

І.І. Самолюк, магістр
Житомирський інженерно-технологічний інститут

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

(Представлено д. т. н., проф. Салотокіним Б. Б.)

В статті наведено огляд математичного програмного забезпечення, яке надає можливості дослідження та моделювання складних систем, зокрема систем автоматичного керування. Розглянуто переваги та недоліки існуючого програмного забезпечення при дослідженні систем автоматичного керування, також виконано порівняння функціональності даних програмних засобів.

Новітні інформаційно-комп'ютерні технології надають багато можливостей при розв'язанні багатьох технічних, наукових та навчальних задач. Однією з таких задач є математичне моделювання складних технічних систем, зокрема моделювання систем автоматичного керування (САК). Результатом бурхливого розвитку комп'ютерних технологій є велика кількість програмних засобів для чисельного аналізу математичних задач, математичного моделювання за допомогою ЕОМ [1, 2]. Отже, виникає необхідність вибору програмного засобу, який краще відповідає потребам дослідження САК.

Множину відомих програмних засобів чисельного аналізу можна розділити на дві групи:

- математичне програмне забезпечення загального призначення (Mathcad (MathSoft) [3], Maple V (Waterloo Maple) [4, 5], Mathematica (Wolfram Research) [6, 7], MATLAB (MathWorks) [8–11];
- програмні засоби математичного моделювання (Stella® (High Performance System) [12], ACSL (AEgis Software) [13], Model-It (Scientific Laboratory) [14], Stratum (Stratum Computer)[15].

Розглянемо коротко основні характерні риси універсального математичного програмного забезпечення. В бібліотеках алгоритмів систем чисельного аналізу загального призначення реалізовані загальні чисельні методи, такі як розв'язання лінійних, нелінійних, диференціальних рівнянь та їх систем, перетворення Фур'є, Лапласа. Використовуючи надані такими програмними системами універсальні алгоритми, доклавши певних зусиль, можна побудувати програми для розв'язання задач дослідження САК. Всі ці системи підтримують роботу з функціями комплексної змінної, поліномами матрицями, дозволяють будувати різноманітні графіки. За допомогою даних систем можна виконувати символічні перетворення математичних виразів.

Mathcad 2000 Pro. Даний програмний засіб призначений для проведення різноманітних математичних та інженерних розрахунків і дозволяє виконувати як чисельні, так і аналітичні обчислення та перетворення. Він має зручний в роботі і освоєнні математико-орієнтований інтерфейс і надає користувачу потужні інструменти для роботи з числами, формулами, текстом та графікою. Документи Mathcad мають вигляд досить близький до математичної нотації. Можливість використання гіперссілок дозволяє створювати за допомогою Mathcad електронні підручники та книги. Дана програмна система не має спеціальних бібліотек алгоритмів для дослідження САК, однак вона підтримує широкий набір базових чисельних методів, використовуючи які можна будувати обчислювальні блоки для дослідження САК. Відсутність бібліотек алгоритмів для дослідження САК та необхідність написання програм для розв'язання даних задач створюють певні незручності при використанні даної системи при дослідженнях та при вивченні теорії автоматичного керування (ТАК).

Maple 8. Одна з найпотужніших програмних систем чисельного аналізу в області символічних обчислень. Maple включає велику кількість алгоритмів, серед яких представлені найсучасніші методи розв'язання алгебраїчних і диференціальних рівнянь. Для спілкування з користувачем Maple підтримує потужну мову програмування, яка через велику множину можливостей даної системи, є досить складною. Дана програмна система не має спеціальних бібліотек алгоритмів для дослідження САК. Однак потужне ядро символічних обчислень дозволяє досить ефективно досліджувати складні динамічні системи, задані системами лінійних та нелінійних диференціальних рівнянь. Отже, найбільшим недоліком даної програмної системи при її використанні є складність внутрішньої мови програмування даної системи.

