

УДК 519.14:005.22
К 56

ДЕЯКІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИМИ СТРУКТУРАМИ ПРОЕКТІВ

І. І. Коваленко, д-р техн. наук, проф.;
К. С. Пугаченко, асп.

Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Анотація. Розкрито основні принципи побудови автоматизованої системи управління організаційними структурами і запропоновано технологічну схему управління організаційними системами. Введено та описано елементи архітектури організаційної системи. Для імітаційного моделювання ієрархічних структур використано інструментальні засоби теорії графодинамічних систем.

Ключові слова: управління, організаційні системи, імітаційне моделювання, теорія графодинамічних систем, автоматизована система.

Аннотация. Раскрыты основные принципы построения автоматизированной системы управления организационными структурами и предложена технологическая схема управления организационными системами. Введены и описаны элементы архитектуры организационной системы. Для имитационного моделирования иерархических структур использованы инструментальные средства теории графодинамических систем.

Ключевые слова: управление, организационные системы, имитационное моделирование, теория графодинамических систем, автоматизированная система.

Abstract. The main principles of automated control systems construction with project organizational structures have been considered and the process flow sheet for organizational systems control has been proposed. The architectural elements of the organizational system have been introduced and described. The instrumental tools of the graphodynamic systems theory have been used for the simulation modeling of hierarchical structures.

Keywords: management, organizational systems, simulation, theory of the graphodynamic systems, the automated system.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

До найважливіших задач управління організаційними системами (ОС) належать дві тісно взаємопов'язані задачі: управління складом та управління структурою. Перша з них направлена на визначення складу учасників системи (набір управляючих органів – центрів та суб'єктів, над якими здійснюється управління агентів). Розв'язання другої задачі дозволяє виявити зв'язки причин і наслідків між учасниками ОС та визначити ті функції, які повинні ними виконуватися [1, 5].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасна теорія управління ОС виділяє наступні типові структури: вироджена структура (ВС), в якій відсутні будь-які зв'язки між учасниками; лінійна (ЛС), при якій підпорядкованість учасників ОС має вигляд деревоподібних (ієрархічних) структур; матрична (МС), в якій деякі учасники ОС можуть підпорядковуватися одночасно декільком учасникам, що знаходяться на різних рівнях ієрархії [5]. У цій же роботі відмічається «універсальність» ЛС, чим, очевидно, пояснюється факт їх широкого використання при створенні різноманітних організацій для фор-

мування управлінських функцій. Однак при цьому виникає задача вибору оптимальних ієрархій з деякої їх множини відповідно до деяких критеріїв (цілових функцій), що може викликати певні труднощі.

Існуючі підходи вирішення такої задачі базуються або на повному переборі всіх можливих ієрархій, або на емпіричних дослідженнях цілових функцій оптимізації, які мають ряд недоліків [1, 2].

У зв'язку із цим для вирішення такої проблеми перспективним можна вважати використання методів імітаційного моделювання ієрархічних структур та подальшу їх інструментальну реалізацію у вигляді автоматизованої системи.

МЕТОЮ СТАТТІ є розробка та опис деяких принципів побудови автоматизованої системи, що реалізує інформаційні технології імітаційного моделювання, оптимізації й управління організаційними структурами проектів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

В основу побудови автоматизованої системи управління організаційними структурами (АСУ ОС) може бути покладена технологічна схема (рис. 1), що відображає як послідовність зв'язків (позначена цифрами в кружечках), так і елементи її архітектури.

