процедуры объединения $\Delta=0.0001$.

В соответствии с этими требованиями в табл. 10 а перечислены допустимые C-структуры на отдельных уровнях уточнения. Единственно допустимой является структура 1234/26/36/46/5; ее лучший предшественник приведен в табл. 10 б, а схема показана на рис. 14, б.

Таблица 10.

Подходящие реконструктивные гипотезы для функции поведения, приведенной в табл. 9 (пример 6 — операции на открытом сердце)

а) C-структуры			б) G-структуры		
l	Структура	D_l	l	Структура	D_l
1	12346/12456	0.0	1	1234/236/246/346/5	0.0127
	12345/12346	0.0	2	1234/236/346/5	0.0127
2	12346/1245	0.0	3	1234/346/26/5	0.0127
3	12346/145	0.005	4	1234/26/36/46/5	0.0127
4	12346/15	0.0089			
5	12346/5	0.0099			
6	1234/2346/5	0.0127			

Эта структура может значительно помочь анестезиологу. Например, она показывает, что систолическое кровяное давление слабо зависит от других переменных, в особенности от частоты пульса и среднего кровяного давления (см. табл. 10 а при $l=1, 2$), и что одновременно не надо рассматривать более четырех (из шести) переменных. Хотя из данной структурированной системы можно получить и другие результаты, их дальнейшую интерпретацию лучше предоставить соответствующим медицинским экспертам.

Пример.7. Этот пример иллюстрирует применение ОРЗП в археологии. Здесь описывается малая часть большого исследования, выполненного в период 1978—1980 гг.. Объектом изучения являлся Браун-Нолл, доисторическое поселение в центральной части шт. Нью-Йорк. Поселение находилось на вершине каменистого холма в долине слияния рек Саскуэханна и Шеневас-Крик.

Из предыдущих археологических работ было известно, что на Браун-Нолл есть участки, где сохранились следы различных видов деятельности доисторических охотников — каменные инструменты,

костяные и деревянные изделия, орехи, остатки очагов и жилищ и т. п., относящиеся приблизительно к периоду от 3000 до 500 года до н. э. Обычные методы археологических раскопок в этом случае были неприменимы, поскольку требовалась вертикальная стратиграфия почвы, необходимая для разделения разных по времени поселений. Кроме того, местность частично была деформирована недавними пахотными работами.

При проведении археологических работ использовалось два вида раскопок: 1) 1068 пробных расположенных в 5 м друг от друга шурфов (максимально допустимая в этом месте глубина и диаметр археологических раскопок составляет 30 см); 2) 291 более крупный раскоп (1×1 м). Пробные шурфы делались для определения мест концентрации археологических находок, и в дальнейшем такие шурфы раскапывались в квадраты. Множество положений отдельных раскопов (пробных шурфов или квадратов) представляет в этом примере параметрическое множество. Хотя правильное расположение в пространстве пробных шурфов можно использовать для изучения пространственного отношения с помощью набора масок, в этом примере ограничимся масками без памяти. Находки в каждом раскопе описывались с помощью четырех переменных: нарушенные слои, блоки, обломки, целые слои. Для каждой переменной было выделено от двух до пяти состояний. Они были определены ОРЗП исходя из условия равных частот. В табл. 11 приведены примеры двух множеств полученных разрешающих форм.

Таблица 11.

Примеры двух множеств разрешающих форм для функции поведения, приведенной в табл. 9

Переменные	Идентификаторы состояний				
	0	1	2	3	
Множество I					
v_1 (нарушенные слои)	0	1,2	≥ 3	—	
v_2 (блоки)	0	1,2	≥ 3	—	
v_3 (обломки)	0	1,2	≥ 3	—	
v_4 (слои)	0—2	3—8	9—14	≥ 15	
Множество II					
Переменные	0	1	2	3	4
v_1 (нарушенные слои)	0	≥ 1	—	—	—
v_2 (блоки)	0,1	≥ 2	—	—	—
v_3 (обломки)	0	≥ 1	—	—	—
v_4 (слои)	0	1	2	3,4	≥ 5

В ходе исследования были определены некоторые другие множества разрешающих форм, основанные на условиях равных частот, и для каждой соответствующей системы с поведением без памяти был выполнен анализ реконструируемости. Было показано также, что такие изменения в разрешающих формах рассматриваемых переменных слабо влияют на множество решений. Это означает, что допустимые гипотезы реконструкции хорошо параметризованы. В этом примере из определенных в табл. 11 разрешающих форм рассматривается только множество II. Использовались три соответствующих множества данных, основанных на нераспаханных пробных шурфах; распаханых пробных шурфах; всех пробных шурфах. В табл. 12 приведены вероятностные функции поведения, полученные из этих трех множеств данных и обозначенные соответственно f_1 , f_2 и f_3 .

Таблица 12.

Вероятностные функции поведения из примера 7 (археологические раскопки)

v_1	v_2	v_3	v_4	$f_1(c)$	$f_2(c)$	$f_3(c)$	v_1	v_2	v_3	v_4	$f_1(c)$	$f_2(c)$	$f_3(c)$
c=0	0	0	0	0.628	0.211	0.437	1	0	0	0	0.002	0.023	0.011
	0	0	1	0.103	0.137	0.119	1	0	0	1	0.007	0.012	0.009
	0	0	2	0.050	0.114	0.081	1	0	0	2	0.004	0.008	0.006
	0	0	3	0.042	0.123	0.079	1	0	0	3	0.005	0.025	0.014
	0	0	4	0.056	0.142	0.095	1	0	0	4	0.016	0.027	0.020
	0	0	1	0	0.012	0.016	1	0	1	0	0.002	0.002	0.002
	0	0	1	1	0	0.014	1	0	1	1	0.004	0.002	0.003
	0	0	1	2	0.004	0.010	1	0	1	2	0.002	0	0.001
	0	0	1	3	0.002	0.012	1	0	1	3	0	0.008	0.004
	0	0	1	4	0.010	0.027	1	0	1	4	0.009	0	0.005
	0	1	0	0	0.004	0.012	1	1	0	0	0	0	0
	0	1	0	1	0.005	0.006	1	1	0	1	0.002	0	0.001
	0	1	0	2	0.002	0.010	1	1	0	2	0	0.002	0.001
	0	1	0	3	0.004	0.014	1	1	0	3	0	0	0
	0	1	0	4	0.016	0.020	1	1	0	4	0.007	0.002	0.005
	0	1	1	0	0.002	0.004	1	1	1	0	0	0	0
	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
	0	1	1	2	0	0.004	1	1	1	2	0	0	0
	0	1	1	3	0	0	1	1	1	3	0	0	0
	0	1	1	4	0.004	0.008	1	1	1	4	0.002	0.002	0.002

Допустимые множества гипотез реконструкции (основанные исключительно на C-структурах) приведены на каж ой из них в табл. 13, соответствующие зависимости D_l от l показаны на рис. 15.

Таблица 13.

