

МЕТОДИ І ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

УДК 004.732

DOI: 10.31471/1993-9981-2018-2(41)-62-68

МЕТОД РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

*О.В. Мойсєнко**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, 760019, ksm@nung.edu.ua, tel. +380342504521*

Анотація. Запропоновано оптимізаційну модель оновлення комп'ютерної мережі. Дана модель враховує такі параметри як вартість оновлення, пропускна здатність, інтенсивність відмов і класифікована як багатокритеріальна задача. Для розв'язку цієї задачі запропоновано використати метод квазіоптимізації локальних критеріїв. Для оптимізації локальних задач використано симплекс-метод.

Ключевые слова: оптимізація структури мережі, моделювання структури мережі, реінженіринг мережі, багатокритеріальна оптимізація.

Предложено оптимизационную модель обновления компьютерной сети. Данная модель учитывает такие параметры как стоимость обновления, пропускная способность, интенсивность отказов и классифицирована как многокритериальная задача. Для решению этой задачи предложено использовать метод квазиоптимизации локальных критериев. Для оптимизации локальных задач использованы симплекс-метод. Ключевые слова: оптимизация структуры сети, моделирование структуры сети, реинжиниринг сети, многокритериальная оптимизация.

The optimization model of computer network update is proposed. This model takes into account such parameters as the cost of the update, bandwidth, bounce rate, and classified as a multi-criteria problem. To solve this problem, it is proposed to use the method of quasi-optimization of local cybernetics. To reduce the local problems, the simplex method was used.

Keywords: optimization of network structure, modeling of network structure, reengineering of network, multicriteria optimization.

В сучасних умовах поширеного впровадження нових комп'ютерних технологій на базі засобів обчислювальної техніки в усі сфери діяльності організацій комп'ютерна мережа являє собою необхідний та обов'язковий елемент корпоративного управління. Разом з цим в умовах появи нових функціональних задач управління та удосконалення існуючих виникає необхідність розвитку та реінжинірингу просторово-розподіленої комп'ютерної мережі (ПРКМ).

Розвинені комп'ютерні мережі унікальні своєю структурно-топологічною організацією, технологіями та засобами їх реалізації. Велика кількість різномірних критеріїв, що визначають ефективність комп'ютерної мережі, мають суперечливий характер поряд зі складністю і багатомірністю обмежень, а також необхідністю мінімізації ресурсів, що витрачаються. Існуючі

методи розвитку комп'ютерної мережі не відповідають тим вимогам, які пред'являються до них користувачами.

Удосконалення та поширення задач корпоративного управління потребує підвищення ефективності моделей і методів розвитку комп'ютерної мережі за рахунок сучасних засобів автоматизації. Розвиток існуючої комп'ютерної мережі шляхом приєднання до неї нових абонентів, оцінка й аналіз параметрів та функціонального призначення просторово-розподіленої комп'ютерної мережі, модернізація існуючого сітьового обладнання комп'ютерної мережі є актуальною науково-прикладною задачею, а удосконалення існуючих та розробка нових, більш ефективних, моделей та інформаційної технології структурно-топологічного розвитку

та реінжинірингу являє як теоретичний, так і практичний інтерес.

Багато задач прийняття рішень, що виникають на виробництві, проектуванні комп'ютерних систем, в економіці та інших областях людської діяльності, можуть бути зведені до побудови відповідної математичної моделі, обчисленню цільової функції, яка оцінює процес функціонування системи, і знаходження її оптимального (для визначення можна вважати мінімального) значення.

Як правило, побудовані цільові функції досить складні і можуть мати ряд особливостей, у зв'язку з чим їхня мінімізація пов'язана зі значними обчислювальними труднощами. До цих особливостей, у першу чергу, необхідно віднести властивість багатоекстремальності. Значні обчислювальні складності, пов'язані з мінімізацією багатоекстремальних та інших видів функцій стандартними методами, а також безумовна важливість цих класів задач для різних практичних додатків робить дуже актуальною проблему створення способу оптимізації, здатного ефективно вирішувати ці задачі.