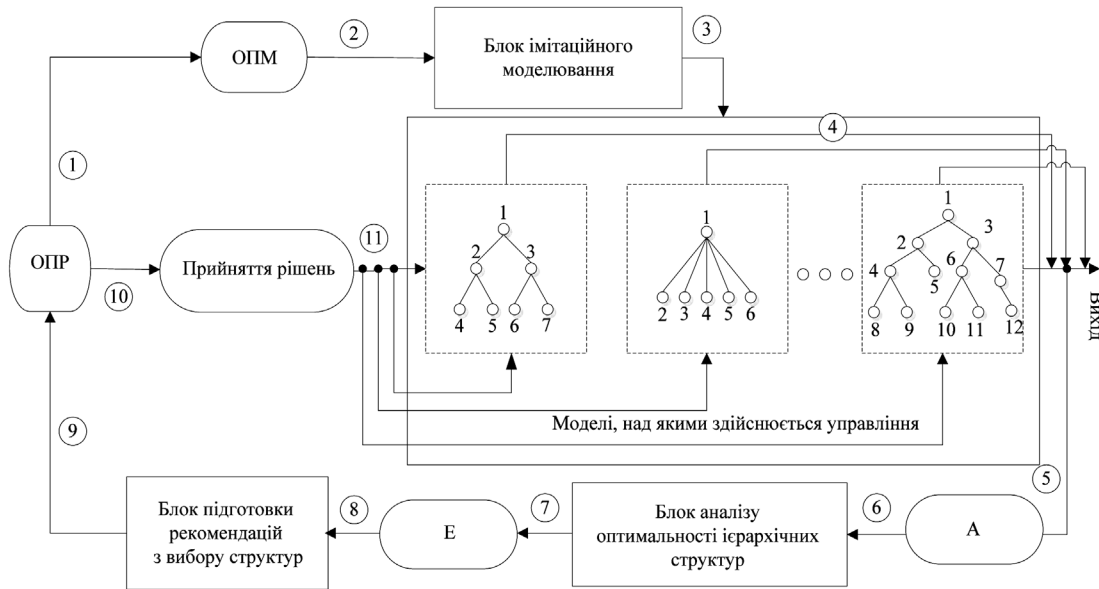


Рис. 1. Технологічна схема управління ієрархічними організаційними структурами: А – аналітик; Е – експерт

Подана схема реалізує принцип управління за відхиленнями, в основі якого лежить контур зворотного зв'язку. Особливістю даної схеми є наявність одночасно особи, що приймає рішення (ОПР), з особою, що проводить моделювання (ОПМ) [6].

Імітаційне моделювання ієрархічних організаційних структур реалізується у формі діалогу між ОПМ (системним архітектором) та підсистемою (блоком) імітаційного моделювання. Результатом такого діалогу є генерація різноманітних за конфігурацією ієрархічних структур (дерев), що відображають динаміку їх розвитку. Математичне забезпечення даного блока базується на методах графодинамічного моделювання.

Блок аналізу оптимальності генерованих імітаційних моделей призначений для оцінювання їх за різними критеріями: наприклад, за функцією затрат на утримання структури, нормами керованості менеджерів, інтенсивністю взаємодії між агентами структури (матеріальний, інформаційний чи інший тип потоку) та ін.

Математичне забезпечення блока розробки рекомендацій з вибору визначеної структури включає у себе методи підтримки прийняття рішення і, зокрема, методи оцінки й порівняння багатокритерійних альтернатив.

Стисло визначимо характеристику задач і методів, що реалізуються вказаними вище блоками (підсистемами) АСУ ОС.

Графодинамічне моделювання. В роботі [4] визначено поняття «графодинамічна система» та запропоновано використання одного з можливих способів її опису – мова П-функцій. Під графодинамічною системою розуміють динамічну систему, в якій об'єктом зміни є її структура, що описує графом зв'язку між окремими елементами. Як правило, розглядаються графи зв'язку, які є «деревом» або «лісом».

Нехай маємо ієрархічне нумероване граф-дерево (рис. 2,а), де n – номер кожної вершини, строго більший від номера «старшої» вершини з номером m , з яких суміжна вершина n , а «корінь» дерева умовно вважається суміжним з фіктивної вершини з номером 0.