Mathematica 4. Дана програмна система надає широкий набір засобів для символічних обчислень. Вона включає потужні засоби дво- і тривимірної графіки. Mathematica включає власний язык програмування високого рівня. Даний язык є доволі складним і містить велику кількість команд, які можна вводити як вручну, так і користуючись множиною панелей інструментів, які через свою чисельність досить ускладнюють інтерфейс користувача. Mathematica надає додаткову бібліотеку методів "Control System Professional" для розв'язання задач ТАК. Огляд основних методів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Метод	Опис
Опис моделі САК	
TransferFunction()	Передаточна функція лінійної неперервної САК
StateSpace()	Лінійна неперервна САК задана в просторі станів
ToDiscreteTime()	Перетворення лінійної неперервної САК у дискретну
ToContinuousTime()	Перетворення дискретної САК у лінійну неперервну
Система звичайних диференціальних рівнянь	Довільні динамічні системи
З'єднання САК	
SeriesConnect()	Послідовне з'єднання
ParallelConnect()	Паралельне з'єднання
FeedBackConnect()	Зворотній зв'язок
Дослідження в часовій області	
SimulationPlot()	Чисельне моделювання системи при довільній вхідній дії.
SimulationPlot()	Чисельне моделювання системи при одиничній вхідній дії.
SimulationPlot()	Чисельне моделювання системи при імпульсній вхідній дії.
SimulationPlot()	Чисельне моделювання системи при лінійній вхідній дії.
OutputResponse()	Аналітичний вираз реакції системи на довільну вхідну дію.
Дослідження в частотній області	
NyquistPlot()	Крива Найквіста.
BodePlot()	Логарифмічні частотні характеристики.
Багатоваріантний аналіз	
RootLocusPlot()	Кореневий годограф
Інші методи	
Linearize()	Лінеаризація нелінійної системи.

MATLAB 6.1. Дана програмна система чисельного аналізу є потужним засобом для виконання практично будь-яких математичних та інженерних обчислень. Основною перевагою MATLAB є робота з матрицями. Використання MATLAB досить ефективне при необхідності обробки великого масиву даних, наприклад, при чисельному розв'язку диференціальних рівнянь. MATLAB представляє потужну мову програмування високого рівня для математичних розрахунків. Однак, сама оболонка програмування даної системи є досить незручною і нагадує строку DOS, крім того досить складною є і мова програмування.

Для розв'язання задач дослідження САК MATLAB, як і Mathematica, надає додаткову бібліотеку алгоритмів "Control Systems Toolbox", огляд яких наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Метод	Опис
1	2
Опис моделі САК	
tf()	Передаточна функція лінійної неперервної або дискретної САК, задана поліномами чисельника і знаменника
zpk()	Передаточна функція лінійної неперервної або дискретної САК задана нулями, полюсами та коефіцієнтом підсилення.
ss()	Лінійна неперервна або дискретна САК задана в просторі станів
c2d()	Перетворення лінійної неперервної САК у дискретну
d2c()	Перетворення дискретної САК у лінійну неперервну
Система звичайних диференціальних рівнянь	Довільні динамічні системи
З'єднання САК	
series()	Послідовне з'єднання
parallel()	Паралельне з'єднання
feedback()	Зворотній зв'язок

1	2
Дослідження в часовій області	
lsim()	Чисельне моделювання системи при довільній вхідній дії.
step()	Чисельне моделювання системи при одиничній вхідній дії.
impulse()	Чисельне моделювання системи при імпульсній вхідній дії.
Дослідження в частотній області	
nyquist()	Крива Найквіста
bode()	Логарифмічні частотні характеристики
Багатоваріантний аналіз	
glocus()	Кореневий годограф

При огляді MATLAB з точки зору його використання при дослідженні САК не можна нічого не сказати про програмний інструмент Simulink, призначений для моделювання складних систем. Даній засіб має досить зручний графічний інтерфейс. Simulink дозволяє вводити досліджувані системи у вигляді структурних схем та проводити їх аналіз.

Вище було коротко розглянуто універсальні програмні системи чисельного аналізу, розглянемо тепер основні характерні риси та особливості програмних засобів для математичного моделювання.

Stella 5.0. Пакет орієнтований переважно на дослідження математичних моделей об'єктів, вважається предметно незалежним і тому може бути використаний для моделювання будь-якої системи [12]. Він має зручний інтерфейс, поставляється з хорошою документацією, що значно спрощує роботу з ним.

Всі моделі системи в даному програмному продукті будуються за допомогою представлення їх у вигляді блок-схем, складовими частинами яких є Stock (резервуар або конвеєр), Flow (потік), Converter (змінна).

Опція конвеєру для блоку Stock задає величину надходження речовини та час, який вона там зберігається, а потім виходить. Для підрахунків при необхідності задається рівняння процесу. Перед початком роботи моделі необхідно задати функцію часу.

Таким чином, процес побудови моделі зводиться до того, що необхідно задати досліджувану систему у вигляді схеми з використанням наведених елементів. Введення даних для змінних здійснюється за допомогою діалогових вікон (рис. 2).

