

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЕРГОНОМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

(Представлено д.т.н., проф. Лавровим Є.А.)

У результаті досліджень розроблена інтегральна модель системи "людина–техніка–середовище" (СЛТС), до складу якої входить проектувальник інформаційних моделей (ІМ), і виявлена номенклатура проблемних ситуацій, що виникають у процесі проектування ІМ.

Постановка задачі. Автоматизація технологічних процесів привела до того, що основним джерелом інформації про об'єкти контролю й керування (ОКК) для оператора стали засоби відображення інформації (ЗВІ). ЗВІ (монітори персональних комп'ютерів (ПК), прилади, екрани, мнемосхеми, табло й т. ін.) призначені для пред'явлення оператору даних, що характеризують ОКК, хід технологічного процесу, енергетичні ресурси, стан каналів зв'язку та ін. Ці дані пред'являються оператору в кількісній і якісній формі, причому він взаємодіє не з реальними ОКК, а з їхніми інформаційними моделями.

Згідно з [1], ІМ є організована за певними правилами сукупність інформації про стан і функціонування об'єкта керування й зовнішнього середовища. Вона є для оператора своєрідним імітатором істотно важливих для керування властивостей, реальних об'єктів, тобто тим джерелом інформації, на основі якого він формує образ реальної обстановки, робить аналіз і оцінку ситуації, що сформувалась, планує керуючі впливи, приймає рішення, що забезпечують ефективну роботу системи, а також оцінює результати їхньої реалізації".

Проектування ІМ є одною з найважливіших задач ергономіки. Тому метою даної роботи є аналіз інтелектуальної діяльності проектувальників ІМ з метою її автоматизації.

Аналіз стану питання. Постановка задач дослідження. Об'єктом дослідження в даній роботі є ергономічне забезпечення проектування (ЕЗП) ІМ засобів відображення інформації індивідуального користування (тобто ІМ, що відображаються на моніторах ПК). Надалі будемо використовувати аббревіатуру ІМ.

Предметом дослідження є спосіб автоматизації процедур інтелектуальної підтримки процесу ЕЗП ІМ технологічних процесів.

Для виявлення актуальності задач досліджень було використано метод [2]. Суть методу полягає в наступному: на основі робіт провідних спеціалістів виділяються об'єкти й предмети дослідження в області "Ергономіка"; потім відомі наукові результати (публікації) співвідносяться з "ергономічними нішами" і виявляються актуальні завдання, що вимагають розробки. В [2] наведено зведення досліджень в області ергономіки та суміжних областях (містить 50 авторів). Предмети досліджень наукового напрямку "ергономіка" автори класифікують у двох аспектах: з позиції ергономічних вимог (А), загальна номенклатура й основні характеристики яких установлені ГОСТ 20.39.108–85 і частково в [3], та з позицій етапів ергономічного забезпечення (В). В аспекті В розрізняють такі класи:

- методологія (шифр 1);
- встановлення ергономічних вимог (шифр 2);
- оцінювання й оптимізація параметрів (шифр 3);
- ергономічна експертиза (шифр 4);
- моделювання (шифр 5);
- автоматизація (шифр 6);
- ефект ергономічного забезпечення (економіка) (шифр 7).

Предмет дослідження даної роботи належить (з позиції А) до класу "Організація діяльності оператора" (має в [2] шифр 2), підкласу "Інформаційна модель" (шифр 2.3). З позиції В – до класу "Автоматизація" (шифр 6).

Згідно з [2] предмет досліджень за напрямом із шифром 2.3 є присутнім у трьох авторів: В.Ф. Венда [4], [5]; А.І. Галактіонов [6], [7] і Ф.І. Рибаків [8]. Однак з позиції В дані роботи належать: В.Ф. Венда – до класів із шифрами 1, 3 і 5; А.І. Галактіонов – до класів із шифрами 1–5, а Ф.І. Рибаків – до класу із шифром 3.

Аналіз авторефератів дисертацій за напрямом 05.01.04 "Ергономіка" в Україні й Росії та закордонних публікацій також показав відсутність аналогічних вітчизняних і закордонних розробок зі створення апаратно-програмних засобів в області ЕЗП ІМ, що й обумовлює актуальність даної роботи.

