

УДК 519.876.5

В. М. Дубовой, д. т. н., проф.;

І. В. Кузьмін, д. т. н., проф.;

О. Д. Никитенко, асп.

ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИЙ АНАЛІЗ РОЗВИТКУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Запропоновано підходи до побудови автоматизованої системи аналізу розвитку (АСАР) складних систем управління, які ґрунтуються на апаратах алгебр графів і алгоритмів, виділено декілька функцій цього модуля. Розв'язано задачу створення системи аналізу розвитку складних систем управління на принципах, які дозволяють автоматизувати процес аналізу та ґрунтуються на гнучких та узгоджених моделях.

Проблема аналізу розвитку складних систем є важливою в багатьох галузях науки і техніки. До систем, де ця задача набуває особливої актуальності, можна віднести виробничі, екологічні, інформаційні та відповідні системи автоматизованого управління, структура і алгоритми яких ґрунтуються на результатах аналізу.

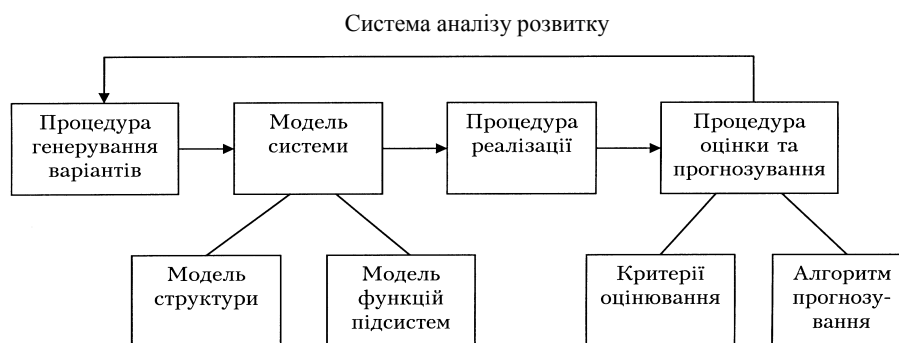
Значних результатів у розв'язанні проблеми аналізу розвитку складних систем досягнуто в рамках синергетики [1, 2], в роботах з оптимізації паралельних виробничих систем [3], з розвитку енергетичних систем [4] тощо. Разом з тим, застосування відомих підходів до аналізу розвитку складних систем управління наштовкується на певні труднощі. Відзначимо в першу чергу такі:

— наявність зворотних зв'язків, зміна їх кількості та характеристик у процесі розвитку різко ускладнює програмну реалізацію методів аналізу через необхідність відповідної зміни структури програми або відмову від принципів структурного програмування;

— розмаїття моделей підсистем складної системи при аналізі розвитку шляхом додавання нової підсистеми зумовлює необхідність одночасно передбачати декілька інтерфейсних модулів для узгодження результатів моделювання підсистем.

Таким чином, постає **задача** створення системи аналізу розвитку складних систем управління на принципах, які дозволяють автоматизувати процес аналізу, ґрунтуються на гнучких та узгоджених моделях.

Структуру такої автоматизованої системи аналізу розвитку (АСАР) наведено на рисунку.



Оснoву АСАР складає модель складної системи управління.

За прототип підходу до формалізації моделей функціонування підсистем використаємо апарат логічних схем алгоритмів (ЛСА). У ЛСА [5] застосовуються заздалегідь визначені множини функціональних $\{A_i\}$, логічних $\{w_i\}$ операторів, а також правила послідовності виконання алгоритму в залежності від задоволення умов w_i . У ЛСА об'єднуються оператори, які визначають обмін інформаційними і службовими сигналами між функціональними блоками системи, а також перетворення цих сигналів. У складних алгоритмах виділяються групи пов'язаних між собою операторів. Окрім літерних позначень у ЛСА використовують символи, якими позначається порядок виконан-

ня операторів або структура апаратної частини системи.

Алгебраїчний апарат, призначений для розв'язку задач, пов'язаних з автоматизацією проектування систем і програмування, був запропонований В. М. Глушковим [6] і одержав назву системи алгоритмічних алгебр.

На основі такого теоретичного підходу запропоновано мову подання алгоритмічних моделей функціонування окремих підсистем у складних системах управління, яка є зручною для подальшої автоматизованої обробки [7].

Модель структури системи ґрунтується на її зображенні у вигляді графа $\Gamma(S, L)$, де S — множина підсистем (вершин графа); L — множина зв'язків (ребер графа).