**Подходящие множества реконструктивных гипотез
из примера 7**

Номер	Структура	Вероятность	Номер	Структура	Вероятность
а) Нераспаханные пробные шурфы (f_1)			4	14, 24/3	0.0075 а), в)
1	134, 234	0.0006 б), в)	5	24/1/3	0.0095 а)
2	134/24	0.0016 Нет	6	1/2/3/4	0.0120 а), в)
3	14/24/34	0.0059 в)	в) Все пробные шурфы (f_3)		
4	14/24/3	0.0126 б), в)	1	134/234	0.0007 а), б)
5	24/1/3	0.0286 б)	2	14, 234	0.0019 Нет
6	1/2, 3/4	0.0400 б), в)	3	14/24/34	0.0036 а)
б) Распаханные пробные шурфы (f_2)			4	14/24/3	0.0077 а), б)
1	134/234	0.0023 а), в)	5	14, 2/3	0.0140 Нет
2	13, 234	0.0039 Нет	6	1/2/3/4	0.0208 а), б)
3	1/234	0.0058 Нет			



Рис. 15. Результаты реконструктивного анализа из примера 7 (археологические раскопки)

Пример 8. В этом примере выделено следующие пять переменных, каждая из которых может принимать четыре состояния (0 — низкое, 1—среднее, 2—высокое, 3 — очень высокое):

v_1 — энергетический уровень;

v_2 — количество потребляемых жиров;

v_3 — количество потребляемых углеводов;

v_4 — число упражнений;

v_5 — продолжительность сна (в предыдущую ночь).

Каждое утро фиксировались состояния переменных $v_1, \dots, v_4$ в предыдущий день и состояние переменной v_5 на текущий день.

Следующая выборка данных была получена в течение начального периода (50 дней):

$v_{1,t} = 21101101022112221021022121021212212133321012222102$
 $v_{2,t} = 221031101210223211021112112110212122221311011121212$
 $v_{3,t} = 2111131221123111013331122322221132201232323121331$
 $v_{4,t} = 301001020230020100210220100002013001202030011101200$
 $v_{5,t} = 012112221331322002212233313132130100321001121120011$

Из анализа данных с целью выделения допустимых систем с поведением при $\Delta M = 2$ и обычном требовании (нечеткость, сложность) следует, что допустимые маски для вероятностного и возможностного подходов полностью совпадают. Они показаны на рис. 16,а, где выборочные переменные имеют тот же смысл, что и на рис. 16,б.

i	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	$ M $	$i_U(G/\bar{G})$	$i_H(G/\bar{G})$
1											10	0.119	0.387
2											9	0.218	0.531
3											8	0.453	1.037
4											7	1.128	2.234
5											6	1.868	3.685
6											5	3.143	5.168
7													

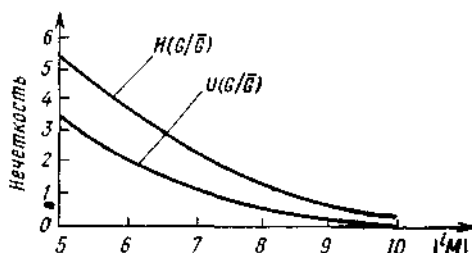
а)

$\rho = -1 \quad 0$

v_1	s_6	s_1
v_2	s_7	s_2
v_3	s_8	s_3
v_4	s_9	s_4
v_5	s_{10}	s_5

$= M$

б)



в)

Рис. 16. Допустимые маски при наибольшей допустимой маске M из примера 8 (самонаблюдение)

На рис 16,в изображены зависимости порождающих нечеткостей от размеров масок.

Теперь можно осуществить анализ реконструируемости для систем с поведением, основанных на некоторых из этих допустимых масок. В качестве иллюстрации опишем здесь случай возможностного подхода для маски с шестью выборочными переменными (рис. 17,а) (для вероятностного анализа число наблюдений недостаточно) и С-структур.

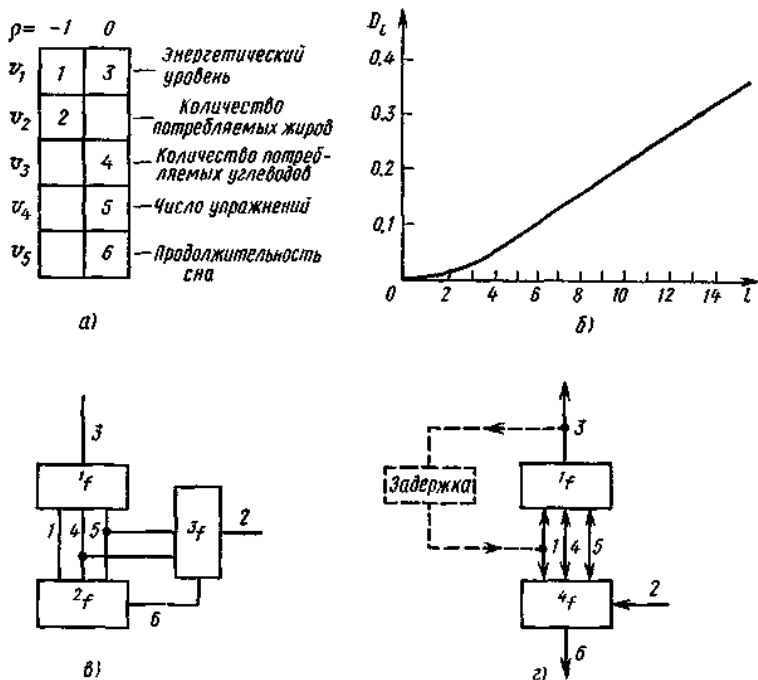


Рис. 17. Реконструктивный анализ из примера 8

Зависимость D_l от l для этой маски показана на рис. 17,б. Видно, что уровни уточнения естественным образом кластеризуются на $l = 1, 2, 3$. Для первых трех уровней допустимые гипотезы реконструкции единственны:

- 13456/23456 ($l=1$);
- 1345/2345/1456/2456 ($l=2$);
- 1345/1456/2456 ($l=3$)

Каждая из этих гипотез четко отличается (по информационному расстоянию) от конкурирующих гипотез на этом же уровне уточнения. В противоположность этому на каждом уровне при $l \geq 4$ возникают большие кластеры допустимых гипотез реконструкции. Следовательно, гипотеза 1345/1456/2456 представляется наиболее информативной. На рис. 17,*а* показана ее схема.

Для того чтобы показать влияние переменных v_1, v_2, v_4, v_5 на переменные v_3 и v_6 , представляющие в исследуемой системе наибольший интерес, необходимо ввести соответствующие направления для переменных. Переменная v_6 определяется либо функцией ${}^2f$, либо функцией ${}^3f$ (но не одновременно). Возникающая дилемма может быть решена следующим образом: определив неопределенности в обоих случаях, надо выбрать вариант с меньшей нечеткостью. Тогда одна из двух функций (${}^2f$ или ${}^3f$) не используется, и соответствующую подсистему можно исключить из рассмотрения. Другая возможность решения дилеммы, связанная с управлением переменной v_6 , заключается в объединении подсистем 1456 и 2456 в одну большую подсистему, как показано на рис. 17,*з*.

