

## МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕСУРСІВ СКЛАДНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Турупалов В. В.

*Донецький національний технічний університет*

*Розглянуто вимоги до методів оптимізації та можливість їх використання для оптимізації ресурсів складних телекомунікаційних систем.*

**Постановка проблеми.** Дата-центр телекомунікаційної мережі – складна обчислювальна інфраструктура (набір взаємозалежних програмних і апаратних компонентів, організаційних процедур, місць розміщення й персоналу), призначена для безпечної централізованої обробки, зберігання й надання даних, сервісів, додатків, що й забезпечує високий ступінь віртуалізації своїх ресурсів.

До основних завдань дата-центру у першу чергу належить ефективне консолідоване зберігання й обробка даних, надання користувачам прикладних сервісів, а також підтримка функціонування корпоративних додатків. Зокрема, сучасні дата-центри орієнтовані в першу чергу на розв'язок бізнес-завдань шляхом надання послуг у вигляді інформаційних сервісів [1].

Функціонування таких сучасних обчислювальних систем неможливо без відповідної інфраструктури. Основні вимоги до інфраструктури - це надійність, безпека, відмовостійкість, економічність і масштабованість. Сучасна інфраструктура повинна сприяти збереженню інвестицій і бути здатна до постійного збільшення обсягів обчислювальної потужності.

Сучасні кластерні технології дозволяють сервіс-провайдеру масштабувати систему й підвищувати її готовність. Однак не завжди є можливим спрогнозувати навантаження й заздалегідь підготувати достатню кількість обчислювальних ресурсів. Як наслідок, надмірність виділення ресурсів призводить до їх неефективного використання і зайвих економічних витрат. Тобто сучасний дата-центр характеризується не тільки великими капітальними вкладеннями на проектування і побудову дата-центру, але і значними експлуатаційними витратами, тобто витратами на обслуговування. В структурі цих витрат, за даними аналітиків, значну частку займають витрати на електроживлення, витрати на персонал і технічне обслуговування, ліцензії на серверне обладнання і програмне забезпечення [2].

Один зі шляхів зменшення витрат на утримання дата-центру – оптимізація серверного комплексу, що є основною складовою дата-центру телекомунікаційної мережі.

**Мета статті.** Аналіз методів оптимізації і можливість їх використання для оптимізації ресурсів складних телекомунікаційних систем.

Існує досить велика кількість методів оптимізації [3-4], але не всі вони придатні для реалізації завдання оптимізації ресурсів складних телекомунікаційних систем.

Метод розв'язку поставлених завдань оптимізації повинен задовольняти наступним вимогам:

- враховувати різні розмірності частинних критеріїв і уникати безпосереднього порівняння їх значень;

- повинен бути зручний і простий у використанні, і наочно показувати механізм вибору розв'язку.

Цим вимогам найбільше повно відповідають добре пророблені в літературі методи послідовних поступок і обмежень.

**Аналіз методів оптимізації. Метод обмежень.** Метод обмежень пов'язаний з поняттям компромісного розв'язку й дозволяє знайти ефективний розв'язок точно відповідне до переваги, що задається на множині цільових функцій за допомогою вагових коефіцієнтів  $\mu_i$ , які визначають відносну важливість  $i$ -го критерію в порівнянні з іншими.

Під компромісним розв'язком розуміється існування на множині  $X$  такого розв'язку, при якому величина відхилень від оптимальних значень за кожним критерієм досягає найменшого значення:

$$\Delta Q_k(x) = \begin{cases} Q_k^0 - Q_k(x) & \forall k \in K_1 \\ Q_k(x) - Q_k^0 & \forall k \in K_2 \end{cases}, \quad (1)$$

де  $Q_k^0$  - оптимальне значення  $k$ -ї функції на множині  $X$ ;

$K_1$  - множина критеріїв, які максимізуються;

$K_2$  - множина критеріїв, які мінімізуються.

При розв'язку завдання оптимізації найменше значення величини  $\Delta Q_k(x)$  не досягається одночасно за всіма критеріями на жодному розв'язку. В цьому випадку виникає необхідність порівняти ці величини між собою, а це, в свою чергу, вимагає додаткової інформації від експертів. При цьому визначаються кількісні характеристики для порівняння величин відхилень від оптимальних значень критеріїв різної розмірності між собою й переваг критеріїв на множині цільових функцій. Для цього вводять монотонні перетворення  $w_k(Q_k(x))$ , які приводять частинні критерії  $Q_k(x)$  до безрозмірного виду й дозволяють порівнювати їх між собою. Після таких перетворень частинних критеріїв можна одержати зважену відносну величину відхилень від

оптимальних значень по кожній цільовій функції  $\mu_k w_k(Q_k(x))$ , де  $\mu_k$  - вагові коефіцієнти частинних критеріїв, які ще називають коефіцієнтами переваги частинних критеріїв.