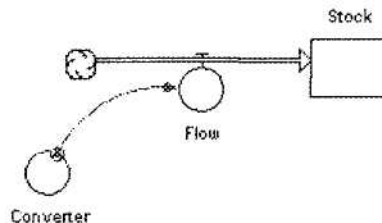


Рис. 1. Основні блоки для побудови моделі в Stella

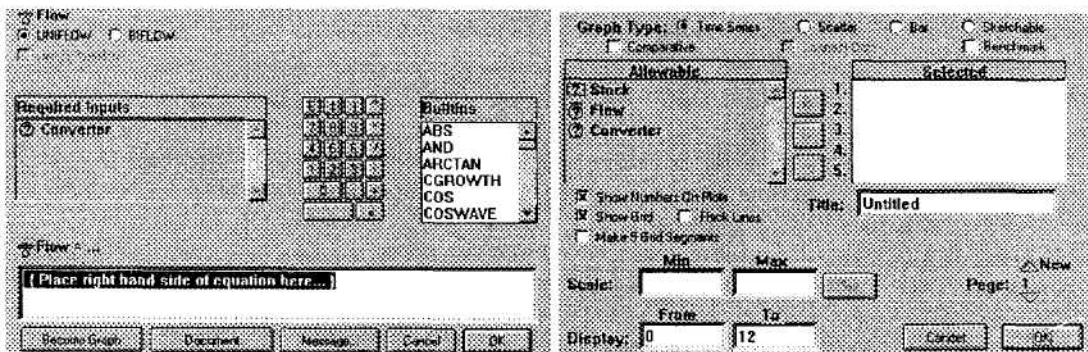


Рис. 2. Приклади діалогових вікон введення характеристик

Стосовно особливостей побудови виразів можна сказати, що по закінченні побудови виразу можна переглянути графік побудованої залежності. Це зручно як для перевірки правильності

задання функції, що допоможе уникнути помилки, так і для ілюстрації графіку процесу конкретного виду ланки системи, що моделюється.

Для задання періоду моделювання необхідно вказати початковий та кінцевий момент, крок, оскільки одиницями вимірювання часу можуть бути: години, дні, тижні, місяці, квартали, роки та інші одиниці вимірювання, задані користувачем.

До переваг пакету також можна віднести хорошу систему побудови графіків, яка дозволяє змінювати масштаб графіка, розміщувати декілька графіків на одній сторінці.

Універсальність досягається, в першу чергу, за рахунок того, що розробник попередньо пристосовує досліджувану систему до вимог програмного засобу. Як було описано раніше, модель має бути представлена у вигляді певної схеми.

Дана система може широко використовуватись для наукових досліджень, оскільки здатна виконувати великий набір задач, але навряд чи можна сказати, що вона набуде широкого застосування в навчальному процесі. Для роботи з такою системою, необхідно бути добре ознайомленим з методикою побудови моделей в даному програмному засобі, оскільки система повинна бути задана у вигляді схеми, побудованої з блоків. Існують приклади застосування даного пакету у навчальному процесі, але лише в рамках CASE-Study.

ACSL (Advanced Continuous Simulation Language) 11.7. Програмний комплекс, розроблений AEGIS Software було започатковано 25 років тому [13]. Спочатку він мав назву CSSL (Continuous System Simulation Language), але потім був перейменований, оскільки набув значних змін. У порівнянні з попередньою розробкою, система стала багатомодульною, і тепер вона складається з модулів ACSL Sim, ACSL Real Time, ACSL Math, ACSL Optimize, ACSL Graphic Modeller, ACSL Vision та ACSL C Code, які можуть працювати в комплексі, але для вирішення певних задач можуть використовуватись і автономно.

До особливостей ACSL Sim відносяться інтерактивність виведення даних; повна сумісність з розробленими користувачем FORTRAN бібліотеками; відсутність обмежень на програмний розмір і кількість змінних станів та міток.

Інтерфейс програмної системи підтримує сценарії роботи для новачка та для досвідченого користувача. Для останнього передбачено додаткові функції, в той час, як для новачків значення більшості параметрів встановлено за замовчуванням. Всі змінні та параметри моделі мають бути задані до початку процесу моделювання і не можуть бути змінені до його закінчення. Для зберігання моделей та даних система підтримує власний формат файлів.

До переваг системи можна віднести невелике навантаження на процесор та пам'ять, добре організовану підтримку функцій роботи з одновимірними масивами та матрицями, зберігання побудованих моделей для подальшого доопрацювання, використання та аналізу, однак, не передбачена можливість переглядати проміжні результати в процесі роботи моделі.