Определенная выше исходная система (или ее модификации) может также рассматриваться как метасистема. В этом случае данные необходимо разбить на отдельные фрагменты, характеризующиеся определенными особенностями, такими, как специальная диета, чрезмерные нагрузки (до и во время соревнований) и др. Каждое характерное подмножество данных должно анализироваться независимо от других подмножеств и результирующие системы с поведением или структурированные системы должны быть затем объединены в одну метасистему с помощью соответствующей процедуры замены.

Пример 9. Рассмотрим показанный на рис 18,*а* простой перекрывающийся контур, состоящий из двух элементов, представляющих логические функции И и ИЛИ.

При всех состояниях входных переменных v_1, v_2, v_3, v_4 выходные переменные v_5 и v_6 находятся в показанных на рис. 18,*б* состояниях. Очевидно, что из-за отмеченных на рисунке состояний *а* и *б* система не детерминирована; у нее есть память. Когда $v_1=v_2=1$, а $v_3=v_4=0$, то действительное состояние выходных переменных v_5 и v_6 содержит информацию о последнем изменении входных переменных. Например, если последнее изменение связано только с переменными v_1 и v_2 , то $v_5=v_6=0$; если оно связано только с переменными v_3 и v_4 , то $v_5=v_6=1$.

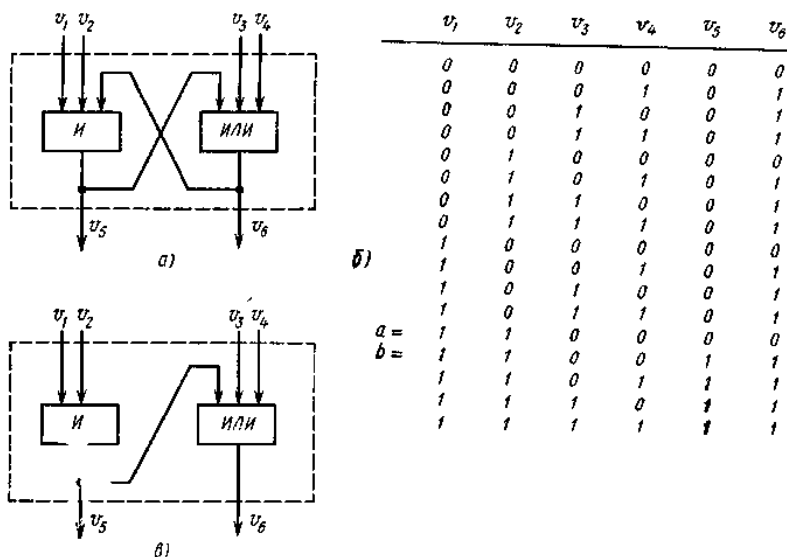


Рис. 18 Определение дефекта соединения (пример 9)

Предположим теперь, что в силу некоторого дефекта в связях системы состояние a никогда не реализуется, а все остальное не изменилось. Предположим, что у нас для определения дефекта нет прямого доступа к системе. Тогда единственный непрямой способ определения дефекта заключается в анализе реконструктивных свойств новой системы с поведением (системы без состояния a), находящейся в соседстве со структурой, представляющей корректную систему, показанную на рис. 18,а. Рассматривая все перечисленные на рис. 18,б состояния, кроме состояния a , как допустимые, а остальные состояния как недопустимые, в результате возможностного анализа С-уточнений корректной структуры 1256/3456 получаем две структуры с нулевым расстоянием: 125/3456/156 и 125/3456/256. Из дальнейшего уточнения каждой из них следует, что только структура 125/3456 имеет нулевое состояние. Производя следующее уточнение, получаем, что ее остальные прямые уточнения имеют ненулевое состояние. Таким образом, структура 125/3456 представляет новую систему; ее схема показана на рис. 18,в. Теперь дефект становится очевидным: нарушена связь между переменной v_6 и элементом И.

В этом примере, поскольку мы предполагали изменения в связях, но не разрушение переменных, применение RC-процедуры было достаточно. Пользователь может также использовать ОРЗП в интерактивном

режиме и запросить только те структуры, которые соответствуют дефектам связей, например 1256/346, 125/3456, 256/3456, 156/3456 и т. д.

Отметим, что в этом примере не рассматривается, каким именно способом осуществлена физическая реализация системы. Каждая конкретная реализация может иметь какие-либо дополнительные особенности, которые необходимо учитывать. Тем не менее всегда при решении задач этого типа пользователь может обращаться за помощью к ОРЗП.

Пример 10. Рассмотрим монитор как один из подходов к оценке производительности вычислительных систем. Ниже на конкретном примере показано применение ОРЗП в этой предметной области.

Было отмечено, что в течение временных интервалов порядка 20 мин эффективность работы центрального процессора вычислительной системы снижается со 100 до 80% и ниже. Чтобы избавиться от этого необычного явления, был проведен мониторинг девяти тщательно отобранных переменных, характеризующих вычислительную систему.

Наблюдение осуществлялось, когда снизилась эффективность работы центрального процессора. Длительность наблюдения составляла 49 мин с уровнем разрешения 30 с. Это значит, что имелось 98 наблюдений. В каждом из наблюдений в течение соответствующего интервала в 30 с регистрировалась эффективность работы (в процентах) каждого рассматриваемого элемента. Затем с помощью ОРЗП эти данные были преобразованы к булевому виду. Было потребовано, чтобы состояния этих новых переменных определялись между «высокой» и «низкой» эффективностями соответствующих элементов, исходя из их средних значений, определенных по исходным данным. Все булевы переменные были одинаково определены следующим образом:

$$v_i = \begin{cases} 0, & \text{если эффективность меньше среднего значения,} \\ 1 & \text{во всех остальных случаях.} \end{cases}$$

Следующий список определяет взаимосвязь между переменными и элементами компьютера, а также содержит среднее значение каждой переменной:

v_1 — центральный процессор ($a_1 = 30\%$);

v_2 — супервизор ($a_2 = 43\%$);

v_3 — решение задачи ($a_3 = 45\%$);

v_4 — канал 1 ($a_4 = 10\%$);

v_5 — канал 3 ($a_5 = 10\%$);

v_6 — канал 5 ($a_6 = 10\%$);

v_7 — устройство 160, связанное с центральным процессором

каналом 1 ($a_7=3\%$);

v_8 — устройство 162, связанное с центральным процессором каналом 1 ($a_8=56\%$);

v_9 — устройство 163, связанное с центральным процессором каналом 1 ($a_9=44\%$).

В этом примере первый раз ОРЗП использовался при определении значений a_i по исходным данным, затем при приведении исходных данных к булевому виду. Матрица данных здесь не приводится, поскольку очень велика (9×98).

