

УДК 621.39.001.26"363"

DOI: 10.31673/2412-9070.2023.011012

О. В. ГЕТМАНЕЦЬ, канд. техн. наук, професор;

А. Г. ЗАХАРЖЕВСЬКИЙ, канд. техн. наук, здобувач,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЮ МЕРЕЖЕЮ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Описано метод багатокритеріальної оптимізації системи керування інфокомунікаційною мережею спеціального призначення. Обґрунтовано вибір зовнішніх параметрів системи керування, критичних за сучасних умов: кількість інформації, затримка, живучість, функціональна гнучкість, вірогідність та вартість. Наголошено про потребу в об'єднанні суперечливих критеріїв, зокрема кількості керувальної інформації, вірогідності, живучості, функціональної гнучкості, затримки та вартості.*

**Ключові слова:** система керування інфокомунікаційною мережею спеціального призначення; критерії якості; багатокритеріальна оптимізація.

### Вступ

Станом на сьогодні, беручи до уваги реалії війни в країні та перспективи розвитку системи керування інфокомунікаційною мережею спеціального призначення (СКІМСП), можна стверджувати про наявність стійкої тенденції зростання обсягу та поліпшення якості телекомунікаційних послуг, що надаються. Це зумовлює збільшення кількості та якості керувальної інформації, що, зі свого боку, призводить до непропорційного зростання саме СКІМСП у складі інфокомунікаційної системи. Описана тенденція зумовлює потребу в оптимізації системи керування у складі інфокомунікаційної системи спеціального призначення. Для розв'язання цієї задачі потрібно визначити критерії оптимізації для СКІМСП.

У сучасній науковій літературі питання вибору критеріїв оптимізації для різних технічних задач розглядалися в [1-6]. В [1] приділено увагу вибору критеріїв оптимізації для вирішення логістичних задач. У [2-4] досліджувалися питання вибору критеріїв оптимізації для телекомунікаційних систем. Незважаючи на достатньо велику історію розгляду питання вибору критеріїв оптимізації, для системи керування інфокомунікаційною мережею спеціального призначення є характерні особливості, що зумовлює актуальність аналізу цього питання саме в контексті роботи визначеної системи. Отже, метою статті є визначення критеріїв оптимізації для СКІМСП.

### Основна частина

У сучасних реаліях війни в країні СКІМСП може бути схарактеризовано такими властивостями:

- великою часткою системи керування у складі всієї інфокомунікаційної системи;
- великою кількістю та глибиною функціональних можливостей;
- підвищеними вимогами до забезпечення комплексного захисту інформації за умов війни;

- високою складністю;
- підвищеними вимогами до забезпечення працездатності та надійності за умов намагання умисного пошкодження з боку ворога;
- конкурентоздатністю;
- високою чутливістю до помилок за умов наявності умисних завад;
- високою розгалуженістю структури;
- наявністю взаємозв'язків функціональних блоків як на одному ієрархічному рівні, так і між ними;
- модульністю та наявністю можливості оперативної зміни задач, структури та складу системи в польових умовах.

Наведені характерні ознаки СКІМСП дозволяють вважати її «великою системою» [2; 3]. Для такої «великої системи» актуальним постає питання її оптимізації. Оптимізація може розглядатися як оптимізація самого процесу проектування СКІМСП, так і як оптимізація функціонування СКІМСП. Визначені напрями оптимізації є залежними один від одного. Спроектowana СКІМСП матиме показники якості, залежні від якості розроблення, витрачених ресурсів та часу, тобто від оптимальності процесу проектування. Водночас витрачені ресурси та час на проектування СКІМСП будуть істотно залежати від очікуваних параметрів якості системи.

З огляду на той факт, що оптимізувати одразу СКІМСП та процес її проектування є складною технічною задачею, обмежимося розглядом лише оптимізації функціонування самої СКІМСП.

Розв'язанням задачі оптимізації СКІМСП називатимемо процес синтезу СКІМСП [6]. Суттю цієї задачі є знаходження системи керування, яка вибирає найкращі значення показників якості з можливих, тобто приводить СКІМСП до оптимального стану. У процесі синтезу має бути враховано значення всіх показників якості, які розглядаються в системі, зокрема й фінансово-економічні.