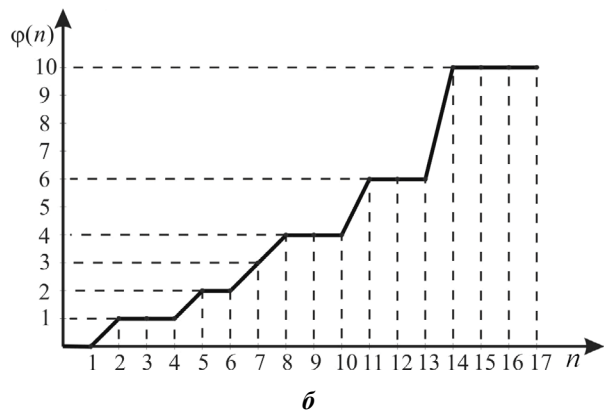
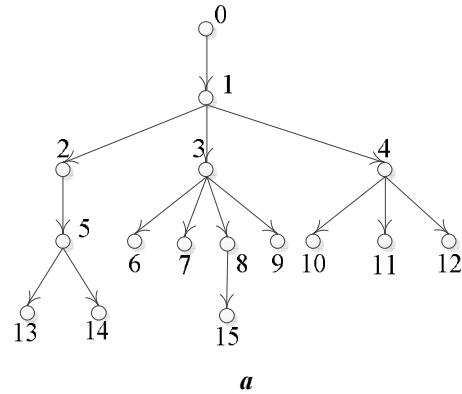


Рис. 2. Подання графодинамічних систем: а – граф-дерево; б – П-функція дерева

Поставимо у відповідність до кожної вершини з номером n число $\varphi(n) = m$. Наприклад, для графа на рис. 2,а отримаємо наступну послідовність: $\varphi(1) = 0$; $\varphi(2) = \varphi(3) = \varphi(4) = 1$; $\varphi(5) = 2$; $\varphi(6) = \varphi(7) = \varphi(8) = \varphi(9) = 3$ і т. д. Тоді кожному ієрархічному графу-дереву може бути поставлена у відповідність однозначна цілочислова функція $\varphi(n)$, яка визначена на множині цілих додатних чисел $1, 2, \dots, N_{\max}$, де N_{\max} – максимальний номер вершини в графі. Функція $\varphi(n)$, що ніби відображає структуру підлеглих у графі, названа функцією підпорядкованості, або П-функцією. Графік П-функції наведено на рис. 2,б та лежить в області $0 \leq \varphi(n) \leq (n-1)$ площини $\{n; \varphi(n)\}$.

Припустимо, що внаслідок деяких причин вихідний граф (див. рис. 2,а) змінюється в часі таким чином, що може виникати послідовність нових конфігурацій: вихідний граф може перейти в граф з великою кількістю зв'язків (багатозв'язний), тобто може виникати нове коріння та нові «дерева», що ростуть із них. Також усередині вихідного дерева можуть виникати переваги вершин та ін.

Кожній новій конфігурації відповідає визначена П-функція. Таким чином, послідовність графів, що змінюються в часі t , тобто траєкторія графа, може бути подана, в свою чергу, послідовністю П-функцій:

$$\varphi_1^{t=1}(n) \rightarrow \varphi_2^{t=2}(n) \rightarrow \varphi_3^{t=3}(n) \rightarrow \dots \rightarrow \varphi^{t=k}(n),$$

де t – часовий інтервал.

Перехід кожної П-функції даної траєкторії в іншу П-функцію виконується за допомогою трьох типів операцій [4].

1. Унарні операції, що описуються рівняннями графодинаміки 1-го порядку виду $\psi(n) = F(\varphi(n))$, де F – оператор перетворення П-функції $\varphi(n)$.

2. Бінарні операції, що описуються рівняннями 2-го порядку виду $\psi(n) = F(\varphi(n), \pi(n))$, де F – оператор перетворення П-функцій $\varphi(n)$ та $\pi(n)$.

