

УДК 519.14:005.22
К 56ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ГРАФОДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР ПРОЕКТІВІ. І. Коваленко, д-р техн. наук, проф.;
К. С. Пугаченко, асп.*Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв*

Анотація. Розглянуто інформаційну технологію імітаційного моделювання складу організаційних структур проектів на базі теорії графодинамічних систем, яка дозволяє проводити імітаційне моделювання процесів розвитку організаційних структур з метою прогнозування їх можливих варіантів для підвищення ефективності управління такими структурами.

Ключові слова: графодинамічне моделювання, організаційні структури, проекти, інформаційна технологія.

Аннотация. Рассмотрена информационная технология имитационного моделирования состава организационных структур проектов на базе теории графодинамических систем, которая дает возможность осуществлять имитационное моделирование процессов развития организационных структур с целью прогнозирования их возможных вариантов для повышения эффективности управления такими структурами.

Ключевые слова: графодинамическое моделирование, организационные структуры, проекты, информационная технология.

Abstract. The information technology based on the dynamic graph systems theory which enables to realize the organizational structure development simulation for the prediction of possible options is developed.

Keywords. Dynamic graph simulation, organizational structures, projects, information technology.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Організаційні структури займають особливе місце в управлінні проектами. Ефективність управління такими структурами переважно визначається попереднім імітаційним моделюванням, під час якого прогноуються процеси їх розвитку з визначенням можливих конфігурацій. У свою чергу, ефективність імітаційного моделювання залежить від техніки моделювання, яка повинна поєднувати наочність з високим рівнем інформативності. Аналіз публікацій [5–7] показав, що визначеному критерію повністю відповідає теорія графодинамічних систем.

Відмінною особливістю таких систем є те, що вони зображуються за допомогою ієрархічних графів типу «дерево» або «ліс» та розвиток подій в них пов'язаний не з рухом по графах, а з їхньою зміною. Такі зміни задаються функціями перетворення графів та супроводжуються можливістю отримання різних конфігурацій вказаних графів [4]. Це дозволяє отримувати різні графові траєкторії, що імітують життєві цикли організаційних структур проектів.

Фундаментальною проблемою будь-якої організації є формування координованої взаємодії її співробітників. Це вимагає зусиль, спрямованих на планування спільної роботи, контролю її результатів, узгодження цілей окремих співробітників та ін. [1, 3].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Для реалізації вказаних процедур в організації створюється ієрархія, яка призначена для формуван-

ня управлінських функцій. Тому одним з ключових факторів ефективності організаційної структури (системи) є оптимальність ієрархії управління. Вибір оптимальної ієрархії H_{opt} з деякої множини ієрархій Ω , такої, що $H_{opt} \in \Omega$, проводиться за деяким критерієм, у ролі якого звичайно виступають витрати на утримання співробітників організації. Тоді задача пошуку оптимальної ієрархії буде полягати в тому, щоб знайти допустиму ієрархію з мінімальними витратами, тобто

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

де C – витрати.

Множина допустимих ієрархій Ω може як збігатися з множиною $\Omega(N)$ всіх ієрархій, які управляють набором виконавців N , так і бути її строгою підмножиною. Зокрема, в залежності від змістової постановки задачі, може відбуватися пошук оптимального дерева або оптимальної r -ієрархії. Разом з тим, як відзначають автори роботи [1], така постановка задачі спричиняє великі складнощі. Коли кількість виконавців мала, ця задача може розв'язуватися повним перебором усіх можливих ієрархій (зрозуміло, що в загальному випадку це єдиний спосіб розв'язання), що вимагає великих обчислювальних ресурсів. Однак при цьому допустимих ієрархій настільки багато, що задати функцію витрат перерахуванням її значень для всіх ієрархій з множини неможливо. Певною мірою

ця проблема знімається за допомогою застосування ряду підходів, що дозволяють аналітично визначати функцію витрат і на цій основі вести пошук оптимальних ієрархій. До числа основних таких підходів належать: моделі надбудови ієрархії управління над технологічною мережею, секціонування функцій витрат на управління, формування однорідних функцій витрат, урахування норм керованості ієрархій та ін. [1, 2, 5].