Кожній підсистемі S_i відповідає функціональна модель у вигляді системи у загальному випадку операторних рівнянь.

$$\forall I_{ij} \in L_{i\text{вих}} \rightarrow x_{ij} = f_{ij}(x_{ik} / I_{ik} \in L_{i\text{вх}}), \quad (1)$$

де $L_{i\text{вх}}$ — підмножина ребер, які входять у вершину S_i ; $L_{i\text{вих}}$ — підмножина ребер, які виходять з вершини S_i ; f_{ij} — узагальнений оператор, який реалізується алгоритмом A_{ij} .

Об'єднаємо моделі всіх підсистем для отримання моделі розподіленої системи. Для цього доповнимо систему рівнянь (1) додатковими рівняннями, які визначають зв'язки між підсистемами у вигляді

$$\forall i, j \rightarrow x_{ij} = x_{vk}, \quad (2)$$

де x_{ij} — j -й вихід i -ї підсистеми; x_{vk} — k -й вхід v -ї підсистеми.

З використанням матричного подання модель складної системи управління матиме вигляд

$$A \cdot X = B. \quad (3)$$

Матриці A і B є блочними

$$A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Матриця X — матриця-стовпець розміром $[m, 1]$. Матрицю A_1 утворюють оператори рівнянь (1) і вона матиме розмір $[m, m]$, де m — кількість ребер. Матриця B_1 — матриця-стовпець, утворена з вільних членів рівнянь (1).

Матриця A_2 — матриця розміром $[m, m]$ з двома ненульовими елементами, один з яких відповідає пронумерованому кінцю ребра (входу відповідної підсистеми) і дорівнює 1, інший — пронумерованому початку того ж ребра (виходу іншої підсистеми); B_2 — нульова матриця-стовпець розміром $[m, 1]$.

Модуль генерування варіантів АСАР (рис. 1) в процесі аналізу розвитку здійснює модифікацію структури системи. Блочне подання матриці опису структури дозволяє здійснювати модифікацію лише в окремому блоці, не торкаючись решти системних зв'язків.

Крім розвитку структури в процесі аналізу здійснюється також модифікація алгоритмів підсистем. Формалізуємо перетворення алгоритмічної моделі у вигляді алгебраїчної системи

$$AS = (MAM, MOP), \quad (5)$$

де MAM — множина алгоритмічних моделей; MOP — множина операцій над ними.

Множина операцій MOP складається з двох елементів:

— *paste* ($B, n1, n2$) — вставка блока B в алгоритмічну модель між елементами з номерами $n1$ і $n2$;

— *cut* ($n1, n2$) — вирізання блока з алгоритмічної моделі між елементами з номерами $n1$ і $n2$, а також понять одиничної операції 1, яка не змінює моделі, і зворотної операції op^{-1} , яка задовольняє умові

$$op^{-1}(op(MAM)) = MAM. \quad (6)$$

Базовою операцією алгебри алгоритмічних моделей, яка забезпечує процес синтезу, є операція підстановки

$$P \{ \langle \text{блок1} \rangle, \langle \text{блок2} \rangle \},$$

що означає заміну блоку 1 блоком 2.

Підстановки повинні відповідати очевидним умовам

$$\langle \text{вхідні дані 1} \rangle = \langle \text{вхідні дані 2} \rangle$$

$$\langle \text{результати 1} \rangle \supseteq \langle \text{результати 2} \rangle$$

Послідовне виконання двох підстановок $P1$ і $P2$ назвемо добутком перестановок. Легко показати, що

— добуток перестановок має властивість асоціативності $P1 \cdot (P2 \cdot P3) = (P1 \cdot P2) \cdot P3$;

— існує нейтральний елемент $I = P \{ \langle \text{блок1} \rangle, \langle \text{блок1} \rangle \}$;

— існує обернений елемент $P^{-1} = P \{ \langle \text{блок2} \rangle, \langle \text{блок1} \rangle \}$.

Така сукупність властивостей підстановок є підставою для твердження, що підстановки утворюють нескінченну групу [8]. Цей висновок є теоретичним підґрунтям використання алгебраїчних методів для синтезу СК на основі алгоритмічних моделей.

Еквівалентними перетвореннями алгоритмічної моделі будемо називати таку послідовність операцій над моделлю, яка не змінює змісту результатів роботи системи (хоча можуть змінювати якісні показники як результатів, так і самої системи). Еквівалентні перетворення здійснюються на основі властивостей алгебри AS [9]:

1. $paste(B, n1, n2) cut(n1, n2) \equiv I$;

2. $cut(n1, n2) paste(B, n1, n2) \equiv I$;

3. $paste(B1, n1, n2) paste(B2, n3, n4) \equiv paste(B2, n3, n4) paste(B1, n1, n2)$, якщо $(n1, n2) \cap (n3, n4) = \emptyset$;

4. $cut(n1, n2) cut(n3, n4) \equiv cut(n3, n4) cut(n1, n2)$, якщо $(n1, n2) \cap (n3, n4) = \emptyset$;

5. $En1(op, X, Y) En2(op^{-1}, Y, X) \equiv I$.