3. r -арні операції, що описуються рівняннями найвищих порядків виду $\psi(n) = F(\varphi(n), \pi(n), \dots, \gamma(n))$.

Кожна з указаних вище операцій може мати трактування стосовно функціонування організаційних систем: «укрупнення», «деструктуризація», «перепідпорядкування» та ін. У роботі [3] наведено достатньо повний перелік графодинамічних операцій та їх інтерпретація, а також розглянуто ряд прикладів моделювання деяких задач управління ієрархічними структурами.

Аналіз оптимальності ієрархічних структур. Як зазначалося вище, аналіз на оптимальність організаційних структур, що отримані шляхом різноманітних графодинамічних операцій, може виконуватися за різноманітними критеріями. Розглянемо, наприклад, оптимізаційну задачу за критерієм витрат на утримання ієрархічної організаційної структури [1, 5].

Спочатку дамо чітке визначення ієрархії. Нехай $V = N \cup M$ – уся множина співробітників організації (виконавців і менеджерів). Розглянемо множину ребер підпорядкованості $E \subseteq V \times M$, в якій ребро $(v, m) \in V$ означає, що співробітник $v \in V$ є безпосереднім підлеглим менеджера $m \in M$ при існуванні ланцюга ребер із v в m .

Орієнтований граф $H = (N \cup M, E)$ з множиною менеджерів $\{m\}$ і множиною ребер підпорядкованості $E \subseteq (N \cup M) \times M$ називається ієрархією, що керує множиною виконавців N . Якщо граф H є ациклічним, будь-який менеджер має підлеглих та знайдеться менеджер, якому підпорядковані всі виконавці.

Через $\Omega(N)$ позначимо множину всіх ієрархій. Тоді задача пошуку оптимальної ієрархії H_{opt} із множини $\Omega(N)$ буде полягати в пошуку допустимої ієрархії з мінімальними витратами, що можна виразити наступним чином:

$$H_{\text{opt}} \in \text{Arg min } C(H), \quad H \in \Omega(N), \quad (1)$$

де C – витрати на утримання ієрархії.

З виразу (1) очевидно, що навіть у найпростіших випадках множина всіх можливих ієрархій настільки велика, що пошук оптимальної ієрархії за допомогою методу перебору всіх варіантів потребує великих розрахункових ресурсів. Разом з тим існує ряд обмежень, що дозволяє знайти оптимальну ієрархію або звузити множину ієрархій. Так, у роботі [1] наведено твердження про те, що для будь-якої ієрархії $H_1 \in \Omega(N)$ знайдеться ієрархія $H_2 \in \Omega(N)$, що має витрати $C(H_2) \leq C(H_1)$ та задовольняє наступні умови:

1. Відсутність дублювання, при якому два менеджери m_1 і m_2 управляють однією й тією ж групою виконавців:

$$\{v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_k^{(1)}\} \in m_1 \cap \{v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_l^{(2)}\} \in m_2 = \emptyset.$$

2. Якщо менеджер m_1 безпосередньо підпорядковується менеджеру m_2 ($m_1 \in m_2$), тоді останній безпосередньо не управляє підлеглими m_1 :

$$\{v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_k^{(1)}\} \notin m_1.$$

3. Наявність тільки одного менеджера (топ-менеджера) m_0 , який не має начальників і тільки йому підпорядковані всі менеджери та виконавці організації:

$$\{v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_k^{(1)}\} \in m_1; \{v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_l^{(2)}\} \in m_2 \in m_0.$$

Наведені обмеження можна розглядати як обґрунтування можливості застосування для пошуку оптимальних ієрархій методів графодинамічного моделювання. Виграш від такого використання вбачається, перш за все, в зниженні розрахункових витрат.