Компромісний розв'язок  $x^* \in X$  є розв'язком завдання векторної оптимізації, якщо він забезпечує однакові мінімальні зважені відносні відхилення  $\mu_k w_k(Q_k(x))$  за всіма критеріями одночасно.

Процес розв'язку завдання методом обмежень складається із двох етапів. Перший етап полягає в завданні вектора вагових коефіцієнтів частинних критеріїв  $\mu$  і відшуканні однакових мінімальних зважених відносних  $k_0^{min}$  втрат критеріїв шляхом побудови ітераційного процесу з параметром  $k_0 \in (0,1/m)$ , де  $m$  - кількість частинних критеріїв, на кожному кроці якого перевіряється сумісність системи нерівностей:  $\mu_k \omega_k(x) \leq k_0$  для  $x \in X$  й заданого вектора  $\mu$ . Параметр  $k_0$  обмежує відносні зважені втрати  $\mu_k \omega_k(x) \mid \forall k \in K_0$ .

Якщо при знаходженні  $k_0^{min}$ , знайдений розв'язок є єдиним, то він є й компромісним розв'язком. Якщо він не єдиний, то виконується другий етап процесу розв'язку завдань векторної оптимізації. Другий етап полягає у виборі й мінімізації узагальненого критерію виду:

$$Q(x) = \sum_{k=1}^m \mu_k \omega_k(x). \quad (2)$$

На множині припустимих розв'язків  $X' = \{x \mid x \in X, \mu_k \omega_k(x) \leq k_0^{min}, \forall k = \overline{1, m}\}$ . У результаті його виконання одержуємо компромісний розв'язок.

При використанні даного методу для монотонних перетворень частинних критеріїв  $Q(x)$  вибираються співвідношення:

$$\omega_k(x) = \begin{cases} \frac{Q_k^0 - Q_k(x)}{Q_k^0 - Q_k^{min}} & \forall k \in K_1, \\ \frac{Q_k(x) - Q_k^0}{Q_k^{max} - Q_k^0} & \forall k \in K_2. \end{cases} \quad (3)$$

Перевага методу обмежень полягає в тому, що він слушний для будь-якого виду функцій цілі  $Q_k(x)$  і обмежень. Недолік - при знаходженні  $k_0^{min}$  не завжди знайдений розв'язок є єдиним, а це призводить до того, що необхідне формування узагальненого критерію  $Q(x)$ .

**Метод послідовних поступок** застосовується, коли на основі частинних критеріїв можна проводити якісний аналіз відносної важливості цих критеріїв. На основі такого аналізу критерії впорядковуються в порядку убавання важливості.

Сутність методу полягає в розв'язанні послідовності підзадач (4-7), при цьому визначається

на кожному кроці величина поступки  $\Delta_i$  - багаторазовим повторенням розв'язку кожної підзадачі шляхом завдання пробних значень і аналізу залежності від них результатів розв'язку. Шуканим розв'язком буде розв'язок останньої підзадачі (3.4).

$$Q_1^{max} = \max_{x \in X} Q_1(x), \quad (4)$$

$$Q_2^{KOM} = \max_{x \in X} Q_2(x), \quad (5)$$

$$Q_1(x) \geq Q_1^{max} - \Delta_1,$$

...

$$Q_j^{KOM} = \max_{x \in X} Q_j(x), \quad (6)$$

$$Q_1(x) \geq Q_1^{max} - \Delta_1,$$

$$Q_2(x) \geq Q_2^{max} - \Delta_2,$$

...

$$Q_{j-1}(x) \geq Q_{j-1}^{max} - \Delta_{j-1},$$

$$Q_m^{KOM} = \max_{x \in X} Q_m(x), \quad (7)$$

$$Q_k(x) = Q_k^{KOM} - \Delta_k, \quad k = \overline{1, m-1}.$$

Розв'язання задачі оптимізації цим методом, при невдалому підібранні початкових значень поступок, призводить у ряді завдань до значних витрат часу, що є основним недоліком.

Але є і переваги - метод може бути використаний для будь-яких частинних цільових функцій і обмежень, що мають різну розмірність. Він не вимагає монотонних перетворень частинних критеріїв і порівняння їх значень і, таким чином, для двокритеріальної задачі відзначений вище його недолік втрачає актуальність. Крім цього він простий у використанні й наочний.

Тому з урахуванням даної обставини і перерахованих переваг методу доцільно було б дослідити можливість його застосування для завдань оптимізації серверного комплексу дата-центру телекомунікаційної мережі.

З метою скорочення часу знаходження величини поступки можна запропонувати процедуру, засновану на комбінації методів послідовних поступок і обмежень.

Сутність пропонованого алгоритму полягає в завданні експертом кількісних оцінок переваги частинних критеріїв, одноетапному визначенні, тобто без попереднього завдання пробних поступок, величини компромісної поступки  $\Delta_1^{KOM}$  і розв'язку підзадач (4-7) з метою знаходження компромісного розв'язку поставленого завдання й відповідних значень частинних критеріїв [5].

