
УДК 621.396.96

К.С. ВАСЮТА, М.В. БУЛАШКО

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

Розглядаються методи побудови і оптимізації функціонування систем зв'язку, що забезпечують підвищення ефективності процесу управління. Пропонується алгоритм, за допомогою якого можна отримати оптимальне значення цільової функції виграшу і матрицю послідовності розподілу засобів зв'язку по об'єктах управління.

1. Вступ

Система зв'язку (СЗ) повинна максимально задовольнити потреби управління, що визначає її ефективність. До основних елементів системи зв'язку належать вузли зв'язку, базові станції, що являють собою організаційно-технічне об'єднання, які відокремлені за функціональною ознакою, і лінії зв'язку, що забезпечують управління і включають різні засоби наземного зв'язку, повітряного радіозв'язку.

Задоволення потреб управління за будь-яких умов можливо лише шляхом раціонального використання елементів, засобів і каналів зв'язку в процесі управління. Для забезпечення управління система зв'язку має забезпечити певну кількість ліній і каналів зв'язку.

Звідси виникає потреба розподілу засобів і каналів вузла зв'язку, щоб з максимальною ефективністю використовувати наявні засоби.

Розв'язку задачі раціонального використання засобів присвячено ряд наукових праць [1, 2-4]. Однак основна увага в них приділяється вирішенню часткових задач, а саме: побудові початкової системи зв'язку інформаційно-керуючих систем без врахування надійності, побудові оптимальної системи зв'язку підприємства, побудові заводостійких систем зв'язку.

У роботі [3] запропонована математична модель системи зв'язку та методика її побудови за критерієм максимуму заводо захищеності. У [4] також запропоновано шляхи побудови оптимальної системи зв'язку, перевагами яких є можливість застосування будь-якого критерію оптимізації, що можна виразити аналітично. Однак обмеженість даних шляхів полягає у неможливості реалізації її на сучасній обчислювальній техніці для розмірності задачі $n > 20$.

У роботі [5] запропоновано раціональне використання засобів зв'язку з урахуванням можливих експлуатаційних відмов. Перевагою даної роботи є можливість побудувати стійку до відмов систему зв'язку. Проте запропонований метод не дає змоги врахувати важливість засобів, а також наступний перерозподіл в процесі управління.

Метою даної роботи є визначення підходів до побудови системи зв'язку на основі раціонального розподілу елементів, засобів і каналів зв'язку в процесі забезпечення управління.

Завданням даного дослідження є оптимізація розподілу елементів системи зв'язку.

2. Постановка задачі

Можливу постановку завдання сформулюємо так: є N засобів зв'язку, які необхідно розподілити по S об'єктах управління. Як критерій оптимальності використаємо максимум ефективності (живучості, заводо захищеності, надійності тощо). При цьому накладаються обмеження: вважається, що за час розподілу засоби не виходять з ладу; об'єкти взаємозалежні.

Задача належить до області дискретної оптимізації і може бути вирішена динамічним програмуванням Р. Белмана, методом двох функцій, методом максимального елемента й іншими. Метод повного перебору недоцільний внаслідок NP-складності розв'язку даної задачі [6].

З урахуванням того, що вихідні дані мають похибки методичного й інструментального характеру, то доцільно використовувати псевдооптимальні методи оптимізації. Серед них можливо використання методу максимального елемента та методу двох функцій. Метод максимального елемента враховує лише приріст цільової функції на кожному кроці оптимізації, що може використовуватися при однорідних засобах зв'язку. При використанні даного методу з неоднорідними засобами максимальна похибка може бути досить значною [2]. Тому доцільно для оптимізації розподілу елементів системи зв'язку, зважаючи на неоднорідність її елементів, використовувати метод двох функцій.

3. Основна частина

Як вхідні дані для елементів системи зв'язку може використовуватися ймовірність забезпечення стійкого зв'язку залежно від дальності (таблиця).