ACSL Real Time – система моделювання в режимі реального часу. Дана система реалізує ті ж функції, що і ACSL Sim, але з рядом особливостей, без яких не можна обійтись при моделюванні в режимі реального часу, що передбачає повну синхронізацію між моделлю та реальним процесом чи обладнанням, яке бере безпосередню участь у процесі роботи системи. Модель може бути також побудована за допомогою графічного модуля ACSL Graphic Modeller, де процес опису здійснюється за допомогою побудови блокової діаграми. Після цього необхідно задати послідовність виконання інструкцій. В програмному пакеті передбачено можливість виділити підсистеми, встановити проміжки часу їх роботи. Система автоматично підтримує функції порушення часового інтервалу роботи, призупинення виконання моделі, слідує за ходом виконання з виданням кінцевого звіту за період роботи підсистеми.

ACSL Graphic Modeller надає можливість будувати модель за допомогою графічних примітивів (рис. 3). Всі складові моделі представлені у вигляді графічних блоків з властивостями та подіями.

Математичні моделі, побудовані в системі, зберігаються для подальшої роботи у "*.gm" файлах. ACSL Graphic Modeller ілюструє наочно як процес формування моделі, так і розкриває суть внутрішнього функціонування системи, що моделюється. Візуальну побудову моделі можна віднести до переваг даного програмного засобу. Програмний засіб може бути використаний як в навчальному процесі, так і в дослідженнях САК.

Хоча в цілому інтерфейс реалізований зручно, та все ж відсутні майстри, які задають сценарій роботи користувача. Тому для роботи з пакетом необхідно попередньо ознайомитись з інтерфейсом та основними прийомами роботи з об'єктами.

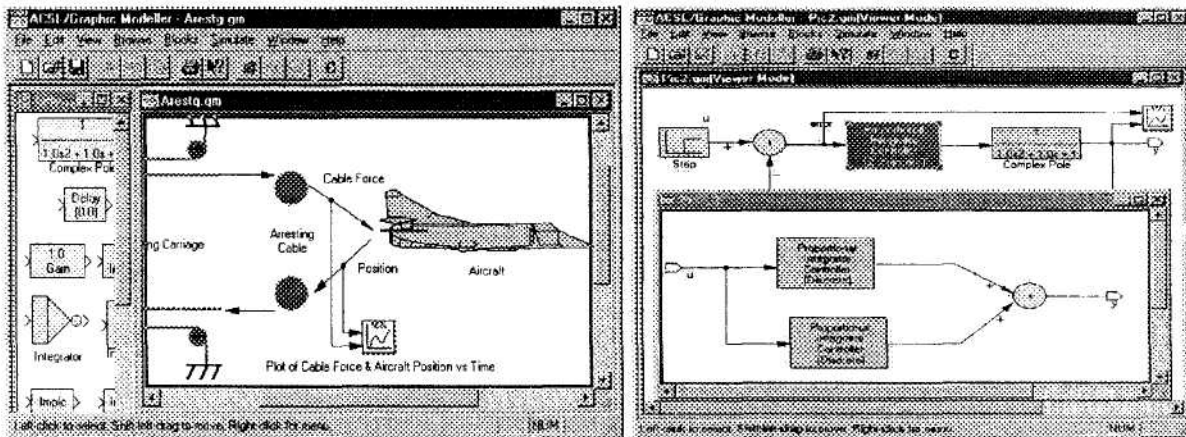


Рис. 3. Приклад роботи ACSL Graphic Modeller

ACSL Math – це пакет математичного аналізу, який тісно пов'язаний з іншими продуктами продуктів родини ACSL. В ньому реалізовано понад 300 функцій для задоволення потреб користувачів у вирішенні задач у рамках математики, лінійної алгебри, матричних обчислень, аналізу методом Монте-Карло, перетворень Фур'є, обробки сигналів тощо (див. рис. 4). Арсенал графічного виведення результатів включає в себе побудову дво- та тривимірних зображень, побудову поверхонь (об'ємних тіл) з можливістю обертання тощо.