Синтез та удосконалення комп'ютерних мереж давно знаходиться в сфері інтересів вчених, це добре розроблена, впорядкована та описана в літературі проблема. Следствием цього є велика кількість моделей та методів рішення задач синтезу та вдосконалення комп'ютерної мережі за різноманітних обмеженнях. Задачі структурного синтезу територіально розподілених систем управління, інформаційно-обчислювальних та телекомунікаційних систем розглядалися багатьма авторами. Значний вклад в розвиток цього напрямку дослідів внесли Хіленко В.В., Шехтман Л.І., Дойч А., Стеклов В.К., Беркман Л.Н, Федорович О.Є., Петров Е.Г., Бескорвайний В.В., Харченко В.С., Годлевський М.Д., Раскін Л.Г. та ін. Їх праці присвячено різним аспектам побудови територіально розподілених систем, методам синтезу топологічних структур, проектуванню та розвитку розподілених баз даних, вивченню їх потенційних можливостей. Однак, саме питанню розвитку та реінжинірингу просторово-розподілених комп'ютерних мереж для задач корпоративного управління приділяється небагато уваги.

До нашого часу невирішеними є наступні питання:

- комплексне вирішення задач розвитку та реінжинірингу просторово-розподіленої комп'ютерної мережі з урахуванням цілей корпоративного управління організації;

- створення моделей та інформаційних технологій розвитку та реінжинірингу просторово-розподіленої комп'ютерної мережі організації за багатьма критеріями та обмеженнями.

Розробка моделей і інформаційної технології розвитку та реінжинірингу просторово-розподіленої комп'ютерної мережі організації дозволить підвищити ефективність корпоративного управління підприємствами, науково-дослідними інститутами, учбовими закладами, фірмами та ін., скоротити термін модернізації комп'ютерних засобів та систем, забезпечити якість виробничого процесу, науково-дослідницької діяльності, учбового процесу тощо.

Будь-яка комп'ютерна мережа характеризується своєю архітектурою, яка визначається її топологією, протоколами, інтерфейсами, мережевими технічними і програмними засобами. Кожна із складових архітектури комп'ютерної мережі характеризує її окремі властивості, і тільки їх сукупність характеризує всю мережу загалом.

Весь комплекс програмно-апаратних засобів мережі може бути описаний багат шаровою моделлю. У основі будь-якої мережі лежить апаратний шар стандартизованих комп'ютерних платформ.

Другий шар - це комунікаційне устаткування. Третім шаром, що створює програмну платформу мережі, є операційні системи (ОС).

Від концепцій управління локальними і розподіленими ресурсами, покладеними в основу мережевої ОС, залежить ефективність роботи всієї мережі.

Самим верхнім шаром мережевих засобів є різні мережеві додатки, такі як мережні бази даних, поштові системи, засоби архівації даних, системи автоматизації колективної роботи і ін.

Приведемо постановку задачі розвитку та удосконалення КМ:

Відомо:

1) множина абонентів або локальних КМ з їх характеристиками та параметрами, які необхідно приєднати до існуючої просторово-розподіленої мережі;

2) множина абонентів існуючої комп'ютерної мережі, локальних КМ та множина поєднуючи їх ліній зв'язку та комутуючих пристроїв (КП) з їх характеристиками і параметрами;

3) задані основні функціональні й економічні критерії й обмеження.

Необхідно з урахуванням заданих критеріїв й обмежень зробити:

1) розвиток існуючої ПРКМ шляхом приєднання нових абонентів або локальних КМ к існуючої мережі;

2) оцінку й аналіз існуючого обладнання (КП, ліній зв'язку, серверів і т.д.), з урахуванням приєднаних нових абонентів та виявити компоненти, які не відповідають вимогам;

3) реінжиніринг мережного обладнання з урахуванням розвитку існуючої ПРКМ.