В процесі модифікації моделі складної системи управління змінюються розміри матриці опису структури, а також кількість рядків опису алгоритмів і їх довжина. Це означає, що така модель при програмній реалізації повинна розміщуватися у динамічній пам'яті.

Таким чином, модель системи складається з блочної матриці опису структури і масиву рядків-символів, які описують алгоритми підсистем. Такий спосіб подання моделі системи диктує необхідність побудови процедури реалізації АСАР за принципами інтерпретації на етапі виконання. Послідовність інтерпретації рядків алгоритмічної моделі визначається графом залежностей алгоритмів, тобто матрицею структури.

Створення модуля оцінювання та прогнозування є однією з найважливіших і найскладніших задач у створенні АСАР. Виділимо декілька функцій цього модуля:

— аналіз змін стійкості складної системи управління в процесі розвитку;

— оцінювання і аналіз змін показників якості роботи системи в процесі розвитку;

— аналіз змін надійності системи управління в процесі розвитку;

— визначення сприятливих і несприятливих напрямків розвитку системи тощо.

Реалізація кожної з функцій потребує вибору та обґрунтування методик, які орієнтовані на обраний спосіб подання моделі структури (матричний) і моделі функцій (алгебраїчна форма алгоритмів). Окремі задачі у цьому напрямку розглянуті в роботах [10—14].

Висновки

Запропоновано підходи до побудови АСАР — автоматизованої системи аналізу розвитку складних систем управління, ґрунтуються на апаратах алгебр графів і алгоритмів, що забезпечить коректність аналізу і можливість застосування формальних методів побудови відповідних програмних реалізацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Синергетические методы управления сложными системами. Энергетические системы / А. А. Колесников, Г. Е. Веселов, А. Н. Попов, А. А. Кузьменко, М. Е. Погорелов, И. В. Кондратьев. — М: КомКнига. — 2006. — 248 с.
2. Синергетика / С. П. Курдюмов — <http://spkurdyumov.narod.ru/Start1N.htm>
3. Боровська Т. М., Бадьора С. П. Імовірнісна модель для прогнозування розвитку розподілених систем // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2006. — № 1. — С. 45—52.
4. Максименко И. Н. Объектно-ориентированный подход к анализу автоматизированных систем теплоснабжения с изменяемой структурой // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2006. — № 6. — С. 34—38.
5. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы: Структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 439 с.
6. Глушков В. М., Цейтлин Г. Е., Ющенко В. М. Алгебра. Языки. Программирование / АНУССР, Ин-т киберн.

им. В. М. Глушкова. — К: Наукова думка, 1989. — 376 с.

7. Дубовой В. М., Никитенко О. Д. Застосування алгоритмічної моделі до оптимізації інформаційно-обчислювальних систем в умовах комбінованої невизначеності // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2005. — № 6. — С. 9—13.

8. Александров П. С. Введение в теорию групп. — М.: Наука, 1980, 144 с.

9. Дубовой В. М., Никитенко О. Д. Формалізація перетворень алгоритмічних моделей систем керування в умовах невизначеності // Вісник Хмельницького національного університету. — 2006. — Т1 (68). — Ч 1. — № 4.

10. Голубева Т. О., Дубовой В. М. Використання методу оцінювання в задачах інваріантного управління // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2007. — № 1. — С. 5—9.

11. Дубовой В. М., Ковалюк О. О. Стійкість процесу керування транспортною мережею міста // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2006. — № 6. — С. 106—111.

12. Дубовой В. М., Никитенко О. Д. Визначення вимог до структури підсистеми керування вимірювально-обчислювальної системи // Вісник Хмельницького національного університету. — 2005. — Т. 1. — Ч. 1. — № 4. — С. 115—118.

13. Кузьмин И. В. Оценка эффективности и оптимизация АСКУ. — М.: Советское радио, 1971.

14. Основы моделирования сложных систем / Под ред. И. В. Кузьмина. — К.: Вища школа, 1981.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Надійшла до редакції 04.05.07
Рекомендована до друку 13.05.07

Дубовой Володимир Михайлович — завідувач кафедри, *Кузьмін Іван Васильович* — професор, *Никитенко Олена Дмитрівна* — аспірантка.

Кафедра комп'ютерних систем управління. Вінницький національний технічний університет