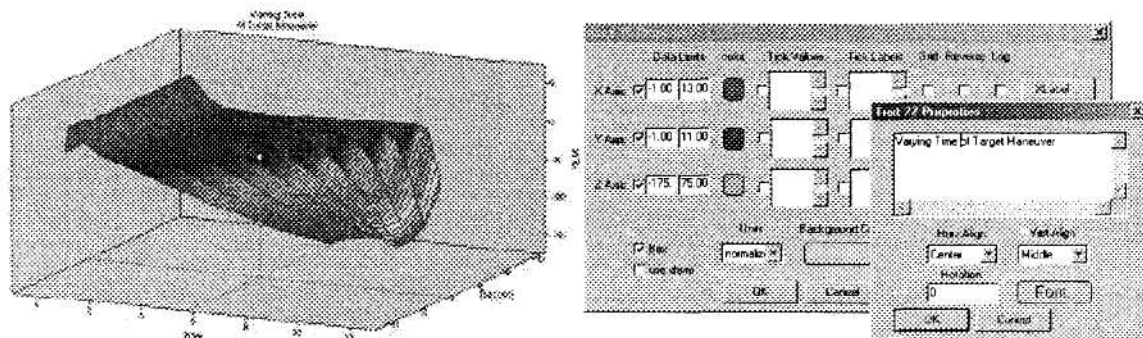


Рис. 4. Приклад роботи в ACSL Math

В інтерфейсі системи передбачена можливість швидкого виклику функцій, введених користувачем. Система підтримує Drag&Drop, що зручно як при роботі з таблицями даних, так і при побудові графіків.

При роботі з матрицями реалізовано наступні алгоритми: LU-розбиття, робота з власними векторами, знаходження визначника матриці, знаходження оберненої матриці, виділення трикутних матриць та ін.

ACSL Optimize дає можливість оптимізувати моделі та проводити підбір параметрів, що дозволяє вирішувати задачі нелінійних моделей, знаходити мінімум і максимум функцій. Такий аналіз дозволяє виділити ті параметри, які найбільше впливають на систему, проводити їх підбір (як в ручному так і в автоматичному режимі) для переведення досліджуваної системи з одного стану в інший.

В системі користувач може вибрати метод розрахунку параметрів, задати вхідні та вихідні змінні моделі, встановити допустимі похибки, задати кількість ітерацій. Оптимізація диференційованих функцій здійснюється градієнтними методами.

ACSL OpenAPI дозволяє реалізувати користувачеві його власний інтерфейс за допомогою Visual Basic®, Microsoft Visual Studio®, C, C++, Power Builder® та інших програмних продуктів, що підтримують Active X або OLE (для більш давніх версій). Сама модель оформлена у вигляді динамічної бібліотеки у (YourModel.prx), а завдяки ACSL OpenAPI здійснюється зв'язок з цією бібліотекою.

Даний модуль надає можливості управляти вхідними та вихідними даними за допомогою власного інтерфейсу, тобто можливість розробки інтерфейсу власноруч можна віднести до переваг модуля.

Через надання можливості вбудовування моделі у власний інтерфейс, втрачається ряд інших: редагування моделі, вивчення внутрішньої структури моделі. Також необхідна постійна перекомпіляція розробленої моделі.

ACSL C Code забезпечує розробку моделі, проведення експериментів, візуалізацію результатів та переробку моделі без використання трансляторів. В результаті, модель може бути також надана у вигляді виконуваного файлу. *ACSL C Code* надає наступні можливості: підтримка коду, реалізованого в C, C++, та FORTRAN; система генерує оптимізований C код (рис. 5); блокова діаграма ієрархічно представлена в результатуючому C коді; визначені користувачем імена змінних підтримуються у процесі відладки.

```

/* implementation for block/process pic2channels */
void pic2channels(
  realType u, /* formal input */
  pic2channelsContextType* context, /* context */
  realType* y /* formal output */)
{
  /* implied statements */
  context->u = u;
  /* user-defined statements */
  /* LH Controller 1 */
  lh_controller(context->u, &(context->LH_Controller_1),
    &(context->lh_controller_1control));
  /* RH Controller 1 */
  rh_controller(context->u, &(context->RH_Controller_1),
    &(context->rh_controller_1control));
  /* sum_1 */
  context->sum_lo = context->lh_controller_1control +
    context->rh_controller_1control;
  /* copy */
  context->y = context->sum_lo;
  /* implied statements */
  *y = context->y;
}

```

Рис. 5. Фрагмент коду в *ACSL C Code*

ACSL Vision – модуль візуалізації в комплексі *ACSL*, який зв'язаний з *ACSL data source* і дозволяє анімувати динамічні зв'язки в комплексних системах індустриальних процесів, автоматизованих систем, динаміку повітряного простору, тощо. В редакторі *ACSL Vision* можна створювати власні об'єкти, зберігаючи їх у палітрах для подальшого використання. Власні, визначені користувачем об'єкти, можуть включати як анімаційні ролики, так і малюнки.