© О. В. Гетманець, А. Г. Захаржевський, 2023

Синтез СКІМСП може відбуватися з огляду одразу на кілька критеріїв якості, які становлять вектор критеріїв якості  $K(k_1, k_2, \dots, k_m)$ . Такий синтез будемо називати векторним. Якщо процес синтезу СКІМСП здійснюється лише за одним із показників якості  $k_i$ , то такий синтез є скалярним.

Якщо синтез СКІМСП буде брати до уваги ще й фінансово-економічні показники, то його вважатимемо глобальним векторним. Під час здійснення такого синтезу будемо забезпечувати одночасний мінімум (максимум) усіх уведених критеріїв оптимальності  $Q_k(x)$  для  $k = 1, 2, \dots, s$  та керувальних змінних  $x$ . Заради врахування всіх взаємосуперечливих критеріїв та отримання відповідних керувальних змінних  $x$ , будемо використовувати векторний критерій  $Q(x) = [Q_1(x), \dots, Q_s(x)]$  для аналізу, що і є суттю розв'язання задачі векторного оптимального синтезу.

У межах цієї задачі вибиратимемо керувальні змінні  $x$  з окресленої зони визначення з метою забезпечення найкращої векторної характеристики  $Q(x)$  (цільової функції  $Q(x)$ ) СКІМСП. Задачу векторного синтезу може бути зведено до розв'язання екстремальної задачі з функцією багатьох змінних. Причому задача на відшукування мінімуму функції може легко бути перероблена на задачу знаходження її максимуму.

Отже, будемо шукати вектор керувальних змінних  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  для кожного з вибраних критеріїв  $Q_1(x), Q_2(x), \dots, Q_n(x)$ , забезпечуючи в такий спосіб мінімальне (або максимальне) значення векторного критерію:

$$Q_i = Q_i(x_1, x_2, \dots, x_n), i = 1, 2, \dots, n;$$

у разі виконання умов:

$$g_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, j = 1, 2, \dots, n,$$

де  $g_j$  — обмеження.

Для СКІМСП визначимо такі часткові критерії:  
 $Q_1(x)$  — функція, яка характеризує надійність роботи системи керування;

$Q_2(x)$  — функція, що характеризує затримку процесу керування в СКІМСП;

$Q_3(x)$  — функція, яка характеризує кількість інформації, що циркулює в СКІМСП для забезпечення визначеної множини послуг;

$Q_4(x)$  — функція, що характеризує вірогідність інформації, що передається;

$Q_5(x)$  — функція, що характеризує вартісні показники СКІМСП;

$Q_6(x)$  — функція, що характеризує показники живучості СКІМСП;

$Q_7(x)$  — функція, яка характеризує функціональну гнучкість СКІМСП, тобто здатність до модальності та оперативної зміни задач.

У разі розв'язування задачі оптимізації СКІМСП за якимось одним із перелічених критеріїв береться до уваги тільки один критерій. Значення інших

критеріїв беруться із визначеного діапазона допустимих значень.

З огляду на взаємосуперечливість визначених критеріїв якості СКІМСП однокритеріальне розв'язання задачі синтезу не є оптимальним.

Так, критерій  $Q_1$  — «надійність роботи системи керування» суперечить критерію  $Q_4$  — «вірогідність інформації, що передається». Максимальне врахування кожного з критеріїв  $Q_1 - Q_4$ , суперечить критерію  $Q_5$  — «вартісний показник СКІМСП».

Значимо, що векторний синтез СКІМСП не є оптимальним для кожного окремого з вибраних часткових критеріїв. Водночас він є компромісним вирішенням для цільової функції  $Q(x)$  загалом.

Оптимальність цільової функції  $Q(x)$  полягає також у тому, що не можна далі зменшувати (збільшувати) значення одного з часткових критеріїв, не збільшуючи (не зменшуючи) значення інших часткових критеріїв з множини вибраних.