Ймовірність забезпечення стійкого зв'язку залежно від дальності

Лінія зв'язку	Довжина лінії зв'язку, км								
	10	20	30	40	60	80	100	120	150
Радіолінія КХ	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Радіолінія УКХ	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Супутникові лінії зв'язку	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Заглиблені ПКЛ П-296	0,68	0,64	0,60	0,57	0,52	0,48	0,42	0,36	0,30
ПКЛ на поверхні ґрунту	0,40	0,36	0,32	0,30	0,24	0,20	0,17	0,14	0,10
Магістраль між ВЗ	0,96	0,95	0,93	0,92	0,90	0,88	0,86	0,83	0,80

КХ – короткохвильова; УКХ – ультракороткохвильова; РРЛ – радіорелейна лінія; ТРЛ – тропосферна лінія; ПКЛ – польова кабельна лінія; ВЗ – вузол зв'язку.

Наприклад, вузли зв'язку включають різноманітні засоби, радіостанції короткохвильового (КХ) та ультракороткохвильового (УКХ) діапазону, які попередньо налаштовані на відповідні радіочастоти в радіонапрямах і радіомережах і відповідно мають різну ефективність за дальністю зв'язку, завадозахищеністю тощо.

Задамо існуючі засоби зв'язку, зважаючи на їх неоднорідність, j -м вектором $\{\omega_{ji}\}$ в матриці $\|\omega_{ji}\|_{NS}$. При цьому кожний елемент системи зв'язку (засіб зв'язку) має свій номер j ($j=1,2,\dots,N$), а де-факто використання його на напрямку фіксується індикатором $\delta_{ij} = 1$. Тоді матриця призначень $\|\delta_{ji}\|_{NS}$ буде мати інформацію про використання відповідного засобу зв'язку на відповідному напрямку.

Розподіл необхідно провести так, щоб забезпечити максимальну стійкість зв'язку.

Як вже зазначалося вище, для врахування унікальності кожного засобу та оптимального розподілу засобів будемо враховувати поряд з функцією виграшу F_t^+ функцію втрат F_t^- на кожному кроці оптимізації.

Функція F_t^+ неубуваюча і має позитивний приріст при покроковому розподілі, який визначається за виразом

$$\Delta_{kl}^+ = F_t^+ - F_{t-1}^+ = A_t^{(t-1)} \omega_{kl}, \quad k=1,2,\dots,N; \quad l=1,2,\dots,S, \quad (1)$$

де $A_t^{(t-1)}$ – важливість елемента системи зв'язку; ω_{kl} – ймовірність забезпечення стійкого зв'язку k -м засобом на l -му напрямку.

Функція втрат у міру розподілу засобів не зростає і має непозитивний приріст, який визначається за виразом

$$-\Delta_{kl}^- = F_t^- - F_{t-1}^-, \quad k=1,2,\dots,N; \quad l=1,2,\dots,S. \quad (2)$$

Припускаючи, що до t -го кроку процесу розподілу засобів у кожному з радіонапрямків встановлено зв'язок з ймовірністю $P_t^{(t-1)} = 1 - Q_t^{(t-1)}$, матрицю призначень можна записати так:

$$F_{t-1}^- = \sum_{i=1}^S A_i \left(1 - Q_t^{t-1} \prod_{j \in N(t)} \varepsilon_{ji} \right), \quad (3)$$

де $N(t)$ – множина невикористаних до t -го кроку засобів; ε_{ji} – ймовірність незабезпечення стійкого зв'язку.

Після призначення k -го засобу зв'язку на l -й напрямок функція втрат буде мати такий вигляд:

$$F_t^- = \sum_{i \neq l} A_i \left(1 - Q_i^{(t-1)} \prod_{\substack{j \neq k \\ j \in N(t)}} \varepsilon_{ji} \right) + A_l \left(1 - Q_l^{(t-1)} \prod_{j \in N(t)} \varepsilon_{jl} \right). \quad (4)$$

Враховуючи, що

$$\sum_{i \neq l} F_i = \sum_i F_i - F_l, \quad (5)$$

отримаємо:

$$F_t^- = \sum_i A_i \left(1 - \frac{Q_i^{(t-1)}}{\varepsilon_{ki}} \prod_j \varepsilon_{ji} \right) - \frac{A_l \omega_{kl}}{\varepsilon_{kl}} \prod_j \varepsilon_{jl}. \quad (6)$$

Тоді неперіодичний приріст функції втрат, який отримується на t -му кроці процесу за рахунок пробного призначення k -го засобу, буде такий:

$$-\Delta_{kl}^- = -\sum_i \frac{A_i^{(t-1)} \omega_{ki}}{\varepsilon_{ki}} \prod_j \varepsilon_{ji} + \frac{A_t^{(t-1)} \omega_{kl}}{\varepsilon_{kl}} \prod_j \varepsilon_{jl} = -\sum_{j \neq l} \frac{A_i^{(t-1)} \omega_{ki}}{\varepsilon_{ki}} \prod_j \varepsilon_{ji}, \quad (7)$$

де $j, k \in N^{(t)}$, $l = 1, 2, \dots, S$.