ACSL Vision пропонує повний набір графічних примітивів (ліній, дуги, еліпси, багатокутники тощо). Загалом палітри графічних об'єктів в пакеті нараховують понад 70 графічних елементів, в тому числі елементів графічного інтерфейсу. Анімаційні можливості програмного модулю включають рух, обертання, масштабування тощо. Для надання більш реалістичних зображень, в систему можуть бути імпортовані ілюстрації та фото.

При роботі з графічними об'єктами вхідні дані зв'язуються двома шляхами: створенням зв'язків з *ACSL Data* файлами та виведенням результатів моделювання або введенням даних у поля об'єкту. Також передбачене використання даних з інших джерел.

Перевага даного програмного продукту у багатofункціональності, яка досягається за рахунок застосування інтеграції модулів.

Даний програмний комплекс є одним з найпотужніших, допомагає вирішити велике коло задач, але все ж на сьогоднішній день, він залишається одним з найдорожчих інструментальних засобів (кілька тисяч доларів). Таким чином, можна проаналізувати необхідність використання даного прикладного програмного засобу або розробки власної програмної системи, яка буде коштувати дешевше і задовольняти потреби користувача.

Model-It 2.99Z2. Цей програмний пакет розроблений Scientific Laboratory [14] близько п'яти років тому, і на сьогоднішній день він набув широкого розповсюдження завдяки безкоштовності його версій.

Інтерфейс програми занадто простий. Меню має лише два пункти, один з яких відповідає за файлові операції, інший – пункт меню допомоги. Розробники вважали, що великі меню в програмах лише заплутують користувача, вимагаючи від нього постійного настроювання пакету через меню. Також вони не приділили великої уваги створенню системи допомоги, тому для пакетів, які розповсюджуються безкоштовно (нажаль немає інформації про вихід комерційної версії), система допомоги лише повідомляє про версію програмного продукту та перелік розробників. Єдиним виходом для користувачів є використання on-line tutorial, де описана послідовність створення моделі та роз'яснено зміст об'єктів моделі.

Для роботи в пакеті необхідно визначити набір об'єктів системи, встановити зв'язки між ними. Тестування моделі є заключним етапом роботи. Рівняння моделі будуються легко, за допомогою діалогового вікна, в якому встановлюється залежність між змінними моделі. Об'єкти та фактори в системі представлені у вигляді іконок, зображення яких можна змінювати.

Впродовж сеансу роботи з пакетом існує можливість збереження моделі. За замовчуванням, модель зберігається у файлі без розширення, що іноді заплутує користувача.

При побудові моделі дуже доречний механізм Drag&Drop, який підтримується пакетом. Хоча система при вході і пропонує вибрати область досліджень, можна не вибирати жодної з них і будувати власноруч систему, вибираючи іконки для об'єктів. В бібліотеках об'єкти мають абсолютно однакову структуру і відрізняються лише іконкою. Тобто пакет пропонує лише доступ до графічних об'єктів за вибраними в них іконками, але змінні стану об'єкта кожного разу доводиться задавати користувачеві.

Пакет підтримує експорт у формат HTML та JPG. При конвертуванні в HTML програмний засіб спочатку перетворює рисунок у формат JPG, після чого заносить його назву в тіло HTML-файлу.

В системі підтримується робота з однією моделлю впродовж сеансу. Не передбачене зберігання об'єктів, розроблених користувачем в палітрі об'єктів. Незручності виникають також при клонуванні об'єктів, тобто неможливо скопіювати об'єкт та змінити його параметри. Також не передбачено ніяких форм звітності, крім виведення графіка внизу вікна.

Stratum 3.0. Це – потужний пакет для побудови моделей різних процесів, розроблений Пермським державним технічним університетом. Розробники випускають три версії пакету: стандартну, демонстраційну та модуль виконання [15]. Стандартна версія є повнофункціональною, в демонстраційній версії наведено лише деякі функції пакету, а модуль виконання дозволяє відкривати та запускати існуючі проекти.