У даній роботі не ставиться завдання глибокого аналізу перерахованих моделей і методів, тому зупинимося на трьох класичних умовах, що визначають оптимальні ієрархії.

У роботі [1] наводиться твердження про те, що для будь-якої ієрархії $H_1 \in \Omega$ знайдеться ієрархія $H_2 \in \Omega$, яка має витрати $C(H_2) \leq C(H_1)$ і задовольняє наступні три умови:

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

2. Наявність тільки одного менеджера (топ-менеджера), який не має начальників, і тільки йому підпорядковані всі інші менеджери та виконавці ієрархії.

3. Якщо менеджер безпосередньо підпорядкований топ-менеджеру, то останній безпосередньо не керує підлеглими. Це відповідає так званому «нормальному» функціонуванню організації.

МЕТА СТАТТІ – розробка інформаційної технології імітаційного моделювання складу організаційних структур проектів із застосуванням теорії графодинамічних систем.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Розглянуті умови дозволяють запропонувати підхід до моделювання оптимальних ієрархічних структур графодинамічними методами, в основі яких лежать сформовані і цілеспрямовані операції над графами.

Систематизований опис таких операцій наведено в табл. 1 [3].

Таблиця 1. Операції перетворення графів

№ з/п	Назва і математичне вираження операції	Результат виконання операції
<i>Унарні операції</i>		
1	Операція «розукрупнення»: $\psi(n) = \left\lfloor \frac{\varphi(n)}{k} \right\rfloor,$ де $\lfloor \cdot \rfloor$ – ціла частина; $k > 1$	Декомпозиція дерева (ділення на декілька частин із збереженням загального числа вершин)
2	Операція «укрупнення»: $\psi(n) = k \cdot \varphi(n), k = 2, 3, \dots$	«Розтягування» дерева по вертикальній осі
3	Операція «параболічне зростання»: $\psi(n) = \lfloor \sqrt{\varphi(n)} \rfloor, n = 1, 2, \dots, N$	Стиснення числа рівнів із збільшенням числа вершин зверху вниз
4	Операція «укрупнення зі скороченням»: $\psi(n) = \varphi(kn), k = 2, 3, \dots$	Зменшення числа вершин дерева з одночасним його «розтягуванням»
5	Операція «перевага»: $\psi_1(n) = \varphi(n + 1),$ $\psi_2(n) = \varphi(n) \div 1,$ де операція \div означає $a \div b = \begin{cases} a - b, & \text{якщо } a > b; \\ 0, & \text{якщо } a \leq b \end{cases}$	Перепідпорядкування кожної вершини дерева вершині найближчого «молодшого за рангом начальника» або перепідпорядкування «начальникові з більш високим рангом»
6	Операція «розукрупнення й розвиток»: $\psi(n) = \varphi(\lfloor n/k \rfloor), k > 1.$ При додатковому припущенні $\varphi(\lfloor n/k \rfloor) = 1 \text{ при } n/k < 1$	У термінах адміністративної структури описує ніби поділ структури, що супроводжується збільшенням штату
7	Адитивна операція «локального перепідпорядкування»: $\psi(n) = \varphi(n) + p(n),$ де $p(n) = \{-1; 0; +1\}$	Локальні перепідпорядкування вершин у дереві
8	Мультиплікативна операція «деструктуризація»: $\psi(n) = \lfloor \varphi(n) \cdot p(n) \rfloor, p(n) = 1/n$	Перетворення дерева (лісу) на набір незв'язних вершин («розсипаний», вироджений граф)
<i>Бінарні операції</i>		
9	Операція «арифметичне усереднення»: $\psi(n) = \lfloor (\varphi(n) + \pi(n)) / 2 \rfloor,$ де $\lfloor \cdot \rfloor$ – ціла частина	Синтез та впорядкування структур дерев