Затем с использованием ОРЗП данные были преобразованы к маске без памяти и была определена вероятностная функция поведения. После этого для С-структур, не требующих итерационной процедуры объединения, были рассмотрены свойства реконструкции этой функции. Расстояние Хемминга задавалось пользователем. В табл. 14 перечислены все допустимые при данных требованиях гипотезы реконструкции, на рис. 19 показана зависимость расстояния от уровня уточнения.

Таблица 14.

Подходящие реконструктивные гипотезы из примера 10 (оценка производительности компьютера)

i	Структура	$\delta_{1,i}$	i	Структура	$\delta_{1,i}$
1	12345678/12346789	0.0000	16	235678/1257/47/19	0.12215
	12345678/12456789	0.0000	17	23578/25678/1257/47/19	0.1469
	12345678/13456789	0.0000	18	23578/2567/1257/47/19	0.1594
	12456789/23456789	0.0000	19	23578/267/1257/47/19	0.16855
2	12345678/1246789	0.0000	20	23578/26/1257/47/19	0.17775
	12345678/1346789	0.0000	21	23578/26/1257/4/19	0.1923
	2345678/12456789	0.0000	22	23578/26/127/4/19	0.20675
	12345678/1456789	0.0000	23	2357/3578/26/127/4/19	0.21265
3	12345678/146789	0.0000	24	2357/578/26/127/4/19	0.24105
4	12345678/14789	0.00825	25	235/578/26/127/4/19	0.2707
5	12345678/1789	0.01515	26	235/578/6/127/4/19	0.2883
6	1235678/1245678/1789	0.02025	27	235/57/78/6/127/4/19	0.31105
7	235678/1245678/1789	0.02026	28	235/78/6/127/4/19	0.34045
8	235678/1245678/179	0.02715	29	23/35/78/6/127/4/19	0.34355
9	235678/1245678/19	0.0391	30	23/35/78/6/127/4/9	0.3507
10	234678/125678/245678/19	0.0501	31	23/35/78/6/17/27/4/9	0.36715
11	235678/12567/245678/19	0.0551	32	23/57/78/6/17/27/4/9	0.3723
12	235678/12567/24578/19	0.06655	33	3/4/5/6/78/17/27/9	0.39955
13	235678/1257/24578/19	0.08285	34	3/4/5/6/8/9/17/27	0.41165
14	235678/1257/2478/19	0.09945	35	2/3/4/5/6/8/9/17	0.4209
15	235678/1257/478/19	0.1113	36	1/2/3/4/5/6/7/8/9	0.66085

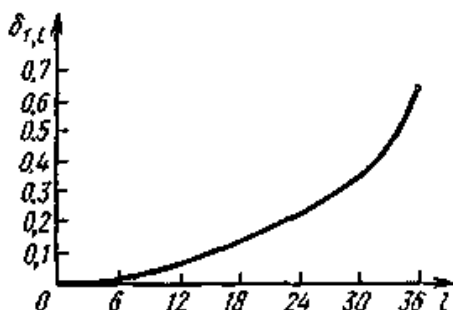


Рис. 19. Зависимость расстояния от уровня уточнения в примере 10 (оценка производительности компьютера)

Проследивая приведенную в таблице последовательность уточнений, можно выделить наиболее важные проекции всех функций поведения, их степень и положение в решетке уточнений. Цель состоит в обработке этой информации для выработки стратегий повышения эффективности работы вычислительной системы.

Пример 11. Для получения количественной оценки атаки в бейсболе было предложено множество функций, основанных на переменных, характеризующих атакующие действия отдельных игроков. В статье «Оценка моделей атаки в высшей лиге бейсбола» предложено десять таких функций оценки атаки. В этой статье приведены данные, содержащие 5 из этих оценок для 33 лучших игроков Национальной и Американской лиги; эти оценки называются ВА (средний уровень), SP (сила удара в процентах), ОА (число атак), ОРА (число результативных атак), ЕРРА (число результативных перебежек).

Один из возможных способов количественного описания этих оценок и их относительной значимости состоит в осуществлении анализа реконструируемости данных. Система данных содержит пять переменных (пять оценок), один параметр (группа из 33 бейсболистов) и матрицы данных 5×33 , которая здесь не приводится.

Перед выполнением реконструктивного анализа пользователь принял решение укрупнить разрешающие формы переменных, понизив число состояний каждой переменной до трех. В табл. 15,а приведены соответствующие результаты.

Таблица 15

Результаты разрешающих форм

а) Разрешающие формы

Средний уровень (BA):

0—[0, 0.277]; 1—(0.277, 0.307); 2—[0.307, 0.8]

Сила удара в процентах (SP):

0—[0, 0.443]; 1—[0.443, 0.461]; 2—[0.461, 0.8]

Среднее число атак (OA):

0—[0, 0.515]; 1—[0.515, 0.533]; 2—[0.533, 0.8]

Среднее число результативных атак (OPA):

0—[0, 0.472]; 1—[0.472, 0.491]; 2—[0.491, 0.8]

Число результативных перебежек (ERPA):

0—[0, 0.147]; 1—[0.147, 0.16]; 2—[0.16, 0.8]

б) Подходящие реконструктивные гипотезы

	Структура	Расстояние
1	1234/1345	0.0069
2	1234/145	0.0221
3	1234/45	0.0357
4	123/234/45	0.0580
5	124/34/45	0.0771
6	14/24/34/45	0.1030
7	1/24/34/45	0.1778
8	1/2/34/45	0.2777
9	1/2/3/45	0.3975
10	1/2/3/4/5	0.5309

Затем были отобраны данные и определена возможностная функция поведения. В результате в множестве $\mathcal{G}_3$ были определены допустимые гипотезы реконструкции; они перечислены в табл. 15,б. Переменные обозначены цифрами: 1 — BA; 2 — SP; 3 — OA; 4 — OPA; 5 — ERPA. На рис. 20 показано увеличение расстояния (потеря информации) по мере уточнения.

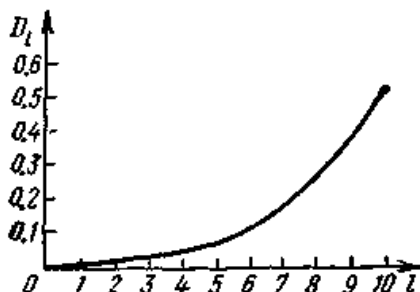


Рис. 20. Зависимость расстояния от уровня уточнения в примере 11 (бейсбол)

Видно, что скорость изменения очень мала при $l \leq 6$ и резко возрастает при $l \geq 6$. Следовательно, наиболее информативная гипотеза реконструкции находится на шестом уровне: 14/24/34/45. Это, с очевидностью, означает, что переменная v_4 представляет наиболее важную оценку, поскольку любая другая оценка может быть получена непосредственно из нее.

7.8. Развитие ОРЗП

Создается впечатление, что по мере того, как расширяются наши возможности в решении задач, круг задач расширяется с той же скоростью. В результате за горизонтом всегда оказываются новые категории задач, требующие еще больших усилий.

