ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 621.327.8

В.Б. Толубко, Л.Н. Беркман, Л.О. Комарова, О.В. В'юннік

Державний університет телекомунікацій, Київ

МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

У статті представлений метод розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації СУ і приведені визначення приватних критеріїв за допомогою апарату лінійного програмування.

Ключові слова: *система управління, апарат лінійного програмування, телекомунікаційні системи*.

Сьогодні світова телекомунікаційна індустрія зазнає революційних змін. Постійний розвиток інформаційних технологій, поява нових апаратно-програмних комплексів ставлять перед операторами і провайдерами телекомунікаційних послуг складні завдання у частині управління функціонуванням об'єктів зв'язку, основна мета яких полягає у підтримці нормативної якості надання послуг і функціонування мережі.

Для підтримки заданого рівня якості послуг необхідна автоматизація контролю, моніторингу і управління різнорідним устаткуванням і системами зв'язку на основі єдиних принципів. Вирішенням проблеми евристичного опису процесу управління телекомунікаційних систем (ТС) може стати адаптація математичного апарату декількох напрямів наукового знання для створення адекватної моделі об'єкта. За її допомогою стане можливим здобуття якісної і кількісної оцінок ефективності функціонування ТС за сукупністю критеріїв для подальшого здійснення управління.

У сучасній науково-технічній літературі розглянуті методи багатокритеріальної оптимізації систем управління (СУ) телекомунікаційними мережами. Описані особливості СУ як складної системи. Визначені основні критерії (показники) якості управління, що найбільш впливають на ефективність, мережами. Розроблені методи об'єднання суперечливих критеріїв і визначення узагальненого критерію.

Розв'язання задачі оптимального синтезу полягає у виборі керівників змінних X, які належать допустимій області і забезпечують оптимальне значення характеристик СУ Q (X). Як відомо, характеристика, яка показує відносну перевагу одного варіанта у порівнянні з іншим, називається критерієм оптимальності (цільовою функцією, критерієм ефективності, функцією корисності тощо).

Екстремальне значення критерію оптимальності Q (X) (кількісне значення) може бути отримане залежно від конкретного завдання максимуму або мінімуму цієї функції.

Оптимізація систем управління, як правило, ведеться за декількома критеріями. Має місце завдання векторної оптимізації

$$l(q) \to \min_{q \in Q}.$$

Компоненти l_i векторного критерію I називаються приватними критеріями (показниками). Результати мінімізації приватних критеріїв у загальному випадку не співпадають. На рис. 1 ілюструється завдання мінімізації двох приватних критеріїв $l_1(q)$, $l_2(q)$, залежних від одного параметра. Оскільки оптимальні значення параметрів не співпадають, тобто q1*≠q2*, то виникає питання, що слід вважати розв'язком задачі векторної оптимізації.

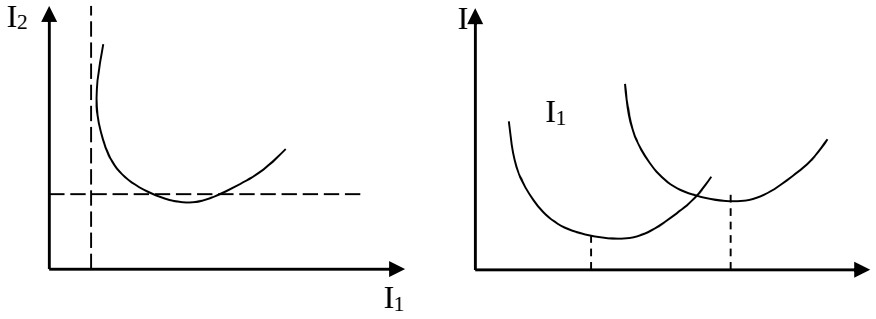
За визначенням, розв'язком задачі векторної оптимізації є безліч значень параметрів, де зміна будь-якого параметра з метою поліпшення одного з приватних критеріїв обов'язково погіршує хоч би один інший. Таку безліч непокращуваних розв'язків називають безліччю Парето.