Продовж. табл. 1

№ з/п	Назва і математичне вираження операції	Результат виконання операції
10	Операція «геометричне усереднення»: $\psi(n) = \left[\sqrt{\varphi(n) \cdot \pi(n)} \right]$	Синтез структур дерев зі збільшенням кількості рівнів ієрархії
11	Операція «екстремізація»: $\psi(n) = \max(\varphi(n), \pi(n)),$ $\psi(n) = \min(\varphi(n), \pi(n))$	Синтез структури дерева за двома вихідними деревами
<i>r-арні операції</i>		
12	Арифметичне усереднення за r аргументами: $\psi(n) = \left[\frac{\sum_i^r \varphi_i(n)}{r} \right]$	Синтез і впорядкування структур дерев за r П-функціями
13	Операція «зважене середнє»: $\psi(n) = \left[\frac{k_1 \varphi_1(n) + \dots + k_r \varphi_r(n)}{k_1 + \dots + k_r} \right],$ де k_i – додатні числа	Об'єднання задач синтезу структури дерева за r П-функціями із задачею «розтягування» дерева по вертикалі

Використання наведених операцій над графами та їх різноманітних комбінацій складає основу інформаційних технологій, структура однієї з яких подана на рис. 1.

Розглянемо ряд прикладів моделювання деяких задач оптимізації організаційних структур.

1. *Оптимізація організаційної структури із зачасною деструктуризацією цієї структури*

Нехай існує задача перебудови деякої функціонуючої організації, структура якої подана чотирирівневою ієрархією (рис. 2,а). При цьому завчасно треба провести її деструктуризацію з наступним формуванням ієрархій з різною кількістю рівнів. У невеликих організаціях широко розповсюджені дворівневі ієрархії (так звані «прості структури») [1].