Дейвид Химмельблау

В соответствии с принятой терминологией ОРЗП — экспертная система. Блестящую характеристику экспертным системам дали Брайан Гейне и Милдред Шоу.

«Экспертные системы на больших компьютерах позволяют неопытному пользователю использовать в качестве руководства записанное ранее «знание» эксперта или «коллективное знание» многих экспертов. Используя экспертные системы, Вы обсуждаете с «коллегой» проблемы медицинской диагностики или поиска нефти, или сложные процессы математического открытия. Вы дискутируете с ними, спрашиваете их мнение и в результате сотрудничества с теми, кто, может быть, давно умер, приходите к решению

Вычислительная техника затрагивает самую суть нашего существования, поскольку общение — это сердце человеческой цивилизации. Мы представляем собой уникальный вид благодаря нашим способностям к адаптации и обучению, влияние которых чрезвычайно усиливается благодаря нашей способности общаться. Вполне достаточно, чтобы только один человек получил знания непосредственно из собственного опыта. Остальным можно рассказать, а среда позволяет перенести рассказанное через пространство и время. Новая среда *действительно* изменяет наш мир, а компьютер обеспечивает самое необходимое для кодирования не самого разговора, а возможности разговаривать, не самой картины, а возможности ее воссоздать».

Согласно Дж. Сова «Экспертная система—это система, основанная на знании, объединяющая достаточно знаний, чтобы достигнуть

экспертного уровня». В то время как большинство описанных в литературе экспертных систем предоставляют пользователю знания о традиционных дисциплинах (например, о конкретных областях медицины или права), роль ОРЗП заключается в том, чтобы помочь пользователю при рассмотрении задач познания. Таким образом, ОРЗП объединяет системные знания и методологию, и, следовательно, его применение выходит за рамки традиционных дисциплин.

По сравнению с экспертными системами другого вида, цель которых заключается в решении задач конкретной области возможности ОРЗП неограничены, так как он решает множество задач познания. Наша точка зрения заключается в том, что симбиоз человек — компьютер представляет собой наилучшее средство для решения задач в целом и что потенциальные возможности компьютера максимальны в задачах, которые рассматриваются как познавательные. Цель ОРЗП заключается в максимальной реализации этих потенциальных возможностей.

Одна из главных, но недостаточно четко акцентированных ранее особенностей архитектуры ОРЗП является то, что по своей природе она развивающаяся. Для того чтобы более тщательно пояснить этот аспект, сначала покажем, что концептуальная схема ОРЗП, так же, как и используемые знания и методологические основы, не должна развиваться в изоляции от традиционных дисциплин. В самом деле, традиционные дисциплины рассматривались как источники идей познания, из которых и должна была возникнуть архитектура ОРЗП.

Фактически все традиционные дисциплины тем или иным образом были связаны с задачами познания определенных типов и, следовательно, были разработаны методы для решения этих задач. Развитие любой из них внесло свой вклад в изучение систем и методологию их решения; результаты фактически были получены в рамках каждой из этих дисциплин.

Следует подчеркнуть, что описанная в этой работе концептуальная схема ОРЗП в значительной степени развивалась в процессе тщательного определения понятия системы и соответствующих задач познания при изучении многих отдельных дисциплин, абстрагирования их от контекста, введения соответствующих категорий и, в конце концов, объединения их в одно связанное целое. Хотя настоящая схема весьма устойчива, эти процессы продолжаются, и в будущем может возникнуть необходимость в расширениях и других эволюционных изменениях этой схемы. Аналогичные процессы происходят и в процессе эволюции базы знаний ОРЗП, методологических и метаметодологических основ.

Очевидно, что отбор системных понятий, методов и знаний из различных традиционных дисциплин — только часть всего процесса развития архитектуры ОРЗП. В действительности это только основа для настоящих исследований ОРЗП, цель которых состоит в том, чтобы, определяя и заполняя пробелы в концептуальной схеме, сделать ее по возможности полной и всесторонне совершенствовать знания и методологические основы, особенно в тех важных областях, которые пока недостаточно развиты.

Еще один дополнительный и весьма важный аспект эволюционной природы архитектуры ОРЗП заключается в необходимости того, чтобы ОРЗП был адаптируем к нуждам его пользователей. На обычном языке это означает, что предполагается хранение записей о всех взаимодействиях *пользователь — ОРЗП* и использование этой информации в дальнейших исследованиях ОРЗП. Для этой цели определенный интерес представляют записи и неудачных взаимодействий пользователя и ОРЗП, поскольку они могут обозначить недостатки интерфейса пользователь — ОРЗП, методологически недостаточно исследованные типы задач или даже необходимость расширения концептуальной схемы.

На рис. 21 показан описанный выше процесс развития архитектуры ОРЗП.

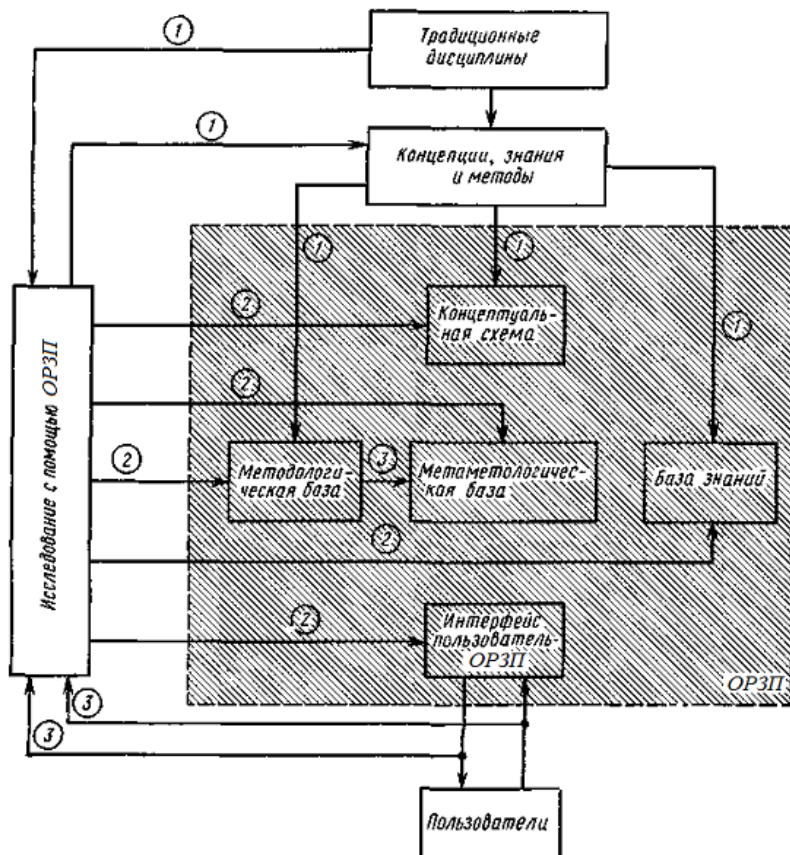


Рис. 21. Эволюция архитектуры ОРП

Цифры при соответствующих связях на диаграмме имеют следующий смысл:

1 — процессы выделения, абстрагирования, введения категорий и объединения соответствующих понятий, знаний и методов из традиционных дисциплин;

2 — четыре области исследования ОРП;

3 — используемая как руководство при исследовании ОРП информация о взаимодействиях пользователей и ОРП.

