

# Багатокритеріальна Оптимізація Топологічних Структур Корпоративних Комп'ютерних мереж

Володимир Безкоровайний,  
кафедра системотехніки,  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки  
Харків, Україна  
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Володимир Русскін  
кафедра інформатики,  
Харківська гуманітарно-педагогічна  
академія  
Харків, Україна  
v\_russkin@ukr.net

## Multi Criteria Optimization of Topological Structures of Corporate Computer Networks

Volodymyr Beskorovainyi  
Department of System Engineering  
Kharkiv National University of Radio Electronics  
Kharkiv, Ukraine  
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Vladimir Russkin  
Department of Informatics,  
Kharkiv Humanitarian and Pedagogical Academy  
Kharkiv, Ukraine  
v\_russkin@ukr.net

**Анотація**—Розглянуто задачу оптимізації топологічних структур трирівневих централізованих корпоративних комп'ютерних мереж за множиною показників. Запропоновано модифікацію методу спрямованого перебору з використанням адитивної функції загальної корисності.

**Abstract**—The problem of optimization of topological structures of three-level centralized corporate computer networks on a set of indicators is considered. A modification of the method of directed search using the additive function of general utility is proposed.

**Ключові слова**—корпоративна комп'ютерна мережа, топологічна структура, багатокритеріальна оптимізація.

**Keywords**—corporate computer network, topological structure, multicriteria optimization.

### I. ВСТУП

Процеси оптимізації сучасних корпоративних комп'ютерних мереж (ККМ) передбачають ітераційне розв'язання задач їх структурної, топологічної, параметричної та технологічної оптимізації. Такі задачі мають комбінаторний характер, тісно пов'язані між собою за вхідними і вихідними даними та розв'язуються за множиною функціональних і вартісних показників. Їх спільне розв'язання дозволяє покращувати проектні рішення, проте призводить до проблем обчислювального характеру.

### II. ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ

Загальна задача вибору найкращого варіанту побудови ККМ може бути подана у вигляді [1]:

$$s^o = \arg \max_{s \in S} P(T, R, G, A), \quad (1)$$

де  $S$  - множина допустимих варіантів побудови мережі;  $P$  - скалярна оцінка варіанта;  $T$  - типи елементів;  $R$  - архітектура мережі;  $G$  - топологія мережі;  $A$  - технологія функціонування мережі.

Для розв'язання задач виду (1) розроблені точні та наближені методи оптимізації за показником витрат [2-3]. Точні методи через високу обчислювальну складність застосовуються у задачах з відносно невеликою кількістю елементів. Точність наближених методів оптимізації, що використовують ідеї спрямованого перебору, може регулюватись у залежності від розмірності задачі та потужності використовуваних обчислювальних засобів [4]. Необхідність підвищення функціональних характеристик існуючих мереж, економії витрат на їх створення й експлуатацію обумовлюють актуальність завдань розробки ефективних методів оптимізації їх топологічних структур за множиною функціональних і вартісних показників.

### III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

За результатами системологічного аналізу задачі (1) виявлено, що архітектура мережі  $R$  визначається на множині допустимих варіантів побудови  $S$  за множиною часткових критеріїв  $k_i(s) \rightarrow \underset{s \in S}{extr}$ ,  $i = \overline{1, m}$  (оперативність, надійність, живучість, економічність тощо) з урахуванням типів елементів  $T$ , місць їхнього розташування  $G$  і технології функціонування  $A$ :

$$k_i(s) \rightarrow \underset{s \in S}{extr}, i = \overline{1, m}. \quad (2)$$

З урахуванням напрямків бажаної зміни характеристик мережі й обмежень, що висуваються до них, задачу (2) подамо у вигляді:

$$\begin{cases} k_1(s) \rightarrow \underset{s \in S}{min}, k_1(s) \leq k_1^*, \\ k_2(s) \rightarrow \underset{s \in S}{min}, k_2(s) \leq k_2^*, \\ k_3(s) \rightarrow \underset{s \in S}{max}, k_3(s) \geq k_3^*, \\ k_4(s) \rightarrow \underset{s \in S}{max}, k_4(s) \geq k_4^*, \end{cases} \quad (3)$$

де  $k_1^*$ ,  $k_2^*$ ,  $k_3^*$ ,  $k_4^*$  - граничні значення показників витрат на мережу  $k_1(s)$ , її оперативності (швидкодії)  $k_2(s)$ , надійності  $k_3(s)$  і живучості  $k_4(s)$ .