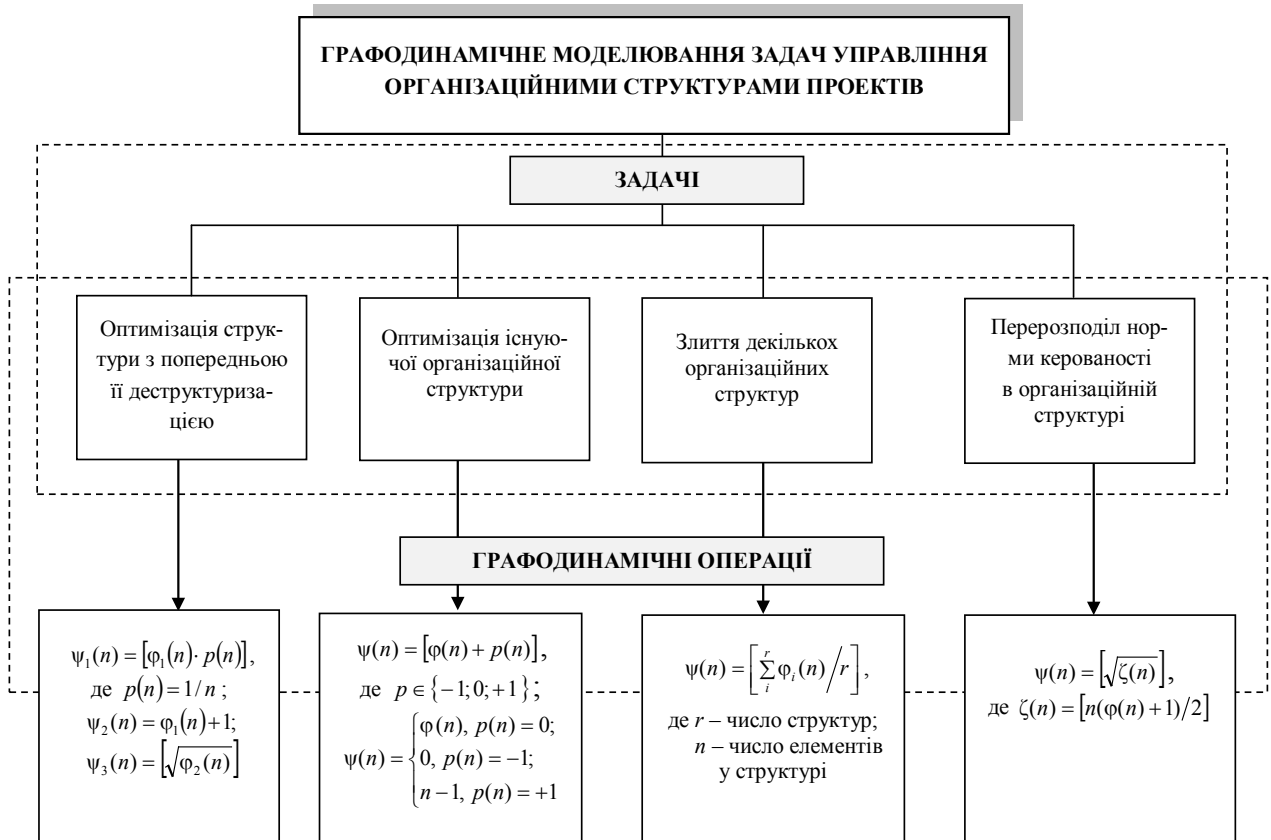


Рис. 1. Структура інформаційної технології моделювання задач управління організаційними структурами

Однак такі структури характеризуються максимальною нормою керованості, коли одному менеджеру безпосередньо підпорядковані всі виконавці, що в свою чергу призводить до великої завантаженості. Дана обставина змушує переходити до інших видів ієрархій.

Промодельюємо описану ситуацію за допомогою комбінацій операцій:

1. Процедура деструктуризації вихідної структури організації задається операцією $\psi_1(n) = [\varphi_1(n) \cdot p(n)]$, де $p(n) = 1/n$, яка приводить ієрархію (див. рис. 2,а) до незв'язного («розсіпаного») графа (див. рис. 2,б).

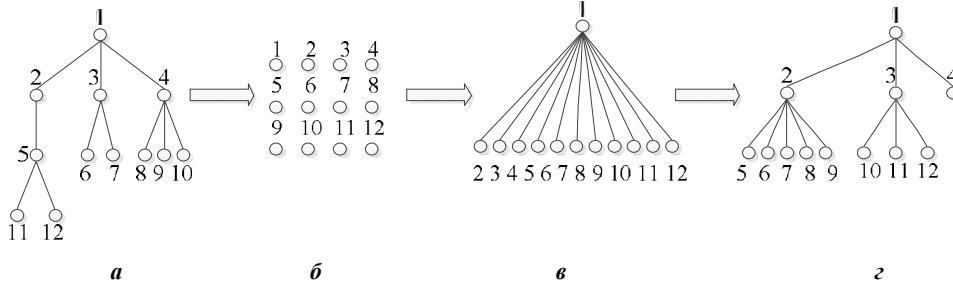


Рис. 2. Графічне зображення ітераційного перетворення графів: а – вихідний граф; б – незв'язний граф; в – граф-віяло; з – перетворений граф (трирівнева ієрархія)

Так, якщо в організації зі структурою, що наведена на рис. 2,в, топ-менеджеру (вершина 1) підпорядковуються всі співробітники (вершини 2–12), то в структурі на рис. 2,з йому вже підпорядковуються лише 3 співробітники (вершини 2, 3, 4). Дані факти можна розглядати як позитивні, виходячи з ситуації, яка аналізується.

2. Оптимізація існуючої структури організації

Наведена на рис. 3,а організаційна структура не є оптимальною, тому що три її учасники (вершини 2, 3, 4) завантажені нерівномірно. Для перетворення даної структури використаємо адитивну операцію «локальні перепідпорядкування», яка записується наступним чином:

$$\psi(n) = [\varphi(n) + p(n)],$$

де $p(n)$ – деяка функція, що отримала назву «управління перебудовою» [4]; $p \in \{-1; 0; +1\}$; $\varphi(n)$ – функція підпорядкування, а функція $\psi(n)$ вибирається виходячи з наступних умов:

$$\psi(n) = \begin{cases} \varphi(n), & p(n) = 0; \\ 0, & p(n) = -1; \\ n-1, & p(n) = +1. \end{cases}$$

Побудований за результатами таких перетворень граф (див. рис. 3,б) позбавлений вказаних недоліків.

