



АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ПРОЄКТНИХ ВАРІАНТІВ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Д. Чеботарьова, В. Безрук

Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

Відповідальний за рукопис: Дарія Чеботарьова (e-mail: dariia.chebotarova@nure.ua).

(Подано 8 листопада 2021)

Розглянуто проблему вибору оптимального проектного варіанта систем зв'язку з урахуванням на формалізованому рівні сукупності суперечливих вимог та сукупності показників якості. Запропоновано використовувати методи багатокритеріальної оптимізації для вибору оптимальних варіантів систем зв'язку: метод дискретного вибору за безумовним критерієм переваги та метод, оснований на теорії корисності. Подано методику вибору оптимального варіанта, розглянуто приклад розв'язання задачі вибору оптимального варіанта системи мобільного зв'язку на номінальному етапі планування мережі. Для розв'язання задач вибору оптимальних проектних варіантів методами багатокритеріальної оптимізації розроблено спеціальну програму, яка автоматизує процес розв'язання задачі вибору оптимальних рішень на основі використання методів багатокритеріальної оптимізації.

Ключові слова: *система зв'язку; багатокритеріальна оптимізація; показник якості.*
УДК 621.391

1. Вступ

У сучасних умовах розвитку інфокомунікацій зростають вимоги до якості та термінів проектування систем зв'язку. Ці вимоги можна задовольнити, застосовуючи методи оптимізації та автоматизованого проектування систем зв'язку [1–5]. Автоматизоване проектування систем зв'язку в наш час дуже поширене й активно використовується в усіх сучасних інфокомунікаційних системах під час виконання проектних процедур на етапах схмотехнічного, конструкторського та технологічного проектування.

Виклики сучасного світу інфокомунікацій спонукають до пошуку нових наукоємних технологій оптимізації та управління під час розв'язання задач планування та проектування інфокомунікаційних мереж [2]. Розвиток нових інформаційних технологій у проектуванні систем зв'язку потребує оперативного та обґрунтованого прийняття оптимальних проектних рішень, основу яких становить теорія багатокритеріальної оптимізації та ймовірнісного моделювання систем [1–5]. Такий напрям проектування передбачає розроблення та програмну реалізацію методів багатокритеріальної оптимізації систем зв'язку з метою вибору оптимальних проектних варіантів систем за векторним критерієм оптимальності. Саме тому питання щодо використання методів багатокритеріальної оптимізації під час проектування систем зв'язку є актуальними.

У статті викладено математичні методи та описано програмну реалізацію багатокритеріальної оптимізації проектних рішень з урахуванням сукупності показників якості. Наведено приклад, що ілюструє особливості вибору оптимальних проектних варіантів систем мобільного зв'язку.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Системи зв'язку є компонентами глобальної інформаційної інфраструктури, яка нині динамічно розвивається. Під час планування та проєктування систем зв'язку актуальним завданням є їхня оптимізація. Актуальність постійно зростає через стрімке підвищення вимог до показників якості систем зв'язку, збільшення кількості абонентів, упровадження нових інформаційних послуг тощо. Завдання оптимізації таких мереж є багатокритеріальним, погано формалізованим і дуже складним через їх велику розмірність. Тому вирішення складних завдань проєктування неможливе без використання сучасних математичних методів багатокритеріальної оптимізації та відповідних програмних засобів під час планування систем зв'язку [6, 7].

Аналіз досліджень у галузі планування систем зв'язку показав, що ці завдання не ставили та не вирішували як багатокритеріальні оптимізаційні задачі зі строгим урахуванням сукупності показників якості [3, 6, 7], тому отримані проєктні варіанти не були оптимальними за сукупністю показників якості, що спричиняло необхідність подальшого перепланування за результатами моніторингу. Саме тому доцільно використовувати методи багатокритеріальної оптимізації під час планування систем зв'язку з метою вибору оптимальних проєктних варіантів [3].