Можливими шляхами рішення проблем багатокритеріальної оптимізації може бути застосування різних згорток і способів нормалізації. Також одним з можливих варіантів рішення задач багатокритеріальної оптимізації є використання генетичних алгоритмів (ГА). Генетичні алгоритми останнім часом часто використовуються для вирішення завдань функціональної оптимізації. Але ефективність ГА залежить від багатьох факторів.

Крім того існують інші проблеми багатокритеріальної оптимізації.

По-перше, проблема пов'язана з вибором принципу оптимальності, який строго визначає властивості оптимального рішення. На відміну від завдань однокритеріальної оптимізації, у яких тільки один принцип оптимальності, кожен принцип може приводити до вибору різних оптимальних рішень. Це пояснюється тим, що доводиться порівнювати вектори ефективності на основі деякої схеми компромісу. В математичному відношенні ця проблема еквівалентна задачі упорядкування векторних множин, а вибір принципу оптимальності - вибору відношення порядку.

Друга проблема пов'язана з нормалізацією векторного критерію ефективності. Вона викликана тим, що дуже часто локальні критерії, що є компонентами вектора ефективності, мають різні масштаби вимірювання, що і ускладнює їх порівняння. Тому доводиться приводити критерії до єдиного масштабу вимірювання, тобто нормалізувати їх.

Третя проблема пов'язана з урахуванням пріоритету (або різного ступеня важливості) локальних критеріїв. Тому, зазвичай, для врахування пріоритету вводиться вектор розподілу важливості критеріїв, за допомогою якого корегується принцип оптимальності або проводиться диференціація масштабів вимірювання критеріїв.

Узагальнена модель має наступний вигляд.- мінімальні приведені витрати

$$F = \min \left(\sum_{\substack{i \in I^C \\ i=i'+1}}^J C_i y_i + \sum_{\substack{i \in I^C \\ i=j'+1}}^J \sum_{\substack{j=0 \\ j=j'+1}}^J \sum_{k=1}^{k_{ij}} C_{ij}^k x_{ij}^k + \sum_{i \in I^{C\rho=1}} \sum_{\rho=1}^{\rho'} C_{\rho} y_{i\rho} + \sum_{\substack{i \in I^H \\ j \neq i}}^j \sum_{j=0}^{n'} \sum_{n=1}^{n'} C_{ijn} x'_{ijn} \right), \quad (1)$$

де C_i - приведені витрати на розміщення та покупку нових КП в i -м пункті;

C_{ij}^k - приведені витрати на покупку нових ліній зв'язку для задачі розвитку;

C_{ρ} - приведені витрати на заміну КП, які не відповідають вимогам;

C_{ijn} - приведені витрати на установку n -го типу ліній зв'язку, які не відповідають вимогам між i -м та j -м пунктами;

$y_i=1$, якщо в пункті i є КП системи, $y_i=0$ - в протилежному випадку;

$x_{ij}^k \in \{1;0\}$, при $x_{ij}^k=1$ - розглядаємо поєднання пунктів i та j k -м способом, $x_{ij}^k=0$ - в протилежному випадку;

$y_{i\rho}=1$ якщо на i -е місце встановлюють ρ -й тип КП, в протилежному випадку $y_{i\rho}=0$;

$x'_{ijn}=1$, якщо на місце з'єднання i -ого та j -ого пунктів встановлюється n -й тип лінії зв'язку, в протилежному випадку $x'_{ijn}=0$;

$i=j=0$ - місцеположення сервера;

I^C - множина пунктів, у яких розміщено старі КП;

- максимальна пропускна здатність

$$P = \max \left(\sum_{\substack{i \in I^C \\ i=i'+1}}^J P_i y_i + \sum_{i \in I^C} \sum_{\rho=1}^{\rho'} P_{\rho} y_{i\rho} + \sum_{\substack{i \in I^C \\ i=i'+1}}^J \sum_{j=0}^J \sum_{k=1}^{k'} P_{ij} x_{ij}^k + \sum_{i \in I^C} \sum_{j=0}^{j'} \sum_{n=1}^{n'} P_{ijn} x'_{ijn} \right), \quad (2)$$

де P_i - пропускна здатність при розвитку нових та старих КП в i -м пункті;