При цьому

$$A_i^{(t-1)} = A_i Q_i^{(t-1)}; \quad i = 1, \dots, S. \quad (8)$$

Втрати, які виникають на i -му засобі (елементі СЗ) при закріпленні k -го засобу за l -м об'єктом, дорівнюють

$$\frac{A_i^{(t-1)} \omega_{ki}}{\varepsilon_{ki}} \prod_j \varepsilon_{ji}, \quad i \neq l, \quad j \in N^{(t)}. \quad (9)$$

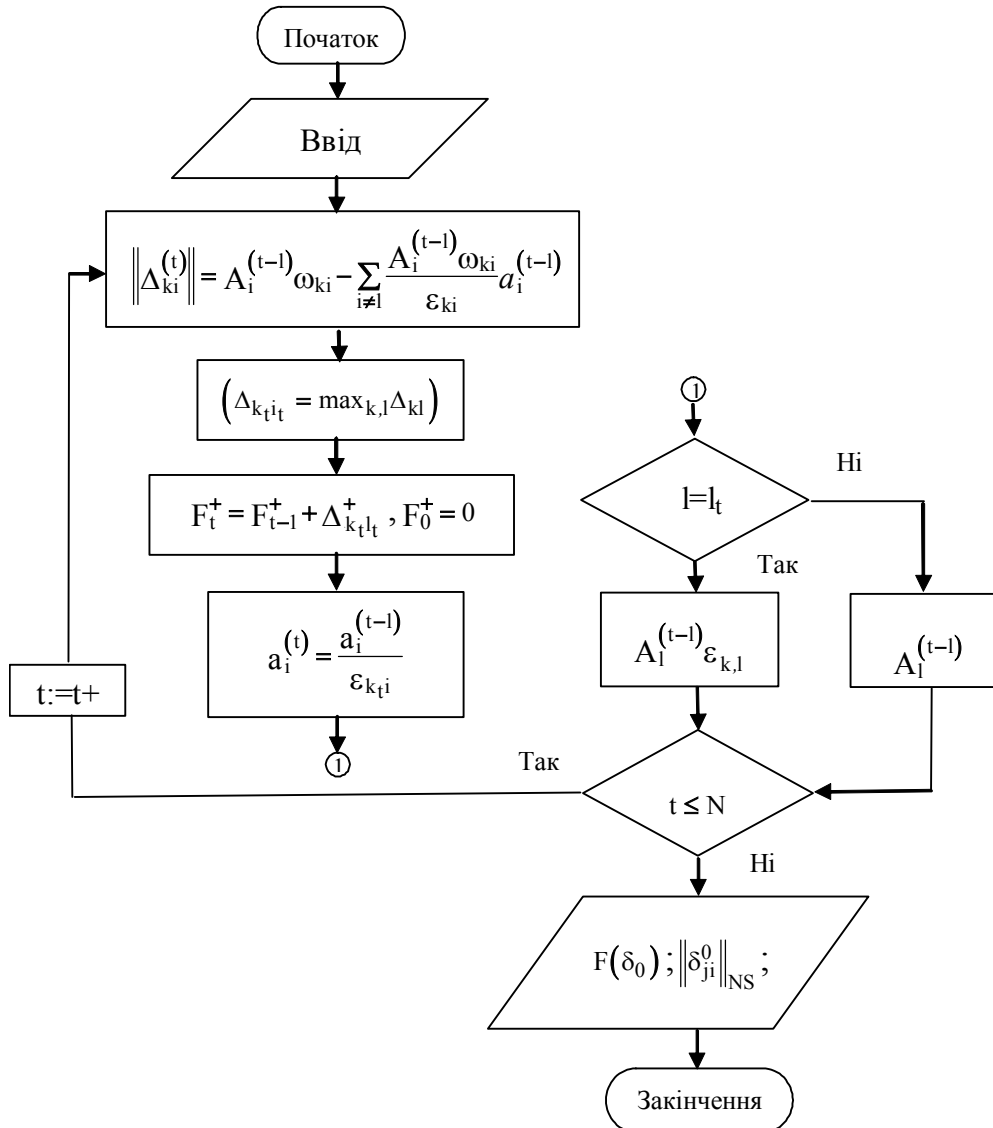
Вираз (7) дозволяє кількісно врахувати вимогу, яка висувається до оптимального процесу розподілу засобів – вимогу врахування неоднорідності засобів.