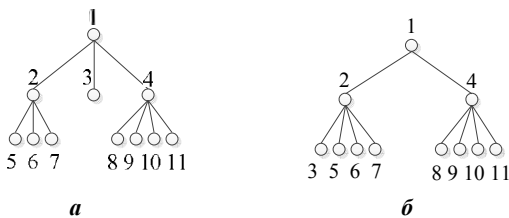


Рис. 3. Ієрархічні графи: а – вихідна функція; б – перетворений граф

2. Формування дворівневої ієрархії виконується за допомогою операції $\psi_2(n) = \varphi_1(n) + 1$, яка переводить розсіпаний граф у граф-віяло (див. рис. 2,в).

3. Формування нової ієрархії з виконанням локальних перепідпорядкувань у структурі виконується операцією $\psi_3(n) = [\sqrt{\varphi_2(n)}]$ (див. рис. 2,з).

Порівняння початкового і кінцевого графів показує, що відбулося зниження числа рівнів ієрархії з чотирьох до трьох, а також корінний перерозподіл управлінських функцій.

3. Перерозподіл норми керованості в організаційній структурі

Розглянемо ситуацію, коли необхідно промодельовувати процедуру збільшення кількості підлеглих в ієрархії при переході від більш високих до більш низьких її рівнів. Така задача може розглядатися як перерозподіл норми керованості між менеджерами. Процедура може бути реалізована за допомогою наступної операції:

$$\psi(n) = [\sqrt{\zeta(n)}], \quad \zeta(n) = [n(\varphi(n) + 1)/2].$$

На рис. 4 наведені відповідно вихідне двійкове дерево (а) та перетворений граф (б).

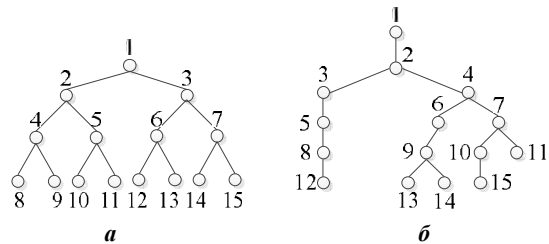


Рис. 4. Ієрархічні графи

Розгляд перетвореного графа показує, що необхідний перерозподіл норми керованості відбувся. Наприклад, якщо у вихідному графі вершині 4 підпорядковувалися вершини 8 і 9, то в перетвореному графі їй підпорядковуються вже вершини 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15.

ВИСНОВКИ

Для розв'язання задач побудови оптимальних організаційних структур проектів необхідно

формувати множину їх варіантів, що пов'язано з певними складностями в розрахунках. У зв'язку з цим перспективним напрямком для реалізації імітаційного моделювання організаційних структур, що змінюються в часі, є інформаційна технологія, побудована на базі графодинамічних систем. Це знайшло підтвердження в розглянутих прикладах.

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] Графодинамическое моделирование структур организационных систем [Текст] : препринт / И. И. Коваленко, М. В. Донченко, А. В. Швед, И. А. Кобилинский. – Николаев : Илион, 2012. – 59 с.
- [4] Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) [Текст] / М. А. Айзерман, Л. А. Гусев, С. В. Петров, И. Н. Смирнов // Автоматика и телемеханика. – М. : Наука, 1977. – № 7. – С. 135–151; № 9. – С. 123–136.
- [5] **Затуливетер, Ю. С.** К сквозной технологии решения задач управления в едином формализме исчисления древовидных структур [Текст] / Ю. С. Затуливетер, Е. А. Фищенко // Проблемы управления. – 2005. – № 4. – С. 12–20.
- [6] **Юдицкий, С. А.** Графодинамическое имитационное моделирование развития сетевых структур [Текст] / С. А. Юдицкий // Управление большими системами. – 2011. – № 33. – С. 21–34.
- [7] **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 04.03.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. К. В. Кошкін