Поскольку среда, в которой развивается ОРП (традиционные дисциплины и представляющие эти дисциплины пользователи ОРП),

имеет определяющее значение для его развития, то представляется возможным охарактеризовать архитектуру ОРЗП как естественную.

Закончим этот раздел и эту работу цитатой:

Полезна полнота без полноты.

Желательна завершенность

без завершения.

Литература

1. Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. М., 1988;
2. Заблуждающийся разум: многообразие вненаучного знания. М., 1990;
3. Касавин И.Т. Миграция. Креативность. Текст. Проблемы неклассической теории познания. СПб., 1998;
4. Коул М., Скрибнер С. Культура и мышление. М., 1977;
5. Лекторский В.А. Субъект. Объект. Познание. М., 1980;
6. Малкей М. Наука и социология знания. М., 1983;
7. Найссер У. Познание и реальность. М., 1981;
8. Огурцов А.П. Дисциплинарная структура науки. М., 1988;
9. Розов М.А. Знание и механизмы социальной памяти. – В кн.: На пути к теории научного знания. М., 1984;
10. Степин В.С. Становление научной теории. Минск, 1976;
11. Тулмин С. Человеческое понимание. М., 1984;
12. Филатов В.П. Научное познание и мир человека. М., 1989;
13. Фуко М. Слова и вещи. М., 1977;
14. Хьюбнер К. Критика научного разума. М., 1996;
15. Щавелев С. Практическое познание. Воронеж, 1994;
16. Bloor D. Wittgenstein: A Social Theory of Knowledge. N. Y., 1983;
17. The Cognitive Turn: Sociological and Psychological Perspectives on Science, 1989;
18. Fuller S. Social Epistemology. Bloomington, 1988; Goldman A. Epistemology and Cognition. Cambr. 1986;
19. Latour B., Woolgar S. Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts. L., 1979;
20. Popper K.R. Objective Knowledge. Oxf., 1979;
21. Schon D. Displacement of Concepts. L., 1963;
22. Vollmer G. Evolutionäre Erkenntnistheorie. Stuttg., 1980.

23. Бердяев Н. А. Смысл творчества. Опыт оправдания человека. М., 1916;
24. Грузенберг С. О. Гений и творчество. Л., 1924;
25. Степун А. Л. Жизнь и творчество. Берлин, 1923;
26. Теория творчества. СПб., 1910;
27. Художественное и научное творчество. Л., 1972;
28. Дышлевый П. С., Яценко Л. В. Регуляция творческой деятельности (философско-методический анализ). Воронеж, 1996;

29. Яценко Л. В. Способы управления творческим процессом.— В кн.:
30. Природа научного открытия. М., 1986;
31. *Абульханова-Славская К. А.* Деятельность и психология личности. М., 1980.
32. *Аганисян В. М.* Развитие творческого мышления студентов-педагогов // Вопросы психологии. 1982. № 6.
33. *Александров Г. Н.* К проблеме соотношения алгоритмических и эвристических процессов при обучении решению задач//Науковедение, прогнозирование и информатика. Вып. 1. Киев, 1970.
34. *Альтшуллер Г. С.* Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск, 1986.
35. *Андреевская В. В.* Влияние регламентированного общения учащихся на их деятельность по анализу сюжетных изображений // Учебный материал и учебные ситуации / Под ред. Г. С. Костюка, Г. А. Балла. Киев, 1986.
36. *Антоновский М. Я.* Простота восприятия – важная часть понятия наглядности//Математика в школе. 1971. № 4.
37. *Асмолов А. Г.* Деятельность и установка. М., 1979.
38. *Бабанский Ю. К.* Оптимизация учебно-воспитательного процесса. М., 1982.
39. *Балк М. Б., Петров В. А.* О математизации задач, возникающих на практике//Математика в школе. 1986. № 3.
40. *Балл Г. О.* Перспективы вдосконалення логічної підготовки школярів // Радянська школа. 1972. № 9.
41. *Балл Г. А.* Система понятий для описания объектов приложения интеллекта // Кибернетика. 1979. № 2.
42. *Балл Г. А., Довгялло А. М.* К уточнению понятия задачи // Науковедение, прогнозирование и информатика. Вып. 2. Киев, 1970.
43. *Балл Г. А., Довгялло А. М., Злочевская Л. А., Иванченко Б. Г., Машибиц Е. И.* Исследование обучающих программ с различным размером шага // Программированное обучение. Вып. 4 – 5. Киев, 1969.
44. *Балл Г. А., Довгялло А. М., Машибиц Е. И.* Теоретический анализ обучающих программ: Сообщение I//Новые исследования в педагогических науках. 1965. Вып. IV.
45. *Балл Г. А., Маргулис Е. Д., Рыбалка В. В., Чмут Т. К., Самойлов А. Е.* Исследования процесса постановки задачи и их педагогическое значение//Программированное обучение. Вып. 20. Киев, 1983.
46. *Балл Г. А., Рычик М. В.* Учебный материал и его пси-

- хологическая структура//Учебный материал и учебные ситуации/Под ред. Г. С. Костюка, Г. А. Балла. Киев, 1986.
47. *Балл Г. А., Таранов Л. Н.* Многоуровневые обучающие программы как средство оптимизации процесса понимания учебного материала//Программированное обучение Вып. 13. Киев, 1976.
48. *Балл Г. О, Таранов Л. М.* Особистісний підхід до визначення цілей виховання та шляхів їх досягнення // Психологія. Вип. 32. Київ, 1989.
49. *Балл Г. А., Чмут Т. К.* Разработка заданий развивающего характера на базе сюжетных математических задач//Учебный материал и учебные ситуации / Под ред. Г. С. Костюка, Г. А. Балла. Киев, 1986.
50. *Батищев Г.-* Воспитание в общении//Учительская газета. 1988. 31 марта.
51. *Беликов Б. С.* Решение задач по физике: Общие методы. М., 1986.
52. *Бернштейн Н. А.* Физиология движений и физиология активности. М., 1966.
53. *Беспалько В. П.* Программированное обучение (дидактические основы). М., 1970.
54. *Беспалько И. И.* Доступность учебного материала // Советская педагогика. 1987. № 5.
55. *Беспалько Л. В.* Использование поэлементного анализа трудовых умений для совершенствования обучения труду // Школа и производство. 1983. № 3.
56. *Бим И. Л.* Подход к проблеме упражнений с позиций иерархии целей и задач//Иностранные языки в школе. 1985. № 5.
57. *Бирюков Б. В.* Кибернетика и методология науки. М., 1974.
58. *Богданов Н. И.* Основы теории задачников // Проблемы высшей школы. Вып. 38. Киев, 1979.
59. *Богоявленская Д. Б.* Интеллектуальная активность как проблема творчества. Ростов-на-Дону, 1983.
60. *Богоявленский Д. Н., Менчинская Н. А.* Психология усвоения знаний в школе. М., 1959.
61. *Болтянский В. Г.* Формула наглядности – изоморфизм плюс простота//Советская педагогика. 1970. № 5.
62. *Болтянский В. Г.* Аналогия – общность аксиоматики//Советская педагогика. 1975. № 1.
63. *Болтянский В. Г.* Функции учебного оборудования и организация поиска решения задачи // Советская педагогика. 1975. № 10.
64. *Бондаренко С. М.* Анализ психологических факторов трудности учебных заданий (обзор отечественной литературы) // Психологические проблемы построения школьных учебников/Под