Підготовка рекомендацій з вибору ієрархічних структур. Підготовка рекомендацій для ОПР з вибору

оптимальної ієрархії базується на методах оцінки та порівняння багатокритерійних альтернатив, у ролі яких може виступати деяка сукупність генерованих та проаналізованих на оптимальність структур. При цьому можливе розв'язання двох типових задач прийняття рішень: ранжування альтернатив та їх кластеризація. Наведемо формальні постановки даних задач. Нехай розглядається деяка множина ієрархій $H = \{H_1, H_2, \dots, H_p, \dots, H_n\}$, тоді задачу ранжування можна подати у вигляді $H_1 > H_2 > \dots > H_i > \dots > H_n$ – строге ранжування, або $H_1 > H_2 > \sim H_3 > \dots > H_i > \dots > H_{n-1} \sim H_n$ – нестроге ранжування. Тут знаки «>» та «~» позначають відповідно «перевагу» та «еквівалентність».

Задача кластеризації полягає у відокремленні в множині $\{H\}$ ряду підмножин ієрархій, які подібні між собою: $\{H\} \Rightarrow \{H^1\}, \{H^2\}, \dots, \{H^j\}, \dots, \{H^m\}$, ($H^j \subseteq H$), $\{H^j\} = \{h_1, \dots, h_k\}$, $k \geq 2$.

Вихідна модель задачі структурування альтернатив з використанням критеріїв наведена у табл. 1.

Таблиця 1. Вихідна модель структурування альтернатив

	K_1	K_2	...	K_m	W
H_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1m}	W_1
H_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2m}	W_2
...
H_n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{nm}	W_n

Як видно з таблиці, на перетині i -го рядка записується оцінка X_{ij} альтернативи H_i за критерієм K_j . Підсумком аналізу даної таблиці є побудова узагальненого (інтегрального) показника S з використанням адитивної та мультиплікативної згорток відповідно:

$$S_{ад} = \sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot w_j; \quad 0 \leq w_j \leq 1; \tag{2}$$

$$S_{мт} = \prod_{j=1}^m x_{ij} \cdot w_j; \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1.$$

Для реалізації згорток (2) у даний час широко розповсюджено використання методів, які базуються на попарному порівнянні альтернатив: рядкових сум, аналізу ієрархій, модифікованих методів аналізу ієрархій та ін.

ВИСНОВКИ

Головною відмінністю запропонованої системи є те, що як інструментальні засоби імітаційного моделювання ієрархічних структур запропоновано використання апарату теорії графодинамічних систем, що, на думку авторів, дозволить спростити задачу перебору множини варіантів ієрархій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Бурков, В. Н.** Введение в теорию управления организационными системами [Текст] / В. Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков. – М. : ЛИБРОКОМ, 2009. – 264 с.
- [2] **Бурков, В. Н.** Теория графов в управлении организационными системами [Текст] / В. Н. Бурков, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. – М. : Синтег, 2001. – 321 с.
- [3] Графодинамічне моделювання структур організаційних систем: препринт [Текст] / І. І. Коваленко, М. В. Донченко, А. В. Швед, І. А. Кобилінський. – Миколаїв : Іліон, 2012. – 59 с.
- [4] Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) [Текст] / А. Айзерман, Л. А. Гусев, С. В. Петров, И. Н. Смирнов // Автоматика и телемеханика. – 1977. – № 7. – С. 135–151; № 9. – С. 123–136.
- [5] **Новиков, Д. А.** Теория управления организационными системами [Текст] / Д. А. Новиков. – М. : Физматлит, 2007. – 523 с.
- [6] **Юдицкий, С. А.** Моделирование динамики многоагентных триадных сетей [Текст] / С. А. Юдицкий. – М. : СИНТЕГ, 2012. – 112 с.

© І. І. Коваленко, К. С. Пугаченко

Надійшла до редколегії 07.02.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК

д-р техн. наук, проф. *К. В. Кошкін*

Статтю розміщено у Віснику НУК № 1, 2013