Відповідно процес оптимізації повинен забезпечувати такий порядок розподілу засобів, щоб на кожному його кроці гарантувався найбільший приріст функції виграшу Δ_{kl}^+ при мінімальних втратах $-\Delta_{kl}^-$.

Ці вимоги до процесу оптимізації можуть перебувати у протиріччі, тому для їх якісного врахування виберемо процес послідовного розподілу засобів з умови максимізації на кожному кроці алгебраїчної суми приросту функції виграшу і функції втрат:

$$\Delta_{kl} = \Delta_{kl}^+ - \Delta_{kl}^-, \quad k \in N^{(t)}, \quad l \in 1, \dots, S. \quad (10)$$

На основі викладеного вище можливо синтезувати алгоритм вирішення задачі розподілу засобів, який наведений на рисунку, а як вхідні дані використовуються: матриця важливості елементів системи зв'язку A_t , матриця ймовірності забезпечення стійкого зв'язку ω_{kl} , ймовірності незабезпечення стійкого зв'язку ε_{ji} , кількість елементів системи зв'язку N , кількість об'єктів управління S . На виході алгоритму отримаємо оптимальне значення цільової функції $F(\delta_0)$ і матрицю послідовності розподілу засобів зв'язку по об'єктах управління $\|\delta_{ji}^0\|_{NS}$.



Для визначення важливості того чи іншого об'єкта, з яким необхідно забезпечити зв'язок, доцільно використовувати методи порівняння, аналізу або методи експертних оцінок.

При оптимальному розподілі даних засобів забезпечується максимальне значення цільової функції $F(x)$.

4. Висновки

Отримані напрямки вдосконалення системи зв'язку дозволяють:

- раціонально використовувати елементи системи зв'язку;
- оцінювати ефективність вибраного варіанта системи зв'язку;

– визначати раціональну структуру системи зв'язку, в якій забезпечуються максимальні інформаційні можливості;

– визначати склад засобів, а також варіант побудови системи, який забезпечує задану ефективність при відомих умовах забезпечення управління.

Наукова новизна роботи полягає в розробці алгоритму вирішення задачі розподілу засобів зв'язку по об'єктах управління.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання при прийнятті рішення на побудову структури системи зв'язку, а також при організації зв'язку.

Список літератури: 1. *Вентцель Е. С., Овчаров Л. А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: Наука, 1991. 383 с. 2. *Щербина А. П.* Основы теории сетей военной связи: Учебник для слушателей ВАС. Л.: ВАС, 1984. 169 с. 3. *Обеспечение непрерывности связи во фронте, армии, дивизии в динамике операции (боя)* // Информационный сборник по связи и автоматизации. 1987. №17. С.17–40. 4. SEL defense systems. Sernet Broadband Command Post Communications Network // www.sel.de. 5. *Дискретные оптимизационные задачи и эффективные приближенные алгоритмы* // Техническая кибернетика. 1979. №6. С.9–20.

Надійшла до редколегії 14.06.2009

Васюта Костянтин Сергійович, канд. техн. наук, доцент ХУПС. Наукові інтереси: аналіз, системи зв'язку та управління. Адреса: Україна, 61072, Харків, вул. 23 Серпня, 6, тел. 340-79-31.

Булаєнко Марина Володимирівна канд. техн. наук, доцент кафедри ПІМ та ІТ ХНАМГ. Наукові інтереси: системний аналіз та управління, прикладна математика. Адреса: Україна, 61072, Харків, вул. 23 Серпня, 6, тел. 707-31-31.