P_{ij}^k - пропускна здатність при розвитку нових ліній зв'язку для задачі розвитку;

P_{ρ} - пропускна здатність нових КП, які встановлюються на місце старих для задачі реінжинірингу;

P_{ijn} - пропускна здатність нових ліній зв'язку n -го типу між i -м та j -м пунктами для задачі реінжинірингу;

- мінімальна протяжність ліній зв'язку для приєднання нових абонентів

$$L = \min \left(\sum_{i \in I^C} \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} L_{ij}^k x_{ij}^k + \sum_{i=j'+1}^J \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} L_{ij}^k x_{ij}^k \right), \quad (3)$$

де L_{ij}^k - довжина кабелю між i -м та j -м пунктами при прокладанні k -м шляхом. Перша

$$\sum_{\substack{i \in I^C \\ i=i'+1}}^J C_i y_i + \sum_{i \in I^C} \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} C_{ij}^k x_{ij}^k + \sum_{i \in I^C} \sum_{\rho=1}^{\rho'} C_{\rho} y_{i\rho} + \sum_{i \in I^C} \sum_{j=0}^{j'} \sum_{n=1}^{n'} C_{ijn} x'_{ijn} \leq C_3; \quad (6)$$

4) пропускна здатність ліній зв'язку, поєднуючих абонентів з КП, і кожного КП із сервером, не повинна бути менш завданої P_{ij}^3 :

- для нових абонентів

$$\sum_{k=1}^{k'} P_{ij}^k x_{ij}^k \geq P_{ij}^3; \quad i \in I^C; i, j = \overline{j'+1, J}; i = j = 0; \quad (7)$$

- для існуючих абонентів, лінія зв'язку яких потребує заміни

$$\sum_{n=1}^{n'} P_{ijn} x'_{ijn} \geq P_{ij}^3; \quad i \in I^C; j = \overline{0, j'}; \quad (8)$$

5) пропускна здатність КП не повинна бути менш завданої P_i^3 :

- для нових КУ

$$P_i y_i \geq P_i^3; \quad i = \overline{j'+1, J}; \quad (9)$$

- для існуючих, які потребують заміни

складова відбиває можливість приєднання нових абонентів к старим КП, друга складова – нових абонентів к новим КП.

Область допустимих значень визначається обмеженнями:

1) кожний новий абонент повинен бути зв'язаний з одним з КП тільки одним шляхом

$$\sum_{i=0}^J \sum_{k=1}^{k'} x_{ij}^k = 1 \mid j = \overline{j'+1, J}; \quad (4)$$

2) к кожному новому КП повинно бути підключено не менш двох абонентів

$$\sum_{j=j'+1}^J x_{ij}^k \geq 2 \mid i = \overline{j'+1, J}; k = \overline{1, k'}; \quad (5)$$

3) вартість розвитку не повинна перебільшувати заданої C_3

$$\sum_{\rho=1}^{\rho'} P_{\rho} y_{i\rho} \geq P_i^3; \quad i \in I^C; \quad (10)$$

б) довжина кожної лінії зв'язку не повинна перебільшувати передбачуваної ДСТУ критичної довжини L_{KP}

$$L_{ij} x_{ij}^k < L_{KP}; \quad \forall x_{ij}^k = 1; i, j = \overline{0, J}. \quad (11)$$

Узагальнена оптимізаційна модель розвитку та удосконалення (1)-(11) відноситься до задач дискретного програмування з булевими змінними.

Оскільки така задача має велику складність та розмірність, специфічні умови та обмеження, рішення задачі в узагальненому вигляді викликає деякі труднощі. Тому нами призведена її декомпозиція на три часткові моделі, які відповідають трьом варіантам стратегії розвитку. Для всіх трьох стратегій діють ті ж

обмеження, що і для узагальненої моделі розвитку.

Таким чином, проектування комп'ютерної мережі може бути зведено до вибору її топології, протоколів, апаратних засобів і мережевого програмного забезпечення.

