

## ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ СУ З УРАХУВАННЯМ ВИПАДКОВИХ ФАКТОРІВ.

Стеклов В.К. д.т.н., проф., Беркман Л.Н. к.т.н., доц.,

Трухан Т.В. спеціаліст, Чумак О.І. спеціаліст

Київський інститут зв'язку Української державної академії  
зв'язку ім. О.С.Попова

*Запропоновано метод отримання узагальненого критерію при оптимізації систем управління, який дозволяє одержати ефективні значення параметрів керованої мережі з врахуванням поставлених до них вимог та способи врахування різних збурюючих факторів у випадках, коли відомі закони розподілу і коли апріорна інформація про них відсутня.*

*The method of getting generalized criterion attached to the system of management, which let us to get effective significance parameters of management network with taking into account a requires to them and the ways of take into account different excited factors in case, when the laws of distribution are known and when a priori information about they is absent are offer.*

Система управління (СУ) сучасними телекомунікаційними мережами має такі характерні ознаки:

- великі розміри;
- складність;
- розвинуті функціональні можливості;
- конкурентноспроможність;
- жорстку вимогливість до забезпечення захисту інформації;
- високу чутливість до помилок.

Згідно з прогнозами, при підвищенні якості та збільшенні обсягу наданих послуг кількість управляючої інформації в СУ стрімко зростає. Внаслідок цього СУ може поглинути основну мережу.

СУ адекватно поняттю - "велика система". Останнє характеризується кількома специфічними ознаками [1, 2]. Це, насамперед, багатомірність розмаїття структури; багатозв'язність

елементів (взаємозв'язок підсистем на одному рівні та між різними рівнями ієрархії); різнорідність бази елементів; багатократність зміни складу і стану (змінність структури, зв'язків і складу системи); багатокритеріальність; багатоплановість.

Оптимізація систем такого типу містить у собі оптимізацію як самої системи управління, так і процесу її проектування. Обидва напрямлення оптимізації взаємозалежні. Показники якості розроблюваної системи істотно залежать від оптимальності процесу та терміну часу розробки, засобів устаткування.

Постановка оптимізаційної задачі проектування без врахування випадкових факторів не досить чітко описує процеси, що протікають у системі управління. Критерій оптимальності й обмеження за фіксованими значеннями керованих змінних  $x$  – це випадкові величини, що залежать від вектора зовнішніх факторів  $y$ :

$$\min_{x \in D} Q(x, y), \quad (1)$$

де  $D = \{x/g_i(x, y) \geq 0, i = 1, 2, \dots, m\}$ ,  $D$  – область рішень.

При рішенні задачі (1) можливі дві ситуації:

- 1) оптимальне рішення  $x^*$  потрібно визначити до реалізації факторів  $y$ , тобто незалежно від їхніх конкретних значень;
- 2) оптимальне рішення  $x^*$  потрібно визначити після того, як будуть відомі параметри фактору  $y$ .

У першому випадку врахування випадкових значень вектора  $y$  в умовах задачі оптимізації (1) зводиться до введення нового критерію оптимальності й обмежень, що дозволяють позбутися невизначеності. В залежності від ступеня інформованості про закон розподілу випадкових величин у можна розглядати три випадки.

1. Про  $y$  нічого не відомо, крім того, що вони належать деякій області  $D_y$ :  $y \in D_y$ .
2. Для факторів  $y$  задано функцію розподілу  $f(y)$ .
3. Для факторів  $y$  задано закон розподілу з точністю до вектора параметрів  $Q$ , тобто задана функція  $f(y, a)$ , для якої невідомі параметри  $Q$ , що належать області  $D_a$ .

Залежно від ступеня інформованості про закон розподілу випадкових факторів новий критерій оптимальності й обмеження приходить-ся вибирати, орієнтуючись або на гірший випадок щодо невизначено-

сті значень вектора  $y$ , або на деякі середні значення критерію й обмежень. Якщо відомо тільки те, що  $y \in D_y$ , критерій оптимальності призначається з умови забезпечення найкращого результату в найгіршому за невизначеністю випадку:

$$Q(x) = \max_{y \in D_y} Q(x, y). \quad (2)$$

Аналогічно для обмежень можна записати:

$$g_i(x) = \min_{y \in D_y} g_i(x, y). \quad (3)$$

Підставляючи (2) і (3) у вираз:

$$Q = Q(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (4)$$

при виконанні системи нерівностей:

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

$$x_j^- \leq x_j \leq x_j^+, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

і відсутності інформації про фактори  $y$  (випадок невизначеності), приходимо до детермінованої задачі оптимізації:

$$\min_{x \in D} \max_{y \in D_y} Q(x, y), \quad (7)$$

$$\text{де } D = \left\{ x \left/ \left[ \min_{y \in D_y} g_i(x, y) \geq 0 \right], i = 1, 2, \dots, m \right. \right\}.$$

Знаючи, що  $y$  – випадкові величини, можна вибрати найкращі порівняно з (3) критерії оптимальності. Справді, знання законів розподілу в критерії (3) нічого нового не дає порівняно з випадком невизначеності. Тому критерій оптимальності й обмеження необхідно змінити так, щоб отриманий результат був найкращим “у середньому” для сукупності ситуацій, що задаються законом розподілу  $f(y)$ .