На рис. 1, *а* області Парето на осі параметра q відповідає відрізок між значеннями q_1^* и q_2^* приватного оптимуму. Тут зміна q з метою зменшення одного показника призводить до збільшення іншого показника. Інша ілюстрація області Парето приведена на рис.1, *б*, де по осях відкладені значення приватних показників $l_1(q)$ і $_2(q)$. Для кожного критерію $Q_1(X)$, $Q_2(X)$,…, $Q_s(X)$ необхідно знайти вектор $\overline{X} = (x_1, x_2, ..., x_n)$, який

забезпечує мінімальне (максимальне) значення критерію оптимальності:

$$Q_i(x_1, x_2, ..., x_n) \geq 0, i = \overline{1,m};$$
$$x_j^- \leq x_j \leq x_j^+, \ j = \overline{1,n}.$$

Таким чином, розв'язання задачі оптимізації може бути зведене до вирішення умови оптимізації - тобто визначення оптимального значення і знаходження мінімального (максимального) значення X^* критерію оптимальності.



б а

Рис. 1. Ілюстрація завдання векторної оптимізації

Для СУ доцільно за допомогою методу експертних оцінок визначити наступні приватні критерії:

Q1 (X) - функція, що характеризує кількість інформації, що управляє, при забезпеченні необхідного спектра послуг;

Q2 (X) - функція, що характеризує затримку інформації, що управляє, при певній кількості контрольованих об'єктів і швидкодії центрів комутації пакетів СУ;

Q3 (X) - функція, що характеризує достовірність переданої інформації;

Q4 (X) - функція, що характеризує надійність структури при заданих обмеженнях;

Q5 (X) - функція, що характеризує вартість СУ з урахуванням усіх перерахованих властивостей.

Відзначимо, що екстремальне значення критерію оптимальності Q (X) (кількісне значення) характеризує одно з найважливіших властивостей СУ.

Взагалі при векторному синтезі першочерговим завданням є вибір як спектра показників якості, так і їх кількості. Якщо при виборі критеріїв не врахувати хоча б один показник, що значно впливає на якість СУ, то звісно ми не отримаємо ефективне рішення. А якщо їх буде надто багато, то це приведе не до поліпшення, а до погіршення результатів синтезу.

Реалізовуючи векторний синтез, вважатимемо оптимальною систему управління, яка забезпечує виконання умов:

$$K_p = \min f_p(\kappa_1, ..., \kappa_i, ..., \kappa_m), \quad (1)$$
$$\kappa_i \leq \kappa_{im}, i = \overline{1,m},$$

де κ_{im} - значення показника якості максимально допустиме з точки зору вимог замовника;

m - множина, якій належать допустимі параметри системи S. Мінімаксний критерій представимо в наступному вигляді:

$$K_p = \min f_p(\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4). \quad (2)$$

Тоді цільова функція при переході до нормованих критеріїв має вигляд:

$$f_p = [C_1\kappa_1; C_2\kappa_2; C_3\kappa_3; C_4 f(\kappa_3)] =$$
$$= \min\left[C_1\frac{\kappa_1}{\kappa_{1m}}; C_2\frac{\kappa_2}{\kappa_{2m}}; C_3\frac{\kappa_3}{\kappa_{3m}}; C_4 f(\frac{\kappa_3}{\kappa_{3m}})\right], \quad (3)$$

де $\kappa_4 = f(\kappa_3)$.

Для вирішення таких завдань мінімаксним методом необхідно розглянути доступні варіанти зміни критеріїв κ_i від мінімально можливих до максимально допустимих значень і, відповідно, вибрати варіант, що забезпечує мінімум цільової функції.

Найбільш прийнятний метод - це метод інтеграції. Таким чином, необхідно визначити, як максимально допустимі значення критеріїв, так і мінімальні. Якщо перші, як вказувалося вище, визначаються замовником, то другі - за допомогою відомих методів лінійного програмування.

У загальному вигляді завдання оптимізації за одним показником якості може бути представлена:

$$\left.\begin{aligned} \kappa_1 &= F_1(x_1, ..., x_n) = \min \\ \kappa_2 &= F_2(x_1, ..., x_n) \leq \kappa_{2M} \\ &- - - - - - - - - - - - \\ \kappa_m &= F_m(x_1, ..., x_n) \leq \kappa_{mM} \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

(і виконанні усіх інших умов і обмежень, накладених на систему).

У цьому випадку цільові функції $F_2 = (x_1,..., x_n), ... F_m(x_1,..., x_n)$ відіграють роль функцій обмежень $F_j = (x_1,..., x_n)$.

Таким чином, для кожного приватного критерію, що входить до формули (3), необхідно знайти вирішення виразу (3).

Розглянемо, наприклад, розв'язання задачі (4) для таких критеріїв, як мінімум інформації управління. Припустимо, при організації СУ доцільно закріпити контрольовані об'єкти (КО) за даними медіатора, або SMS (операційною системою).