Для розв'язку багатокритеріальної задачі оптимізації структури комп'ютерної мережі нами пропонується використати метод послідовних поступок. Для отримання оптимального значення за кожним критерієм можливо використовувати будь-який метод розв'язку однокритеріальної задачі даного типу.

Побудована оптимізаційна модель комп'ютерної мережі включає цільові функції, які описують параметри структури мережі та обмеження.

Зокрема, функція вартості при заміні старих елементів та ліній зв'язку КМ на нові

$$C = \min \left(\sum_{i \in I^H} \sum_{\rho=1}^{\rho'} C_{\rho} y_{i\rho} + \sum_{i \in I^{pc}} \sum_{j \in I^{pa}} \sum_{n=1}^{n'} C_{ijn} x'_{ijn} \right)$$

Функція інтенсивності відмов при зміні старих елементів і ліній зв'язку КМ на нові

$$\Lambda = \min \left(\sum_{i \in I^H} \sum_{\rho=1}^{\rho'} \omega_{\rho} y_{i\rho} + \sum_{i \in I^{pc}} \sum_{j \in I^{pa}} \sum_{n=1}^{n'} \lambda_{ijn} x'_{ijn} \right)$$

3) функція пропускної здатності при зміні старих КП і ліній зв'язку на нові

$$P = \max \left(\sum_{i \in I^H} \sum_{\rho=1}^{\rho'} P_{\rho} y_{i\rho} + \sum_{i \in I^{pc}} \sum_{j \in I^{pa}} \sum_{n=1}^{n'} P_{ijn} x'_{ijn} \right)$$

В якості обмежень можуть бути використані:

- на місце старих КП і ліній зв'язку можна встановити тільки один тип нових:

$$\sum_{\rho=1}^{\rho'} y_{i\rho} = 1, i \in I^H ;$$

$$\sum_{n=1}^{n'} x'_{ijn} = 1, \forall i \in I^{pc}; j \in I^{pa};$$

- вартість реінжинірингу всієї КМ не повинна завищувати заданого значення C_3

$$\sum_{i \in I^H} \sum_{\rho=1}^{\rho'} C_{\rho} y_{i\rho} + \sum_{i \in I^{pc}} \sum_{j \in I^{pa}} \sum_{n=1}^{n'} C_{ijn} x'_{ijn} \leq C_3$$

- інтенсивність відмов нових КП і ліній зв'язку не повинна перевищувати заданих значень $\omega_i^3, \lambda_{ij}^3$:

$$\omega_{\rho} y_{i\rho} \leq \omega_i^3, i \in I^H; \rho = \overline{1, \rho'};$$

$$\lambda_{ijn} x'_{ijn} \leq \lambda_{ij}^3; i \in I^{pc}; j \in I^{pa}.$$

- пропускна здатність нових елементів не повинна завищувати заданого значення:

для КП P_i^3

$$P_{\rho} y_{i\rho} \geq P_i^3; i \in I^H; \rho = \overline{1, \rho'};$$

для ліній зв'язку P_{ij}^3

$$P_{ijn} x'_{ijn} \geq P_{ij}^3; i \in I^{pc}; j \in I^{pa}.$$

Оптимізаційна модель відноситься до задач багатокритеріального дискретного програмування з булевими змінними.

За методом послідовних поступок здійснюється пошук не єдиного точного оптимуму, а деякої області розв'язків, близьких до оптимального, - квазіоптимальної множини. При цьому рівень допустимого відхилення від точного оптимуму визначається з урахуванням точності постановки завдання (наприклад, залежно від точності обчислення величини критеріїв), а також деяких практичних міркувань (наприклад, вимог точності рішення задачі).

Спочатку проводимо якісний аналіз відносної важливості критеріїв; на підставі такого аналізу критерії розташовуються і нумеруються в порядку зменшення важливості, так що головним вважається критерій F_1 , менш важливий F_2 , потім слідує решта локальних критеріїв F_3, F_4, \dots, F_m . Максимізується перший за важливістю критерій F_1 і визначається його найбільше значення M_1 .