Одноетапність визначення величини компромісної поступки дозволяє значно скоротити час розв'язку завдань оптимізації розподілу ресурсів дата-центру телекомунікаційної мережі за рахунок зменшення кількості звернень до експерта.

Процес розв'язку завдання оптимізації розподілу ресурсів будь-якої складної телекомунікаційної системи складається з наступних етапів.

На першому етапі задається вектор переваг частинних критеріїв:

$$\mu = \left\{ \mu_k > 0, \sum_{k=1}^m \mu_k \right\}, \quad (8)$$

де  $\mu_i$  - ваговий коефіцієнт  $k$ -го критерію.

Другий етап складається з кількох підетапів. Необхідно знайти максимальні й мінімальні значення для кожного критерію без урахування інших, а потім визначити мінімальні зважені відхилення частинних критеріїв від своїх оптимальних значень  $k_0^{min}$ , приведенням критеріїв до безрозмірного виду, для чого використовуються функції виду  $\omega(x)$ :

$$\omega_i(x) = \omega_i(Q_i(x)) = \frac{Q_i^{max} - Q_i(x)}{Q_i^{max} - Q_i^{min}}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (9)$$

Далі,  $k_0^{min}$  знаходиться розв'язком системи нерівностей для мінімального параметра  $k_0$ , при якому ця система сумісна:

$$\mu_i \omega_i(x) \leq k_0, \quad i = \overline{1, m}. \quad (10)$$

Параметр  $k_0$  можна знайти також, розв'язуючи завдання нелінійного програмування:

$$\min_{x \in X} k_0 = x_{n+1}, \quad (11)$$

при таких обмеженнях:

$$\begin{cases} Q_1(x) + \frac{x_{n+1}}{\mu_1} (Q_1^{max} - Q_1^{min}) - Q_1^{max} > 0; \\ Q_2(x) + \frac{x_{n+1}}{\mu_2} (Q_2^{max} - Q_2^{min}) - Q_2^{max} > 0; \\ \dots \\ Q_m(x) + \frac{x_{n+1}}{\mu_m} (Q_m^{max} - Q_m^{min}) - Q_m^{max} > 0; \\ x_{n+1} \geq 0. \end{cases} \quad (12)$$

Черговим кроком є визначається величини поступки:

$$\Delta_k = \frac{k_0^{min}}{\mu_k} (Q_k^{max} - Q_k^{min}), k = \overline{2, m}. \quad (13)$$

Тоді оптимальний розв'язок завдання оптимізації ресурсів складної телекомунікаційної системи є розв'язком останнього завдання (7).

**Висновки.** У результаті аналізу й дослідження багатокритеріальних методів оптимізації й розгляду їх переваг і недоліків були виділено два найбільш прийнятних методи для використання при оптимізації ресурсів складних телекомунікаційних систем. Алгоритм такого методу може бути використаний у контурі управління дата-центру телекомунікаційної мережі. Таким чином удосконалено запропоновані методи оптимізації, завдяки спрощеній процедурі визначення поступки, що значно скорочує час розв'язання задачі оптимізації, наприклад, кількості серверів в кластері серверного комплексу і дозволяє використовувати цей метод для управління наявними ресурсами серверів дата-центру телекомунікаційної мережі, як складної телекомунікаційної системи.

#### Список використаних джерел

1. Центр обработки данных основа ИТ-инфраструктуры предприятия [Электронный ресурс] / – Центр Информационных Технологий. – Режим доступа: [http://www.ci.ru/inform08\\_04/p\\_04.htm](http://www.ci.ru/inform08_04/p_04.htm).
2. Кученко Ю. ЦОД как объект системной и структурной оптимизации [Электронный ресурс] / Ю. Кученко. – Режим доступа: <http://www.rvip.ru/1065/document1546.shtml>.
3. Стеклов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку: підручник для вищ. навч. закладів / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Є.В. Кільчицький.- К.: Техніка, 2004. – 576с.
4. Беркман Л.Н. Математичні методи вирішення задач оптимізації проектування систем і мереж зв'язку / Л.Н. Беркман, Є.В. Кільчицький, Н.М. Скоблїлова. Навчальний посібник.- К.: ДП УН-ДІЗ, 2002 – 92с.
5. Яремко І.М. Управління розподілом ресурсів центрів обробки даних телекомунікаційної мережі / І.М. Яремко, В.В. Турупалов // Искусственный интеллект. – 2011. – №4. – С. 380-385.

#### Аннотация

#### МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСОВ СЛОЖНЫХ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Турупалов В.В.

Рассмотрены требования к методам оптимизации и возможность их использования для оптимизации ресурсов сложных телекоммуникационных систем.

#### Abstract

#### METHODS RESOURCE OPTIMIZATION OF COMPLEX COMMUNICATION SYSTEMS

V. Turupalov

Proposed the use of multi-criteria optimization techniques to optimize the resources of complex telecommunication systems based on their comprehensive analysis.