У цей час відсутні вітчизняні й закордонні стандарти, що регламентують вимоги до ЕЗП ІМ. Найбільш близькими до розглянутої проблеми є міжнародні стандарти ISO-13407, ISO-9241, ISO-10075,

ISO-14915, однак вони призначені тільки для проектування програмних інтерфейсів і дають лише загальні рекомендації з їхнього проектування.

Відповідно до цього для розробки способу автоматизації процедур інтелектуальної підтримки процесу ЕЗП ІМ необхідно розв'язати такі задачі:

1) провести системний аналіз діяльності проектувальника ІМ, що, використовуючи термінологію теорії систем, є особою, яка приймає рішення (ОПР). На основі аналізу виявити номенклатуру проблемних ситуацій PS , у яких опиняється ОПР у процесі проектування;

2) визначити номенклатуру інтелектуальних задач Z і процедур P , що характеризують проблемну ситуацію PS_i , яка може виникнути в процесі трудової діяльності ОПР. Згідно з [9] вважаємо, що інтелектуальна задача, функція або процедура буде мати у своєму складі в будь-якій формі "вибір з..." (варіантів дій, рішень, планів тощо), для якої відсутня запропонована процедура (правило, алгоритм) реалізації однозначного вибору, тобто коли проектувальник ІМ зіштовхується з вибором з декількох проектних варіантів;

3) для кожної виявленої інтелектуальної задачі й процедури видобути експертні знання, необхідні для побудови відповідних математичних моделей та інформаційної підтримки ОПР;

4) на підставі знань п. 3 розробити систему правил і комплекс моделей дій проектувальника ІМ у кожній проблемній ситуації PS_i ;

5) розробити програмний комплекс у вигляді системи інтелектуальної підтримки (СІП), що дозволяє здійснити інтелектуальну підтримку процесу ЕЗП ІМ технологічних процесів.

Дана стаття присвячена рішення перших двох задач.

Результати досліджень. Системний аналіз діяльності проектувальника ІМ складається з компонентного, морфологічного й еволюційного аналізів [9]. Метою компонентного аналізу є виявлення всіх сутностей (об'єктів, функцій, станів), що складають вміст даної СЛТС(N). Для цього побудований комплекс таких компонентних моделей: компонентно-системних $KSS(N)$; компонентно-елементних $KES(N)$ і компонентно-функціональних $KFS(N)$.

$KSS(N)$ являє собою семантичний граф у вигляді ієрархічного дерева, вершинами якого є імена систем різного масштабу, а дугами – відношення "ціле (G)–частина (P)" R_{GP} і "впливати" R_F . Дана модель являє собою знання про навколишнє середовище $EES(N)$ і внутрішній (підсистемний) склад системи, що досліджується, – $ETS(N)$. Знання $EES(N)$ включають: ім'я метасистеми ($EES-0$), у яку частиною входить система, що досліджується; множину систем, що збудують зовнішнє середовище ($EES-1$), які організаційно не пов'язані з $ETS(N)$, але впливають на якість її функціонування. Центральною вершиною графа (коренем дерева) є метасистема $EES-0$. Кінцеві вершини графа – локальні підсистеми ($LETS-N$), у яких діє тільки одна ОПР. СЛТС, що досліджується, зв'язана з метасистемою відношенням R_{GP} , а зі збудувальними системами – відношенням R_F .

У даному випадку СЛТС, що досліджується, – $ETS(N)$, є система "проектувальник ІМ–СІП ЕЗП інформаційних моделей (далі СІП ЕЗП)–середовище", метасистемою $EES-0$ – організація, в якій працює проектувальник, збудувальною системою $EES-1$ – умови та режими праці й відпочинку проектувальника, його емоційна напруженість і вказівки вищих організацій, а локальної $LETS-N$ – "конкретний n -й проектувальник ІМ та його робоче місце".