Потім призначається допустиме зниження (поступка) $d_1 > 0$ критерію F_1 . Визначимо нову допустиму область $X(1)$, як підобласть X виду

$$X(1) = X_n \{x | F_1(x) \geq M_1 - d_1\}$$

Такий підхід дозволяє значно звужити первинну допустиму область X , коли переходимо до наступного за важливістю критерію.

Після цього знаходимо найбільше значення M_2 другого критерію F_2 на множині $X(1)$, тобто

за умови, що значення першого критерію повинне бути не менше, ніж M_1-d_1 . Знову призначається значення поступки $d_2 \geq 0$, але вже по другому критерію, яке разом з першим використовується при знаходженні умовного максимуму третього критерію, і т.д. Нарешті, максимізується останній по важливості критерій F_m за умови, що значення кожного критерію F_r з $m-1$ попередніх повинне бути не менше відповідної величини M_r-d_r , одержувані стратегії вважаються оптимальними.

Таким чином, оптимальною вважається стратегія, що є розв'язком останньої задачі.

Якщо критерій F_m на множині стратегій (що задовольняють обмеженням задачі m) не досягає свого найбільшого значення M_m , то рішенням багатокритерійної задачі вважають максимізуючу послідовність $\{x_k\}$, з послідовності множин: $X_{m-1} \subset X_{m-2} \subset \dots \subset X_1 \subset X$.

Практично подібні послідовності, що максимізувалися, має сенс розглядати і для того випадку, коли верхня границя в задачі m не досягається, оскільки для вирішення екстремальних задач широко застосовуються ітераційні методи.

Алгоритм рішення задачі векторної оптимізації включає наступні кроки:

Крок 1. Нехай x_0 — розв'язок задачі $\max F_1(x_0) \in X$.

Крок 2. Нехай x_k - розв'язок задачі $\max F_k(x) \in X_{k-1}$, де x_k визначається після призначення поступки.

Крок 3. Якщо $k < m$, то встановлюємо $k=k+1$ і повторюємо крок 2. Якщо $k = m$, то x_m вважаємо оптимальним рішенням.

Кінець.

Значення поступок d_i ($i=1 \dots m$) послідовно призначаються при вивченні взаємозв'язку локальних критеріїв.

Спочатку розв'язується задача про призначення допустимого зниження d_i першого критерію від найбільшого значення M_i . Практично для цього задають декілька величин поступок $d_{11}, d_{21}, d_{31}, \dots$ і шляхом рішення задачі визначають відповідні максимальні значення $M_2(d_{11}), M_2(d_{21}), M_2(d_{31}), \dots$ другого критерію. Далі розглядають пару критеріїв F_2 і F_3 . Знов призначають пробні значення поступок, рішення задачі, відшукують найбільші значення $M_3(d_{11}), M_3(d_{21})$. Одержані дані аналізують, призначають d_i , переходять до наступної пари критеріїв F_3 та F_4 , тощо. Нарешті,

в результаті аналізу взаємного впливу критеріїв F_{m-1} і F_m вибирають значення останньої поступки d_{m-1} і знаходять оптимальні стратегії, звичайно обмежуються знаходженням однієї такої стратегії.

Таким чином, хоча формально при використанні методу послідовних поступок досить вирішити лише одне з завдань, проте для призначення значень поступок з метою з'ясування взаємозв'язку локальних критеріїв фактично доводиться вирішувати істотно більше число таких завдань.

Для вирішення багатокритерійного завдання потрібно так ранжувати критерії, щоб потім зручніше було вибрати значення поступок.

Отже, можна зробити наступний висновок. Метод послідовних поступок доцільно застосовувати для вирішення тих багатокритерійних задач, в яких всі приватні критерії природним чином впорядковані по мірі важливості, причому кожен критерій настільки суттєво важливіший, ніж наступний, що можна обмежитися обліком тільки попарного зв'язку критеріїв і вибрати допустиме зниження чергового критерію з врахуванням поведінки лише одного наступного критерію.