Якщо закони розподілу відомі, за критерій оптимальності можна взяти математичне очікування (середнє значення) випадкової функції  $Q(x, y)$ :

$$Q(x) = M\{Q(x, y)\} = \int_{y \in D_y} Q(x, y) df(y), \quad (8)$$

або квадрат стандартного відхилення значень функції  $Q(x, y)$  від заданого рівня  $Q^+$ :

$$Q(x) = M\left\{\left[Q(x, y) - Q^+\right]^2\right\} = \int_{y \in D_y} \left[Q(x, y) - Q^+\right]^2 df(y), \quad (9)$$

або ймовірність того, що випадкова величина  $Q(x, y)$  перевищить деякий заданий рівень  $Q^-$ :

$$Q(x) = P\{Q(x, y) > Q^-\}. \quad (10)$$

Використовуючи вирази типу (7) – (9) як критерій оптимальності й обмежень для випадку відомих законів розподілу, приходимо до однієї з задач стохастичного програмування.

Усереднену задачу стохастичного програмування сформулюємо таким чином: знайти вектор керованих змінних  $x$ , що забезпечує:

$$\min_x \int_{y \in D_y} Q(x, y) df(y), \quad (11)$$

$$\text{за умови} \quad \int_{y \in D_y} g_i(x, y) df(y) \geq 0, i = 1, 2, \dots, m. \quad (12)$$

Задача стохастичного програмування з імовірними обмеженнями зводиться до знаходження вектора керованих змінних  $x$ , що забезпечує:

$$\min_x \int_{y \in D_y} Q(x, y) df(y), \quad (13)$$

$$\text{за умови} \quad P\{g_i(x, y) \geq 0, i = 1, 2, \dots, m\} \geq P, \quad (14)$$

де  $0 \leq P \leq 1$  - деяка задана ймовірність виконання системи обмежень вихідної задачі (1).

Імовірна задача стохастичного програмування може бути представлена в такому вигляді: знайти вектор керованих змінних  $x$ , що забезпечує:

$$\max_x P\{Q(x, y) \leq Q^+\}. \quad (15)$$

При наявності інформації про закони розподілу випадкових фа-

кторів, заданих з точністю до вектора параметрів  $a$ , вирази (7) - (9) стають функціями від цих змінних. Однак про вектор  $a$  нічого не відомо, крім того, що він належить області  $D_a$ . У цьому випадку необхідно використовувати комбінований критерій, що поєднує у собі вираз (2) і один з виразів (5) - (7). Це дозволить перейти від задачі (1) до однієї з задач стохастичного програмування. Наприклад, усереднена задача стохастичного програмування в цьому випадку формулюється так.

Знайти вектор керованих змінних  $x$ , що забезпечує:

$$\min_x \max_{a \in D_a} \int_{y \in D_y} Q(x, y) df(y, a), \quad (16)$$

за умови

$$\left[ \min_{a \in D_a} \int_{y \in D_y} g_i(x, y) df(y, a) \right] \geq 0, i = 1, 2, \dots, m. \quad (17)$$

Отже, визначення оптимального рішення  $x^*$ , що не залежить від конкретної реалізації  $y$ , зводиться до рішення задачі нелінійної оптимізації, при якій рішення можна записати у вигляді:

$$\min_{x \in D} Q(x). \quad (18)$$

При відомих значеннях  $y$ , розглянута задача аналогічна звичайній задачі оптимізації. При цьому конкретним реалізаціям випадкових факторів  $y$  відповідають різні оптимальні рішення  $x^* = x^*(y)$ , тобто при зміні умов  $y$  задачі оптимізації можливо "перебудовувати" оптимальне рішення.

Таким чином, процес пошуку оптимального рішення в задачах проектування СУ (як при багатокритеріальній оптимізації, так і з врахуванням випадкових факторів) практично зводиться до кількісного рішення задачі нелінійної оптимізації.

Запропонований метод отримання узагальненого критерію при оптимізації систем управління дозволяє одержати ефективні значення параметрів керованої мережі з урахуванням поставлених до них вимог.

Розроблено способи врахування різних збурюючих факторів у випадках, коли відомі закони розподілу і коли апріорна інформація про них відсутня.

При проектуванні СУ доцільно зупинитися на виборі кількості

показників якості, на які зважають при синтезі. Кількість показників, які характеризують якість реальної системи, може бути дуже великою. Це означає, що чим більша кількість показників якості враховується при синтезі системи, тим більш досконалою буде синтезована система. В той час, коли більше врахованих показників якості, тоді складніше провести синтез без введення порівняно грубих припущень. Тому на практиці існує оптимальна кількість показників якості, на які необхідно зважати. Введення додаткових показників якості призводить не до покращення, а до погіршення результатів синтезу.

Тому можна зробити висновок, що при проектуванні системи управління необхідно враховувати наступні показники:

- кількість управляючої інформації (отже, і необхідну пропускну спроможність каналів), що забезпечує задану точність параметрів об'єктів мережі. При цьому визначається мінімальна кількість управляючої інформації, яка дозволяє СУ мати як властивість адаптивності до плинно спрогнозованих збурень, так і інваріантність до заздалегідь непрогнозованих факторів;

- затримка керуючої інформації, при якій час передавання команд управління до контрольованих об'єктів не перевищує заданого;

- достовірність (вірогідність помилки) при передаванні управляючої інформації;

- вартість системи управління.

Представлений метод отримання узагальненого критерію широко впроваджуються в системах управління сучасними телекомунікаційними мережами України та охоплює новітні технологічні рішення. Це дозволяє на базі традиційного устаткування здійснювати більш ефективно та досконало управління мережами зв'язку.

Список використаних джерел

1. Беркман Л.Н., Стеклов В.К. Оценка параметров системы управления интеллектуальной сети // Праці науково-практичної конференції "Стратегія входження України в світовий інформаційний простір". – Київ.- 1998.- С.82-84.

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

3. Беркман Л.Н., Стеклов В.К., Стародуб Н.М. Объединение векторных критериев оптимальности систем управления телекоммуникационными сетями // Матеріали доповідей учасників Ювілейної міжнародної науково-практичної конференції.-К.: тов. "Знання України".-2000.-С.90-92.

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