Для всіх локальних підсистем $LETS-N$ побудована множина $KES(N)$:

$$KES(N) = \langle KTK, KDK-N \rangle, \quad (1)$$

де KTK – знання про типи компонентів будь-якої $LETS-N$; $KDK-N$ – знання про конкретні компоненти, що утворюють дану локальну підсистему $LETS-N$:

$$KTK = \langle ST, R_{GP}^{ST*ST} \rangle, \quad (2)$$

де $ST = \{LHT - N.X.Y, TK\}$ – множина вершин типової структури; $TK = \{Ti\} = \{TH, TM, TO, TE_1, TE_2, TE_3, TE_4, TE_5, TE_6\}$ – множина типів компонентів внутрішньої структури організації, що наведена на рисунку 1; R_{GP}^{ST*ST} – відношення "ціле–частина", задане на декартовому добутку $ST*ST$ відповідно до рис. 1.

Елементами $ETS(N)$ є: ергатичні елементи (фахівці, які працюють у складі $ETS(N)$) – користувач СІП ЕЗП (проектувальник ІМ), і група фахівців, яка забезпечує розробку, функціонування, працездатність і розвиток СІП ЕЗП; неергатичний елемент – інформаційно-програмний комплекс у вигляді СІП ЕЗП. Вміст бази знань і даних (БЗД) про конкретні елементи $ETS(N)$, яка представлена у вигляді $KES(N)$, такий:

TE1: проектувальник ІМ, інженер по знаннях, експерти в предметних областях (ПдО) "ЕЗП ІМ" і ПдО "Технологічні процеси й ОКК", програміст, інженер-електронник, адміністратор БЗД;

TE2: клавіатура, екран дисплея ПК, принтер;

TE3: інформаційно-програмний комплекс (СІП ЕЗП), папір, ручка;

TE4: предмет праці – база знань і даних СІП ЕЗП, норми, вимоги й принципи розробки СІП, ІМ і придбання знань; продукт праці – інформація, що перетворена у вигляді рекомендацій проектувальнику, локальні БЗД;

TE5: стіл письмовий, робоче крісло;
 TE6: освітлення, вентиляція (кондиціонування).

Структура KFS(N) являє собою семантичний граф у вигляді ієрархічного дерева, вершинами якого є імена функціональних одиниць (F_i) різного масштабу, а дуги відображають відношення $R_{F_i F_j}$ – “для реалізації функціональної одиниці F_i (цілі, задачі) необхідно виконати функціональну одиницю F_j (задачу, процедуру, функцію)”. Корінь дерева – поняття “Процес функціонування ETS(N)”. Перший рівень вершин дерева – назва цілей – T_{Ri} , для яких створена система N, що досліджується. Другий рівень – назва додаткових цілей T_{DRij} , які треба вирішити для досягнення цілей T_{Ri} . Третій рівень – назва задач T_{Sijk} , які треба вирішити для досягнення додаткових цілей. Четвертий рівень – назва процедур T_{PRijkl} , які необхідно виконати для розв’язання задачі T_{Sijk} .