Частковими випадками задачі (3) є задачі оптимізації ККМ за одним, двома чи трьома показниками  $k_i(s) \rightarrow \underset{s \in S}{extr}$  в умовах відповідних обмежень  $k_i(s) \leq k_i^*$ .

Для скалярної оцінки якості варіантів побудови мережі у рамках теорії корисності використаємо адитивну згортку часткових критеріїв [4]:

$$P(s) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i(s) \quad (4)$$

де  $\lambda_i$ ,  $i = \overline{1, m}$  - вагові коефіцієнти критеріїв  $k_i(s)$ ,  $\lambda_i \geq 0$ ,

$\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$ ;  $\xi_i(s) = \left( \frac{k_i(s) - k_i^+}{k_i^+ - k_i^-} \right)^{\alpha_i}$  - функція корисності часткового критерію  $k_i(s)$ ;  $\alpha_i$  - параметр, виду залежності (лінійна, опукла чи вгнута);  $k_i(s)$ ,  $k_i^+$ ,  $k_i^-$  - відповідно поточне, найкраще та найгірше значення часткового критерію  $k_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ .

Тоді задача вибору найкращого багатокритеріального вибору варіанту побудови ККМ може бути подана у такому вигляді:

$$P(s) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i[k_i(s)], k_i(s) \geq (\leq) k_i^*, i = \overline{1, m}. \quad (5)$$

Для визначення вагових коефіцієнтів адитивної згортки часткових критеріїв (4)-(5) можна скористатись експертними методами чи методом компараторної ідентифікації.

Аналіз залежностей значень часткових критеріїв  $k_1(s)$ ,  $k_2(s)$ , і  $k_4(s)$  від кількості вузлів у мережі  $u$  дозволив виявити границі  $[1, u_{max}]$  підмножини ефективних варіантів  $S^E$ . Значення  $u_{max}$  відповідає кількості вузлів мережі, після якого значення всіх часткових критеріїв погіршуються [4].

Пошук найкращого варіанту побудови ККМ у визначених границях кількості вузлів  $[1, u_{max}]$  пропонується здійснювати методом спрямованого перебору або еволюційним методом [1, 5].

Еволюційний метод (на відміну від методу спрямованого перебору) реалізується постійний пошук на всій множині можливих значень кількості вузлів  $1 \leq u \leq u_{max}$ . За рахунок цього метод набуває переваг за показниками часу розв'язання задачі і точності над методами кластеризації на основі k-means і пошуку з заборонами (Tabu Search) [5].

### IV. ВИСНОВКИ

Запропоновано метод розв'язання багатокритеріальної задачі оптимізації топологічних структур централізованих трирівневих ККМ. На відміну від відомих методів, що реалізують повний або спрямований перебір варіантів за кількістю і місцями розміщення вузлів, еволюційний метод здійснює пошук одночасно у всьому діапазоні можливої кількості вузлів. Це дозволяє знизити часову складність процедури пошуку рішень, що є особливо важливим при розв'язанні задач великої розмірності. Запропонований метод можна також використовувати при розв'язанні задач оптимізації інформаційних, логістичних мереж, інших територіально чи просторово розподілених систем обслуговування у процесах їхнього проектування, планування розвитку чи реінжинірингу.

### ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Бескоровайний В., Безугла Г. Еволюційний метод реінжинірингу топологічних структур корпоративних комп'ютерних мереж // "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання"; матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 18-22 травня 2020 року. Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2020. С. 161-162.
- [2] Nesterenko S.A., Nesterenko J.S. Costs evaluation methodic of energy efficient computer network reengineering // Праці Одеського політехнічного університету. 2016. Вип. 2 (49). 70-75.
- [3] Elyasi-Komari I., Mamalis A.G., Lavrynenko S.N. The analysis of tasks of development and reengineering process of reliability computer networks for critical technologies // Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. праць НТУ «ХПІ». 2009. №2. С. 17-21.
- [4] Бескоровайний В. В., Подоляка К.Е. Выбор многокритериальных решений при реинжиниринге топологических структур систем крупномасштабного мониторинга // Системи обробки інформації. 2016. № 5(142). С. 80-86.
- [5] Бескоровайний В. В., Подоляка К.Е. Модификации метода направленного перебора для реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга // Радиоэлектроника и информатика. 2015. № 3 (70). С. 55-62.