- ред. Г. Г. Граник. М., 1978.
65. *Бона Э. де.* Рождение новой идеи. М., 1976.
66. *Бор Н.* Атомная физика и человеческое познание. М., 1961.
67. *Брадис В. М.* Методика преподавания математики в средней школе. М., 1954.
68. *Брудный А. А.* Понимание как компонент психологии чтения//Проблемы социологии и психологии чтения / Ред.-сост. Э. Г. Храстецкий. М, 1975.
69. *Брудный А. А., Шрейдер Ю. А.* Коммуникация и интеллект // Генетические и социальные проблемы интеллектуальной деятельности / Под ред. М. М. Муканова. Алма-Ата, 1975
70. *Брушлинский А. В.* Психология мышления и кибернетика. М., 1970.
71. *Брушлинский А. В.* Мышление и прогнозирование. М., 1979.
72. *Васильев И. А., Поплужный В. Л., Тихомиров О. К.* Эмоции и мышление. М., 1980.
73. *Веселова Т. С.* Художественно-творческая деятельность учащихся в процессе изучения сказки // Литература в школе. 1984. № 3.
74. *Вельтнер.* Информационно психологический подход в педагогике//Зарубежная радиоэлектроника. 1968. № 12.
75. *Венда В. Ф.* Многовариантность процессов решения и концепция инженерно-психологического проектирования // Инженерная психология. М., 1977.
76. *Войтко В. И., Балл Г. А.* Категория модели и ее роль в педагогических исследованиях // Программированное обучение. Вып. 15. Киев, 1978.
77. *Воробьев Г. В.* Проблема методов исследования в педагогике//Советская педагогика. 1980. № 6.
78. *Выготский Л. С.* Собр. соч.: В 6 т. Т. 2. М., 1982.
79. *Гальперин П. Я.* Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий//Исследования мышления в советской психологии / Под ред. Е. В. Шороховой М., 1966.
80. *Гальперин П. Я.* К теории программированного обучения. М., 1967.
81. *Гальперин, П. Я.* Введение в психологию. М., 1976.
82. *Гергей Т., Машибиц Е. И.* К характеристике модели решения учебных задач//Вопросы психологии. 1973. № 6.
83. *Гергей Т., Машибиц Е. И.* Место задачи в деятельности//Теория задач и способов их решения. Киев, 1973.
84. *Гершунский Б. С.* О статусе ведущих дидактических понятий//Советская педагогика. 1981. № 7.
85. *Гилфорд Дж.* Три стороны интеллекта // Психология мышления. М., 1965.

86. Гильбух Ю. З. Стандартизованная методика оценивания и тренировки интеллектуальных способностей учащихся // Программированное обучение. Вып. 12. Киев, 1975.
87. Гильбух Ю. З., Ричик М. В. Актуальні психологічні питання застосування проблемного навчання//Радянська школа. 1974. № 8.
88. Глушков В. М., Брановицкий В. И., Довгялло А. М., Рабинович З. Л., Стогний А. А. Человек и вычислительная техника. Киев, 1971.
89. Годер Г. И. Образное задание в V классе//Преподавание истории в школе. 1984. № 6.
90. Гончаров И. Ф. Совершенствовать содержание литературного образования//Советская педагогика. 1985. № 3.
91. Гохват Б. А. Формирование у учащихся общих методов построения алгоритмов преобразования: Автореф. канд. дис. М., 1970.
92. Гродська Н. В. До питання про особливості навчальних пізнавальних задач // Психологія. Вип. 4. Київ, 1967.
93. Груденов Я. И. Психологическое обоснование целесообразности широкого использования задач, не имеющих решений//Новые исследования в педагогических науках. 1964 Вып. II.
94. Груденов Я. И. Психолого-дидактические основы методики обучения математике. М, 1987.
95. Гурова Л. Л. Психологический анализ решения задач Воронеж. 1976.
96. Искандер Ф. О движении к добру и технологии глупости // Литературная газета. 1986. 30 июля.
97. Кандарацкова Н. М., Суходольский Г. В. Об эффективности и надежности элементарных вычислительных операций // Экспериментальная и прикладная психология / Учен. зап. ЛГУ: Серия психол. Т. 1. Л., 1968.
98. Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика. М., 1974.
99. Каплан Б. С., Рузин Н. К., Столяр А. А. Методы обучения математике. Минск, 1981.
100. Кикоин И. К- Философские идеи Ленина и развитие современной физики//Наука и жизнь. 1970. № 2.
101. Клейман Я. М. Решение задач различными способами //Математика в школе. 1987. № 6.
102. Клике Ф. Понятие информации и теория информации в психологии: границы и возможности // Психологический журнал. 1980. Т. 1. № 4.
103. Колесников М., Потапов М. О вступительных экзаменах в физико-математическую школу-интернат при МГУ // Наука и жизнь. 1969. № 1.

104. Колпаков А. А. Элементы алгоритмизации при обучении учащихся VI и VII классов//Физика в школе. 1981. № 3.
105. Калягин Ю. М. Функции задач в обучении математике и развитии мышления школьников // Советская педагогика. 1974. № 6.
106. Калягин Ю. М. Задачи в обучении математике. Ч. I – II. М., 1977.
107. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. М., 1975.
108. Кориунов А. М. Теория отражения и творчество. М., 1971.
109. Костюк Г. С. Навчання і психічний розвиток учнів // Психологічна наука, вчитель, учень / За ред. В. І. Войтка. Київ, 1979.
110. Костюк Г. С. Избр. психол. труды. М., 1988.
111. Костюк Г. С., Балл Г. А. Категория задачи и ее значение для психолого-педагогических исследований // Вопросы психологии. 1977. № 3.
112. Костюк Г. С., Балл Г. А., Машбиц Е. И. О задачном подходе к исследованию учебной деятельности // Психология человеческого учения и решение проблем: 2-я Пражская конференция: Резюме. Прага. 1973.
113. Кононюк А.Е. Концепция развития науки и совершенствование высшего образования и начала ее реализации. — К.: «Освіта України», 2011. - 140 с.
114. Кононюк А.Е. Обобщенная теория познания и созидания. Книга 1. — К.: «Освіта України», 2013. - 544 с.
115. Кононюк А.Е. Информациология. Общая теория информации. Книга 1. — К.: «Освіта України», 2012. - 488 с.
116. Кононюк А.Е. Информациология. Общая теория информации. Книга 2. — К.: «Освіта України», 2012. - 476 с.
117. Кононюк А.Е. Информациология. Общая теория информации. Книга 3. — К.: «Освіта України», 2012. - 412 с.
118. Кононюк А.Е. Информациология. Общая теория информации. Книга 4. — К.: «Освіта України», 2012. - 488 с.
119. Кононюк А. Е. Системология. Общая теория систем. Книга 1 (Начала). К.: «Освіта України». - 2012. — 564 с.
120. Кононюк А.Е. Вища математика. Книга 1. К.: КНТ, – 2009. – 680 с.
121. Кононюк А.Е. Вища математика. Книга 2. К.: КНТ, – 2009. – 784 с.
122. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Множества, отношение, пространства). Книга 1, Часть 1. К.: «Освіта України», – 2012. – 452 с.

123. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Множества, отношение, пространства). Книга 1, Часть 2. К.: «Освіта України», - 2012.-536 с.
124. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Алгебры). Книга 2, Часть 1. К.: «Освіта України», 2012. – 452 с.
125. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Алгебры). Книга 2, Часть 2. К.: «Освіта України», 2012. - 668 с.
126. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Матрицы). Книга 3, Часть 1. К.: «Освіта України», 2012. – 612 с.
127. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Матрицы). Книга 3, Часть 2. К.: «Освіта України», 2012. – 500 с.
128. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Матрицы). Книга 3, Часть 3. К.: «Освіта України», 2012. – 520 с.
129. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Матрицы). Книга 3, Часть 4. К.: «Освіта України», 2012. – 508 с.
130. Кононюк А.Е. Дискретная математика. (Матрицы). Книга 3, Часть 5. К.: «Освіта України», 2012. – 672 с.
131. Кононюк А. Е. Общая теория распознавания. К.1. К.: "Освіта України", 2012. - 584 с.
132. Кононюк А. Е. Общая теория распознавания. К.2. К.4: "Освіта України", 2012. - 588 с.
133. Кононюк А.Е. Консалтология. Общая теория консалтинга. К.1. К.: "Корнійчук", 2009. - 448 с.
134. Кононюк А.Е. Консалтология. Общая теория консалтинга. К.2. К.: "Корнійчук", 2009. - 412 с.
135. Кононюк А.Е. Консалтология. Общая теория консалтинга. К. 3. К.: "Освіта України". 2011. - 520 с.
136. Кононюк А.Е. Консалтология. Общая теория консалтинга. К. 4. К.: "Освіта України", 2011. - 508 с.
137. Кононюк А.Е. Основы научных исследований (общая теория эксперимента). Книга 1. К.: КНТ, 2011.- 508 с.
138. Кононюк А.Е. Основы научных исследований (общая теория эксперимента). Книга 2. К.: КНТ, 2011.- 453 с.
139. Кононюк А.Е. Основы научных исследований (общая теория эксперимента). Книга 3. К.: «Освіта України», 2011. – 470 с.
140. Кононюк А.Е. Основы научных исследований (общая теория эксперимента). Книга 4. К.: «Освіта України», 2011. – 492 с.
141. Кононюк А. Е. Обобщенная теория моделирования. К.1.Ч.1 К.: "Освіта України", 2012. - 602 с.
142. Кононюк А. Е. Обобщенная теория моделирования. К.1.Ч.2 К.: "Освіта України", 2012. - 708 с.

143. Кононюк А. Е. Обобщенная теория моделирования. К.1.Ч.3
К.: "Освіта України", 2012. - 568 с.
144. Кононюк А. Е. Обобщенная теория моделирования. К.2.
К.: "Освіта України", 2012. - 548 с.
145. Кононюк А. Е. Обобщенная теория моделирования. К.3.Ч.1
К.: "Освіта України", 2012. - 636 с.
146. Кононюк А.Е. Нейронні мережі і генетичні алгоритми. К.:
«Корнійчук», – 2008. – 446 с.
147. Кононюк А.Е. Базовая теория оптимизации. К.1 (Начала).
К.: "Освіта України", 2012. - 692 с.
148. Кононюк А.Е. Базовая теория оптимизации. К.2. Ч.1 (Безусловная
оптимизация). К.: "Освіта України", 2012. - 552 с.
149. Кононюк А.Е. Базовая теория оптимизации. К.2. Ч.2
(Безусловная оптимизация). К.: "Освіта України", 2012. - 616 с.
150. Кононюк А.Е. Базовая теория оптимизации. К.2. Ч.3
(Безусловная оптимизация). К.: "Освіта України", 2012. - 456 с.
151. Кононюк А. Е. Базовая теория оптимизации. К.2. К.4
(Безусловная оптимизация). К.: "Освіта України", 2012. - 512 с.
152. Куликов С. Б. Вопросы становления предметной и проблемной
области философии науки. — Томск, 2005. — 200 с.
153. Куликов С. Б. Основы философского анализа науки: методология,
смысл и цель. — Томск, 2005. — 184 с.
154. Степин В. С., Елсуков А. Н. Методы научного познания. — Минск,
1974 – 152 с.
155. Петров Ю. И. Методологические вопросы анализа научного
знания. — М.: Высшая школа, 1977. 224 с.
156. Бургин М.С., Кузнецов В.И. Введение в современную точную
методологию науки. Структуры систем знания. - М., 1994.
157. Ильин В.В. Теория познания. Введение. Общие проблемы. - М.,
1994.
158. Руткевич М.И., Лойфман И.Я. Диалектика и теория познания. - М.,
1994.
159. Рыбаков Н.С. Факт. Бытие. Познание. - М., 1994. Бургин М.С.,
160. Кузнецов В.И. Введение в современную точную методологию
науки. Структуры систем знания. - М., 1994.

Научно-практическое издание

Кононюк Анатолий Ефимович

Обобщенная теория познания и созидания

Книга 2

Теория познания

Часть 1

Авторская редакция

Подписано в печать 25.03.2012 г.

Формат 60х84/16.

Усл. печ. л. 16,5. Тираж 300 экз.

Издатель и изготовитель:

Издательство «Освита Украины»

04214, г. Киев, ул. Героев Днепра, 63, к. 40

Свидетельство о внесении в Государственный реестр
издателей ДК №1957 от 23.04.2009 г.

Тел./факс (044) 411-4397; 237-5992

E-mail: osvita2005@ukr.net, www.rambook.ru

Издательство «Освита Украины» приглашает

авторов к сотрудничеству по выпуску изданий,
касающихся вопросов управления, модернизации,
инновационных процессов, технологий, методических
и методологических аспектов образования
и учебного процесса в высших учебных заведениях.

Предоставляем все виды издательских
и полиграфических услуг