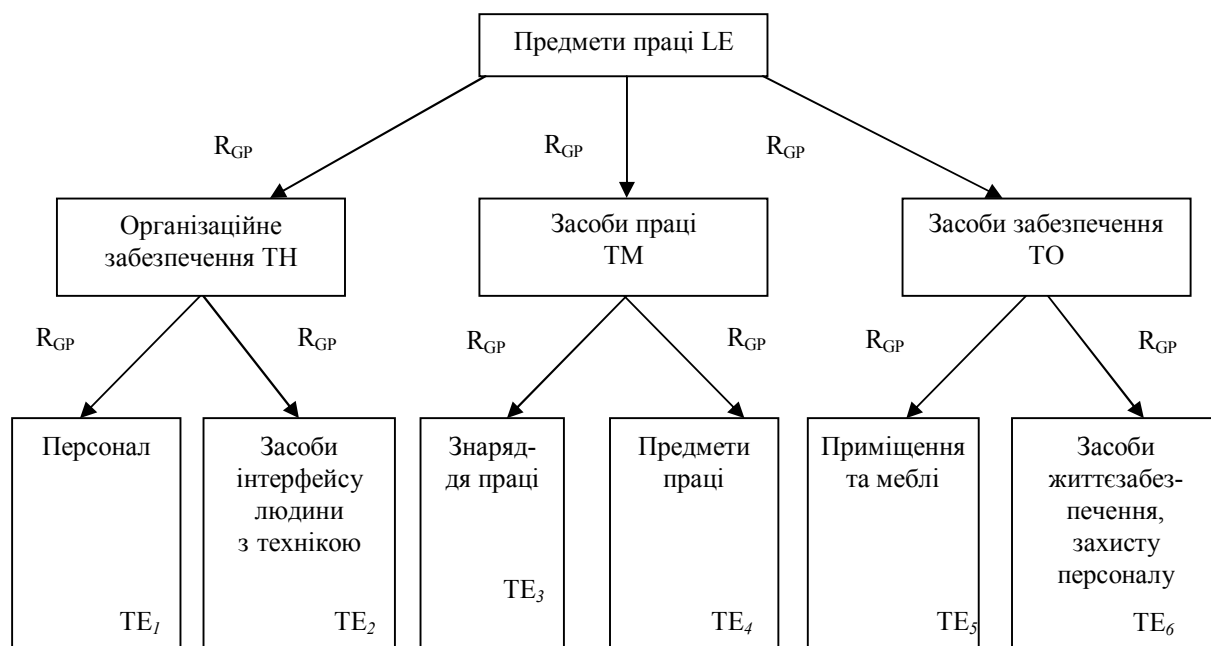


Рис. 1. Компонентно-елементна структура локальної підсистеми

Компонентно-функціональна структура для ETS(N) представлена в табл. 1 у вигляді чотирирівневого списку, еквівалентного згаданому вище графу. Дана структура розроблена з урахуванням того, що з точки зору архітектури в СПП ЕЗП доцільно представляти такі знання [10]:

- інтерпретовані (знання про уявлення, предметні й керуючі знання);
- неінтерпретовані (допоміжні знання, підтримуючі знання).

Таблиця 1

Компонентно-функціональна структура ETS(N)

Ціль	Додаткові цілі	Задачі	Процедури	Назва
1	2	3	4	5
1				Забезпечення інтелектуальної підтримки проектувальника ІМ
	1.1			Системний аналіз діяльності проектувальника ІМ
		1.1.1		Компонентний аналіз
			1.1.1.1	Розробка компонентно-системних моделей
			1.1.1.2	Розробка компонентно-елементних моделей
			1.1.1.3	Розробка компонентно-функціональних моделей
		1.1.2		Морфологічний аналіз
			1.1.2.1	Розробка функціонально-часових моделей
			1.1.2.2	Розробка суб'єктно-організаційних моделей
			1.1.2.3	Розробка функціонально-організаційних моделей

		1.1.3		Еволюційний аналіз (у випадку зміни в часі компонентних або морфологічних структур)
	1.2			Визначення номенклатури проблемних ситуацій у діяльності проектувальника ІМ
		1.2.1		Визначення номенклатури інтелектуальних задач
			1.2.1.1	Аналіз стовпчика 3 табл. 1
		1.2.2		Визначення номенклатури інтелектуальних процедур
			1.2.2.1	Аналіз стовпчика 4 табл. 1
		1.2.3		Визначення номенклатури інтелектуальних функцій
			1.2.3.1	Розробка функцій для кожної процедури та їх аналіз
	1.3			Придбання знань для СПІ ЕЗП
		1.3.1		Придбання предметних знань
			1.3.1.1	Видобування знань з експертів у конкретній ПдО, про об'єкти, що будуть відображатися в ІМ
			1.3.1.2	Видобування знань з експертів у ПдО "ЕЗП ІМ" для кожної проблемної ситуації, що була виявлена в п. 1.2
			1.3.1.3	Формалізація експертних знань та введення їх у базу знань і даних СПІ ЕЗП
		1.3.2		Розробка знань про уявлення
			1.3.2.1	Розробка організації знань про уявлення
			1.3.2.2	Розробка вмісту знань про уявлення
		1.3.3		Розробка керуючих знань
			1.3.3.1	Розробка фокусувальних знань
			1.3.3.2	Розробка вирішальних знань
		1.3.4		Розробка допоміжних знань
			1.3.4.1	Розробка знань про мову
			1.3.4.2	Розробка знань про діалог
		1.3.5		Розробка підтримуючих знань