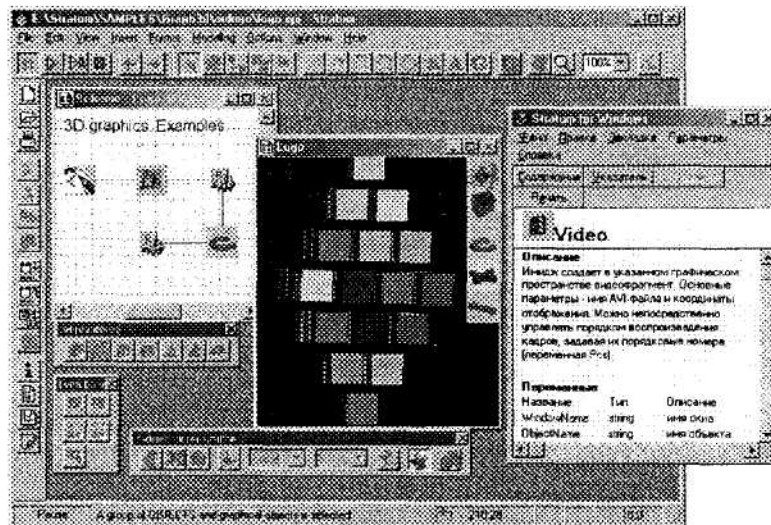


Рис. 6. Приклад роботи в програмі Stratum

Система орієнтована як на науковців, що не мають навичок у програмуванні, так і на програмістів. Програміст має бути ознайомлений з внутрішньою мовою програмування даної системи.

Користувачу-непрограмісту програмний засіб надає великий набір бібліотек готових об'єктів та можливість створення нових об'єктів, необхідних для вирішення задач з певної предметної області. Об'єкти поміщаються в графічні схеми, з'єднуючись між собою за допомогою зв'язків між змінними.

В системі реалізовані алгоритми роботи з матрицями, потоками, відео, мультимедіа, базами даних. Підтримка баз даних побудована на використанні BDE (Borland Database Engine). Без BDE програмний засіб функціонує, але не підтримує роботу з базами даних.

Інтерфейс програмного продукту є зручним, але занадто складним. Не одразу можна збагнути, як працювати з ним, з чого саме необхідно починати будувати модель, як поміщати об'єкти у схему, як встановлювати зв'язки між ними. В системі допомоги декількома словами

казано, що розробка моделі починається зі створення нового проекту, в якому і відбувається безпосередня робота з моделлю. В проекті надається можливість перегляду ієрархії об'єктів, що корисно на будь-якому етапі моделювання, та перегляду переліку повідомлень, які обробляє система.

В процесі побудови моделі користувачеві надано можливість будувати складні об'єкти, які він включає в модель. Також це можна здійснювати за допомогою об'єднання декількох візуальних блоків в один загальний, внутрішню структуру загального блоку можна редагувати, встановлювати зв'язки між його складовими.

При роботі з пакетом користувачеві надана можливість підключати власні DLL-бібліотеки, але не підтримується робота з OLE-об'єктами.

Пакет підтримує англійський та російськомовний інтерфейси. Ефективне використання Stratum можливе в таких областях, як автоматизовані системи управління, системи управління природними об'єктами, технологічними процесами, навчальні та інтелектуальні системи, геоінформаційні системи, аналіз бізнес-процесів, планування, прийняття управлінських рішень.

Гнучкість даного продукту базується на можливості запрограмувати будь-який процес власноруч. Система має свою внутрішню мову програмування, за допомогою якої можна розробляти власні модулі, зберігати їх у бібліотеках. Система допомоги включає як інформацію про безпосередню роботу в пакеті, так і розділи теорії математичного моделювання, опис внутрішньої мови програмування, опис елементів створення інтерфейсу, роботи з мультимедіа.

До недоліків можна віднести той факт, що початківцю буде дуже важко розібратись з побудовою моделей в системі навіть на прикладах, що поставляються разом з пакетом. Також часто при виборі функцій зі списку з'являється повідомлення: "Дана функція не реалізована". Це іноді лякає користувача. Система не здійснює імпорту та експорту, підтримує лише власні формати.

В таблиці 3 представлено порівняння функцій, які реалізовані в розглянутих програмних системах чисельного аналізу для розв'язання задач, які виникають при дослідженні лінійних, дискретних та нелінійних САК. Необхідно зазначити, що в даній таблиці порівнюються саме функції, що вже існують в розглянутих системах, і не потребують написання додаткових програм.

Таблиця 3

Функція	Програмна система							
	Mathematica	MATLAB	MathCAD	Maple V	Stella	ACSL	Model-It	Stratum
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Опис моделі САК								
Передаюча функція лінійної неперервної САК	√	√	√	√	–	√	–	√
Лінійна неперервна САК задана в просторі станів	√	√	–	–	–	√	–	√
Перетворення лінійної неперервної САК у дискретну	√	√	–	–	–	–	–	–
Перетворення дискретної САК у лінійну неперервну	√	√	–	–	–	–	–	–
Система диференціальних рівнянь	√	√	√	√	–	√	√	√
Графічне представлення структури системи	–	√	–	–	√	√	√	√
З'єднання САК								
Послідовне з'єднання	√	√	–	–	√	√	√	√
Паралельне з'єднання	√	√	–	–	√	√	√	√
Зворотній зв'язок	√	√	–	–	√	√	√	√
Дослідження в часовій області								
Чисельне моделювання системи при довільній вхідній дії.	√	√	–	–	√	√	√	√
Чисельне моделювання системи при одиничній вхідній дії.	√	√	–	–	√	√	√	√
Чисельне моделювання системи при імпульсній вхідній дії.	√	√	–	–	√	√	√	√
Чисельне моделювання системи при лінійній вхідній дії.	√	√	–	–	√	√	√	√
Аналітичний вираз реакції системи на довільну вхідну дію.	√	–	–	–	–	√	–	–
Дослідження в частотній області								
Крива Найквіста.	√	√	–	–	–	–	–	–