Для визначення векторного критерію  $Q(x)$  потрібно перейти від задачі векторної оптимізації до задачі нелінійної оптимізації зі спеціально сформульованою цільовою функцією:

$$Q(x) = \Phi[Q_1(x), Q_2(x), \dots, Q_n(x)], i = 1, 2, \dots, n.$$

Цільову функцію  $Q(x)$  вважатимемо узагальненим критерієм у межах розв'язання задачі векторного синтезу СКІМСП, а процес її знаходження — об'єднанням векторного критерію оптимальності СКІМСП.

Існує кілька способів об'єднання часткових критеріїв СКІМСП для отримання інтегрального узагальненого критерію, що дасть можливість реалізувати глобальний синтез СКІМСП із врахуванням усіх вибраних часткових критеріїв системи.

### Висновки

Отже, у статті розглянуто метод багатокритеріальної оптимізації системи керування інфокомунікаційною мережею спеціального призначення. Описано зовнішні параметри СКІМСП, критичні за сучасних умов: кількість інформації, затримка, живучість, функціональна гнучкість, вірогідність та вартість. Наголошено про потребу в об'єднанні суперечливих критеріїв, зокрема кількості керувальної інформації, вірогідності, живучості, функціональної гнучкості, затримки та вартості. Показано перевагу використання багатокритеріальної оптимізації СКІМСП порівняно з однокритеріальною.

### Список використаної літератури

1. Івченко Р. А., Купін А. І. Дослідження методів багатокритеріальної оптимізації для вибору обладнання або деталей на виробництві // Інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація. 2021. №1. Т. 32 (71). Ч. 1. С. 67–71.

2. Беркман Л. Н. Производительность управляющих устройств // Труды 6-й Международной научно-технической конференции по телекоммуникациям НТК-Телеком-99, Одесса, 1999. 16 с.

3. Беркман Л. Н., Бондаренко В. Г., Стеклов В. К. Интеллектуальна мережа // Зв'язок. 1996. №2. С. 24–26.

4. Цифровая связь: справочник / И. П. Панфилов, В. К. Стеклов, М. Л. Бирюков и др.: под ред. д-ра техн. наук. В. К. Стеклова. Киев: Техника, 1992. 230 с.

5. Стеклов В. К., Беркман Л. Н. Системный подход оптимального проектирования интеллектуальной сети // Зв'язок. 1998. №4. С. 22–27.

O. V. Getmanets, A. G. Zakharzhevskiy

#### DETERMINATION OF OPTIMIZATION CRITERIA FOR A SPECIAL-PURPOSE INFOCOMMUNICATION NETWORK MANAGEMENT SYSTEM

*As of today, taking into account the realities of the war in the country and the prospects for the development of the special-purpose information communication network management system, it is possible to assert the presence of a stable trend of growth in the volume and improvement of the quality of telecommunication services provided. This leads to an increase in the quantity and quality of control information, which, in turn, leads to a disproportionate growth of the special purpose information communication network management system itself. The described trend determines the need to optimize the management system as part of a special purpose information and communication system. To solve this problem, it is necessary to define the optimization criteria for the management system of a special purpose information communication network.*

*The characteristic features of the special purpose information communication network management system given in the article allow it to be considered a "big system". For such a "big system" the question of its optimization becomes urgent. Optimization can be considered both the optimization of the control system design process itself and the optimization of the operation of the control system. The determined directions of optimization are dependent on each other. The designed special purpose information communication network management system will have quality indicators that depend on the quality of development, resources and time spent, that is, on the optimality of the design process. On the other hand, the resources and time spent on the design of the control system will significantly depend on the expected quality parameters of the system.*

*There are several ways to combine the partial criteria of the control system to obtain an integral generalized criterion, which will make it possible to implement a global synthesis of the control system taking into account all the selected partial criteria of the system.*

*Thus, the paper presents a method of multi-criteria optimization of the management system of a special purpose information communication network. The external parameters of the special purpose information communication network management system, which are critical in modern conditions, are described: the amount of information, delay, survivability, functional flexibility, reliability and cost. The need to combine conflicting criteria such as the amount of control information, reliability, survivability, functional flexibility, latency, and cost is emphasized. The advantage of using multi-criteria optimization of the special-purpose information communication network management system compared to single-criteria optimization is shown.*

**Keywords:** control system for a special-purpose infocommunication network; quality criteria; multicriteria optimization.