Закінчення табл.1

1	2	3	4	5
			1.3.5.1	Розробка технологічних знань
			1.3.5.2	Розробка семантичних знань
	1.4			Автоматизація ергономічного проектування ІМ
		1.4.1		Розробка загальної композиції ІМ
			1.4.1.1	Визначення загальної кількості зон
			1.4.1.2	Вибір місця розташування зони
			1.4.1.3	Визначення обсягу інформації в зоні
			1.4.1.4	Виділення зони
		1.4.2		Кодування об'єктів у зоні (за даними п. 1.3.1.1)
			1.4.2.1	Вибір системи й способів кодування об'єктів у ІМ: вибір типу модальності сигналу; вибір виду алфавіту; вибір мірності коду; вибір міри абстрактності коду; вибір оптимального коду
			1.4.2.2	Розробка компонування кодового знака й групи (формуляра)
		1.4.3		Моделювання діяльності оператора технологічного процесу
			1.4.3.1	Розробка системи моделювання технологічних процесів
			1.4.3.2	Моделювання технологічного процесу й визначення інформаційних ситуацій, що вимагають прийняття рішень
			1.4.3.3	Перевірка виявлених у п. 1.4.3.2 ситуацій критеріями безпомилковості, точності й швидкодії дій оператора
		1.4.4		Ергономічна оцінка результатів проектування ІМ
			1.4.4.1	Розробка правил ергономічної оцінки результатів проектування ІМ
			1.4.4.2	Розробка рекомендацій з оптимізації рішень, прийнятих у п.п. 1.4.1 і 1.4.2
			1.4.4.3	Коректування результатів проектування ІМ

Морфологічні моделі СЛТС відображають різного роду взаємозв'язки (організаційні, технологічні, часові й ін.), що існують між системами й компонентами, виділеними в результаті компонентного аналізу. Їхня номенклатура визначається цілями конкретного дослідження. Практично при всіх видах досліджень виникає необхідність мати функціонально-часові структури (FTS), а в багатьох випадках – суб'єктно-організаційні (SOS) і функціонально-організаційні (FOS) [9]. Оскільки структури SOS відображають тільки відношення R_0 : “суб'єкт S_i , є керівником суб'єкта S_j ”, то, виходячи із задач даного дослідження, необхідності в їх побудові не було.

Структури FTS – функціональні мережі (графи), вершинами яких є функціональні сутності, а дуги відповідають елементам відношення R_1 : “функція F_i , безпосередньо передусє функції F_j ”.

Структури FOS являють собою набір графів, кількість яких дорівнює кількості функцій, що досліджується. Кожний граф складається з вершин трьох типів: перший – ім'я функції F_i ; другий – узагальнене ім'я комплексу компонентів K_i , що реалізують виконання цієї функції; третій – імена елементів, що входять у цей комплекс: активний елемент (людина) K_{i1} , предмети праці K_{i2} , знаряддя праці K_{i3} . Дуги відображають відношення: між F_i і K_{ij} – R_k : “функція F_i виконується комплексом компонентів K ”; між K_i і K_j – R_{ij} : “у комплексі K_i виконувати функції j : $j = 1$ – активного елемента, $j = 2$ – предмета праці, $j = 3$ – знаряддя праці”. Перераховані вище компоненти беруться з кількості компонентів, що були отримані при компонентно-елементному аналізі (імена елементів K_{i1} – зі списків ТЕ1 або ТЕ3, K_{i2} – зі списків ТЕ4; K_{i3} – зі списків ТЕ2, ТЕ5, ТЕ6).

Для ETS(N) на підставі даних табл. 1 було побудовано: FTS(N) – алгоритмічну функціональну мережу процедур (вершинами графа є імена процедур) і FOS(N) – на підставі знань із KES(N).

Еволюційні структури будуються тільки в тому випадку, коли важливо відзначити можливі зміни компонентних або морфологічних структур, наприклад, відобразити склад фахівців, які працюють у

СЛТС у ранкову, денну й вечірню зміни. Виходячи із задач даного дослідження, необхідності вводити еволюційні структури не було.

Сукупність побудованих компонентних (KSS, KFS, KES) і морфологічних структур (FTS, FOS) утворили стаціонарний каркас інтегральної моделі СЛТС.