Для отримання оптимального значення за кожним критерієм придатний будь-який метод рішення однокритеріальної задачі даного типу. В нашій роботі використано симплекс метод рішення задачі лінійного програмування.

При введенні додаткових обмежень в задачу можлива ситуація, коли початковий базис відсутній. Для вирішення цієї проблеми використовуються методи знаходження початкового базисного розв'язку.

Пропонується використати метод великих штрафів (М-метод):

- вводяться додаткові змінні, для утворення необхідного початкового базису;
- до цільової функції додається $M \cdot X$ (у випадку максимізації), де X -додатково введені змінні, M - дуже велике число.

Таким чином, завдяки введенню в цільову функцію додаткових доданків -якщо введені змінні не будуть дорівнювати 0, цільова функція буде прямувати до 0, що недопустимо. Отже, згідно алгоритму симплекс методу, ці змінні будуть впершу чергу виведені з базису, і більше в нього не потраплять.

Метод великих штрафів, використовується в програмній реалізації даної моделі, при

введенні додаткового обмеження, вводиться додаткова змінна і модифікуються всі наступні цільові функції.

Висновки

Проведена системна структуризація процесів розвитку та реінжинірингу комп'ютерних мереж на основі огляду існуючих методів та засобів вирішення таких задач і визначені вимоги до архітектури для обґрунтування та вибору раціональних варіантів.

Запропоновано модель оптимізації та інформаційну технологію розвитку та реінжинірингу комп'ютерної мережі, які враховують обмеження існуючої мережі, зокрема:

- 1) узагальнено модель розвитку та реінжинірингу;
- 2) часткові моделі розвитку в залежності від обраної стратегії;
- 3) модель оцінки й аналізу існуючої комп'ютерної мережі організації з урахуванням розвитку;
- 4) узагальнена та часткові моделі реінжинірингу комп'ютерних мереж.

Відміна розроблених моделей від існуючих полягає у багатокритеріальності і врахуванні витратних та функціональних вимог. Обрані й обґрунтовані методи дискретної оптимізації в залежності від розмірності часткових задач та вимог до точності їх розв'язку.

1. P. Reviriego, K. Christensen, J. Rabanillo, and J. Maestro An initial evaluation of Energy Efficient Ethernet [Електронний ресурс]. Ре-жим доступу: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5743052/>

2. P. Reviriego, J. A. Hernandez, D. Larrabeiti, and J. A. Maestro Performance evaluation of energy efficient Ethernet, [Електронний ресурс]. Ре- жим доступу: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/52823>

79/ (дата доступу (01.05.2018).

3. R. Sohan, A. Rice, A. W. Moore, and K. Mansley Characterizing 10 Gbps network interface energy consumption [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://pdfs.semanticscholar.org/019a/0591f7edebf3d06817d4f9b1d5a82bf78c085.pdf> (дата доступу (01.05.2018)

4. С. А. Несцеренко, Выбор оптимального плана внедрения корпоративных компьютерных сетей с учётом динамики их развития [[Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://pratsi.opu.ua/app/webroot/articles/1346843927.pdf> (дата доступу (01.05.2018)

5. С.А. Несцеренко Интегрированная система проектирования корпоративных компьютерных сетей [Электронный ресурс]. Режим доступу: <http://pratsi.opu.ua/app/webroot/articles/1312729459.pdf>.

6. Нефедов Л.И., Плотникова З.В., Шевченко М.В. Оценка и реинжиниринг элементной базы информационной сети// Технология приборостроения. - 2005. - №2. - С. 14-18.

7. Нефедов Л.И., Шевченко М.В. Технология автоматизированного реинжиниринга структурированных информационных сетей городских организаций// Коммунальное хозяйство городов. - К.: "Техніка", 2006. – Вып. 69. - С. 101-105.

8. Р.Л. Кини, Х.Райфа Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.:Радио и связь

Поступила в редакцію 10.09.2018 р.
 Рекомендували до друку: докт.техн.наук, проф. Середюк О. Є. докт. техн. наук, проф. Горбійчук М. І.