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Крива Михайлова	-	-	-	-	-	-	-	-
Логарифмічні частотні характеристики.	√	√	-	-	-	√	-	√
Багатоваріантний аналіз								
Кореневий годограф	√	√	-	-	-	-	-	-
D-розбиття	-	-	-	-	-	-	-	-
Інші методи								
Корені характеристичного полінома	√	√	√	√	-	√	√	√
Перетворення Лапласа, Фур'є, z-перетворення	√	√	√	√	-	√	-	√
Чисельне розв'язання звичайних диференціальних рівнянь	√	√	√	√	√	√	√	√

Таким чином розглянуті програмні системи надають велику кількість функцій для дослідження САК. Проте необхідно відмітити відсутність програмного засобу, який надавав би всі функції, що використовуються при дослідженні САК, оскільки кожна з програмних систем має переваги в певній області, чи в аналітичних обчисленнях, чи при чисельному моделюванні, чи в організації зручного інтерфейсу користувача. Для використання більшості програмних систем користувач повинен спочатку вивчити досить складну мову програмування системи, що використовується при дослідженнях, методи побудови моделей. Крім того, для розв'язання будь-якої задачі користувач повинен скласти відповідну програму, що потребує певних навичок програмування. При дослідженні САК найбільш зручно користуватися структурними схемами, проте існуючі програмні системи чисельного аналізу не завжди надають зручні і інтуїтивно зрозумілі графічні редактори схем систем. Отже, для розв'язання тих чи інших задач дослідження САК приходиться використовувати декілька програмних засобів, що може викликати певні фінансові складності через велику вартість даних програмних систем.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Колодницький Н.М., Левицький В.Г. Обзор основных программных средств для моделирования математических задач // САПР и графика, 1999. – № 10 – С. 56–65.
2. Янчук В.М. Застосування прикладних пакетів моделювання у навчанні та при дослідженні екологічних процесів // Вісник ЖІТІ, 2000. – № 15 / Технічні науки. - С. 208–216.
3. MathSoft, Inc. Mathcad User's Guide. Cambridge, MA: 2000.
4. M.B. Monagan, K.O. Geddes, K.M. Heal, G. Labahn, S.M. Vorkoetter, Maple V Release 5. Learning Guide. Springer-Verlag, 1998, 284 p.
5. M.B. Monagan, K.O. Geddes, K.M. Heal, G. Labahn, S.M. Vorkoetter, Maple V Release 5. Programming Guide. Springer-Verlag, 1998, 379 p.
6. Gaylord R.J., Kamin S.N. and Wellin P.R. Programming with Mathematica. 2nd Edition, Springer-Verlag, TELOS, Santa Clara, 1996.
7. Stephen Wolfram. The Mathematica Book, Fourth Edition. Cambridge University Press, 1999, pages 1470.
8. Потемкин В.Г. Система MATLAB 5 для студентов. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1998. – 314 с.
9. Потемкин В.Г. Система MATLAB. Справочное пособие. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1998. – 350 с.
10. John H. Mathnews, Kurtis Fink. Numerical Methods Using MATLAB. 3rd Edition, Pearson Education, 1999, pp. 680.
11. MATLAB User's Manual, MATHWORKS Inc, MA, USA, 1999.
12. <http://www.hps-inc.com>.
13. <http://www.mga.com>.
14. <http://www.hi-ce.org/sciencelaboratory/modelit/>.
15. <http://stratum.pstu.ac.ru>.

САМОЛЮК Ігор Іванович – магістр, провідний інженер кафедри автоматизації та комп'ютеризованих технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- комп'ютерні інформаційні технології;
- моделювання та розв'язок задач за допомогою обчислювальної техніки;
- теорія автоматичного керування.

Тел.: (0412) 416-542, E-mail: samo@ziet.zhitomir.ua