Відмінність об'єктів полягає в тому, що в процесі управління інформаційні потоки, що виникають в результаті взаємодії КО і операційної системи, можуть бути залежні або незалежні між собою.

Характер інформаційних потоків залежить від призначення КО і можливих несправностей, які виявляються СУ у процесі функціонування. Деякі несправності діють на генерацію інформаційних потоків таким чином, що вони залежні, тобто зміни одного параметра тягне несправність іншого.

Звісно, якщо інформаційні потоки, генеровані компонентами КО і SMS (або медіатором) залежні, то кількість інформації, що управляє, значно зменшується. Це відбувається за рахунок того, що сумарна кількість інформації для залежних повідомлень завжди менша, ніж для незалежних.

Основним завданням при проектуванні СУ є, як відомо, мінімізація кількості інформації, що управляє, що значно зменшує вартість СУ. Це завдання можна вирішити методом лінійного програмування. Для цього необхідно розподілити навантаження на SMS і медіатори так, щоб мінімізувати інформаційні потоки, що виникають між ними за рахунок певного розподілу КО і SMS.

Розглянемо завдання знаходження мінімуму кількості управляючої інформації у вигляді завдання лінійного програмування. Припустимо, що кількість видів КО рівне *L*. Відповідно, результат розрахунку кількості управляючої інформації розподілиться на два види I_1 и I_1' (I_1 - ця сумарна кількість управляючої інформації відповідає незалежним інформаційним потокам, а I_1 - залежним).

Кількість управляючої інформації необхідна для цієї ділянки мережі, представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

КО	Параметри КО	Середнє кв. відхилення КО від норми		Кількість управляючої інформації	
		До включення СУ	Потреба	Для незалежних потоків	Для залежних потоків
1	2	3	4	5	6
S_1	$П_{11}$	σ_{11}	σ_{11}'	I_{11}	I_{11}'
	$П_{12}$	σ_{12}	σ_{12}'	I_{12}	I_{12}'
	$П_{13}$	σ_{13}	σ_{13}'	I_{13}	I_{13}'
	$П_{14}$	σ_{14}	σ_{14}'	I_{14}	I_{14}'
S_2	$П_{21}$	σ_{21}	σ_{21}'	I_{21}	I_{21}'
	$П_{22}$	σ_{22}	σ_{22}'	I_{22}	I_{22}'
	$П_{23}$	σ_{23}	σ_{23}'	I_{23}	I_{23}'
	$П_{24}$	σ_{24}	σ_{24}'	I_{22}	I_{22}'
S_3	$П_{31}$	σ_{31}	σ_{31}'	I_{31}	I_{31}'
	$П_{32}$	σ_{32}	σ_{32}'	I_{32}	I_{32}'
	$П_{33}$	σ_{33}	σ_{33}'	I_{33}	I_{33}'
	$П_{34}$	σ_{34}	σ_{34}'	I_{34}	I_{34}'
S_4	$П_{41}$	σ_{41}	σ_{41}'	I_{41}	I_{41}'
	$П_{42}$	σ_{42}	σ_{42}'	I_{42}	I_{42}'
	$П_{43}$	σ_{43}	σ_{43}'	I_{43}	I_{43}'

	$П_{44}$	σ_{44}	σ_{44}'	I_{44}	I_{44}'
	$П_{45}$	σ_{45}	σ_{45}'	I_{45}	I_{45}'
Сумарна кількість управляючої інформації				I	I'

Математично це завдання представимо у вигляді нерівностей

$$\left.\begin{aligned} &I_1 x_1 \le L_1 \quad (KO_1);\\ &I_1^{'} x_2 \le L_1^{'} \quad (KO_1^{'});\\ &I_2 x_1 \le L_2 \quad (KO_2);\\ &I_2^{'} x_2 \le L_2^{'} \quad (KO_2^{'});\\ &I_3 x_1 \le L_3 \quad (KO_3);\\ &I_3^{'} x_2 \le L_3^{'} \quad (KO_3^{'});\\ &I_4 x_1 \le L_4 \quad (KO_4);\\ &I_4^{'} x_2 \le L_4^{'} \quad (KO_4^{'}). \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

За умов (5) загальна кількість управляючої інформації складе

$$F = Ix_1 + I^{'}x_2. \qquad (6)$$

Вимагається серед ненегативних рішень системи (S) вибрати таке, при якому форма F набуває найменшого значення. Представимо з точки зору лінійного програмування розв'язання задачі знаходження мінімуму затримки управляючої інформації.