На підставі даних структури KFS(N) проведена декомпозиція процедур на ергатичні (що виконуються проектувальником ІМ разом з технікою) і автоматичні (що виконуються без втручання людини). До подальшого аналізу прийняті тільки ергатичні інтелектуальні процедури, що виконуються ОПР у процесі проектування ІМ.

Відповідно до даних табл. 1 проектувальник ІМ повинен виконувати процедури 1.4.1.1–1.4.2.2 і 1.4.4.1–1.4.4.3. Для ETS(N) всі процедури з даного переліку є ергатичними й інтелектуальними. Таким чином, отримана номенклатура інтелектуальних задач T_{Sijk} і процедур T_{PRijkl} , що характеризують проблемні ситуації PS_i , які можуть виникнути в процесі діяльності проектувальника ІМ, тобто розв'язана задача дослідження 2.

Висновки. Новизна отриманого наукового результату полягає в тому, що розроблено інтегральну модель СЛТС "проектувальник ІМ–СІП ЕЗП інформаційних моделей – середовище" і визначена номенклатура проблемних ситуацій, що мають місце в процесі інтелектуальної діяльності проектувальника ІМ, а також інтелектуальних задач і процедур, що характеризують кожну проблемну ситуацію.

Відповідно до отриманого переліку стає можливим видобування експертних знань, необхідних для розробки системи правил і комплексу моделей дій проектувальника ІМ у кожній проблемній ситуації PS_i .

ЛІТЕРАТУРА:

1. Эргономика: принципы и рекомендации : методическое руководство. – М. : ГКНТ, ВНИИТЭ, 1983. – 184 с.
2. Ашеров А.Т. Судебно-эргономическая экспертиза несчастных случаев в системах "человек–техника–среда" : монография / А.Т. Ашеров, В.В. Сабадаш. – Харьков : УИПА, 2008. – 145 с.
3. ДСТУ EN 614–1–2001. Безпечність машин. Ергономічні принципи проектування. Частина 1. Термінологія та загальні принципи. Введено вперше від 26 грудня 2001 р. – К. : Держстандарт України, 2002. – 15 с.
4. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. – М. : Машиностроение, 1982. – 344 с.
5. Венда В.Ф. Видеотерминалы в информационном взаимодействии (инженерно-психологические аспекты) / В.Ф. Венда. – М. : Машиностроение, 1980. – 198 с.
6. Галактионов А.И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП / А.И. Галактионов. – М. : Энергия, 1978. – 208 с.
7. Галактионов А.И. Представление информации оператору / А.И. Галактионов. – М. : Сов. радио, 1969. – 180 с.
8. Рыбаков Ф.И. Системы эффективного взаимодействия человека и ЭВМ / Ф.И. Рыбаков. – М. : Радио и связь, 1985. – 200 с.
9. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытание : справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашеров, И.Л. Бердников и др.; под общ. ред. А.И. Губинского. – М. : Машиностроение, 1993 – 528 с.
10. Попов Э.В. Экспертные системы. Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э.В. Попов. – М. : Наука, 1987. – 288 с.

КАМІНСЬКА Жанна Костянтинівна – асистент кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– ергономічне забезпечення проектування інформаційних моделей.

Подано 10.01.2010

Камінська Ж.К. Аналіз проблем автоматизації процесу ергономічного проектування інформаційних моделей технологічних процесів

Каминская Ж.К. Анализ проблем автоматизации процесса эргономического проектирования информационных моделей технологических процессов

УДК 681.3.06:518

Анализ проблем автоматизации процесса эргономического проектирования информационных моделей технологических процессов / Ж.К. Каминская

В результате исследований разработана интегральная модель системы "человек-техника-среда" (СЧТС) в состав которой входит проектировщик информационных моделей (ИМ) и выявлена номенклатура проблемных ситуаций, возникающих в процессе проектирования ИМ.

УДК 681.3.06:518

Анализ проблем автоматизации процесса эргономического проектирования информационных моделей технологических процессов / Ж.К. Каминская

Investigation results bring the "man-equipment-environment" integral model with an information model (IM) maker included as well as an IM design problematic situation list completed.