Це питання для СУ є актуальним, оскільки транспортна мережа, яка використовується СУ це мережа з комутацією пакетів X.25. Основні дані, що необхідні для складання цільової функції, представлені в таблиці 2, де У $УС_{ij}$ - кількість вузлів мережі з комутацією пакетів однієї продуктивності $П_1$, а $П_2$ - інший.

Припустимо, що $П_1$ вище $П_2$, тоді і затримка T_{ij} нижча, ніж T'_{ij}. Необхідно розподілити вузли комбінації так, щоб сумарна затримка передачі інформації між КО і SMS була мінімальною.

Математично завдання знаходження мінімуму затримки управляючої інформації представимо у вигляді:

$$\left.\begin{aligned} &T_1 x_1 \le L_1(S_1);\\ &T_1{'} x_2 \le L_2{'}(S_1{'});\\ &T_2 x_1 \le L_2(S_2);\\ &T_2{'} x_2 \le L_2{'}(S_2{'});\\ &T_3 x_1 \le L_3(S_3);\\ &T_3{'} x_2 \le L_3{'}(S_3{'});\\ &T_4 x_1 \le L_4(S_4);\\ &T_4{'} x_2 \le L_4{'}(S_4{'}). \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

При цих умовах загальне значення затримки передаваної інформації складає

$$F = Tx_1 + T'x_2. \qquad (8)$$

Таблиця 2

Види вузлів	Кількість центрів комутації пакетів для вузла		Затримка інформації	
	Похідна. П1	Похідна. П2	T	T'
S1	УСij	УСij '	T11	T11'
	УС12	УС12'	T12	T12'
	УС13	УС13'	T13	T13'
	УС14	УС14'	T14	T14'
S2	УС21	УС21'	T21	T21'
	УС22	УС22'	T22	T22'
	УС23	УС23'	T23	T23'
	УС24	УС24'	T24	T24'
S3	УС31	УС31'	T31	T31'
	УС32	УС32'	T32	T32'
	УС33	УС33'	T33	T33'
	УС34	УС34'	T34	T34'

S4	УС41	УС41'	Т41	Т41'
	УС42	УС42'	Т42	Т42'
	УС43	УС43'	Т43	Т43'
	УС44	УС44'	Т44	Т44'
Сумарна затримка			Т	Т'

Вимагається серед ненегативних рішень системи (7) вибрати таке, при якому F набуває найменшого значення.

У статті представлений метод рішення задачі багатокритерійної оптимізації СУ і приведені визначення приватних критеріїв за допомогою апарату лінійного програмування.

Список літератури

1. Стеклов В.К., Карпенко Н.Ф., Беркман Л.Н. Многокритериальная оптимизация систем управления телекоммуникационными сетями // Зв'язок. - 1999. - №6.-С.26-28.

2. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Оценка объёма управляющей информации в информационных сетях // Электросвязь.-2000.-№6.-С.34-37.

3. Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Иванов А.И. Метод определения задержки управляющей информации в системах управления телекоммуникационными сетями // Зв'язок.- 2001.-№1.-С.49-51.

4. Стеклов В.К., Стародуб Н.М. Беркман Л.Н. Выбор обобщённого критерия оптимальности систем управления информационными сетями //Зв'язок.-2000.-№5.-С. 48-50.

5. Беркман Л.Н. Методи і засоби підвищення показників якості систем управління телекомунікаційними мережами. – Рукопис.

Надійшла до редколегії 15.01.2014

Рецензент: д.т.н., проф. С.В. Толюпа, Державний університет телекомунікацій, Київ.

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ

В.Б. Толубко, Л.Н. Беркман, Л.А. Комарова, А.В. Вьюнник

В статье представлен метод решения задачи многокритериальной оптимизации СУ и приведены определения частных критериев с помощью аппарата линейного программирования.

Ключевые слова: *система управления, аппарат линейного программирования, телекоммуникационные системы.*

METHOD DECISION PROBLEM OPTIMIZATION MNOHOKRYTERYALNOY MANAGEMENT SYSTEMS TELEKOMMUNYKATSYONNЫMY SETYAMY

V.B. Tolubko, L.N. Berkman, L.A. Komarova, A.V. V'yunnik

In the article the presented method of decision of task of multicriterion optimization of CU and the brought determinations over of private criteria is by means of vehicle of the linear programming.

Keywords: *control system, vehicle of the linear programming, telecommunication systems.*