Дослідженням застосування методів багатокритеріальної оптимізації в різних галузях, зокрема і в інженерії [8], займаються багато вчених. Останнім часом багатокритеріальна оптимізація зацікавила також фахівців інфокомунікаційної галузі [9–13]. Методи багатокритеріальної оптимізації пропонують використовувати для створення нових систем зв'язку, модернізації вже наявних, експлуатації систем, управління роботою елементів системи та під час надання інфокомунікаційних послуг. В роботі [9] запропоновано використовувати методи двоетапної багатокритеріальної оптимізації для вибору місць оптимального розташування послуг у периферійних мікромарах децентралізованої мережі. В роботі [10] запропоновано використання багатокритеріальної оптимізації каналів відстеження телекомунікаційного приймача базової смуги GPS. Результати цього дослідження свідчать, що багатокритеріальна оптимізація є надійною стратегією для пошуку компромісу між параметрами конструкції GPS і забезпеченням динамічного планування споживання електроенергії. В роботі [11] багатокритеріальну оптимізацію застосовано для інтелектуального управління та контролю в комп'ютерних мережах. Сьогодні використовують також генетичні алгоритми багатокритеріальної оптимізації під час розв'язання оптимізаційних задач у галузі зв'язку. Наприклад, у [12] запропонована багатокритеріальна оптимізаційна модель проєкту інфокомунікаційної мережі із суперечливими цілями щодо вартості, потоку та надійності на основі використання генетичних алгоритмів, а в [13] – модель пошуку маршрутів за кількома критеріями у бездротових децентралізованих мережах із використанням генетичних алгоритмів.

У статті розглянуто особливості методів багатокритеріальної оптимізації, що можна використовувати для розв'язання різних типів задач оптимізації проєктних рішень у системах зв'язку з урахуванням сукупності показників якості, а саме застосування безумовного критерію переваги для отримання підмножини парето-оптимальних рішень на множині допустимих варіантів та умовного критерію переваги для звуження підмножини Парето до єдиного переважного проєктного варіанта.

3. Методологія вибору оптимальних проєктних варіантів з урахуванням сукупності показників якості

Завдання прийняття оптимальних проєктних рішень полягає у виборі серед множини допустимих варіантів найкращих у заздалегідь зазначеному сенсі. Вибір проєктних варіантів виконує особа, що приймає рішення, яка має цілком певну мету. Кожен проєктний варіант характеризується певним ступенем досягнення мети. Відповідно до цього особа, що приймає рішення, має своє уявлення про переваги і недоліки проєктних варіантів, на підставі якого одному варіанту надається перевага над іншим. Оптимальним варіантом є той, що з погляду особи, яка приймає рішення, є кращим за інші альтернативні варіанти.

Методологія багатокритеріального вибору варіантів системи, оптимальних за сукупністю показників якості, повинна містити такі етапи: формування множини допустимих варіантів системи, вибір сукупності показників якості, визначення критерію оптимальності системи, пошук парето-оптимальних варіантів та звуження підмножини Парето до єдиного (оптимального) варіанта системи за додатковим критерієм.

Формування множини допустимих варіантів системи запропоновано виконувати на основі морфологічного підходу [3] з урахуванням того, що кожен варіант системи $\phi = (s, \vec{\beta})$ визначається структурою S (сукупністю елементів і зв'язків між ними) та вектором параметрів $\vec{\beta}$. Обмеження, задані на умови роботи, структуру, параметри, визначають множину допустимих проєктних варіантів Φ_{δ} .

Вибір сукупності показників якості системи – одна із найскладніших і найвідповідальніших задач. Система зв'язку характеризується сукупністю показників якості k_1, k_2, \dots, k_m . Показником якості системи зв'язку є така числова характеристика (параметр) системи, яка пов'язана з її якістю строго монотонною залежністю – чим більше (або менше) значення показника, тим краща система за інших рівних умов. Якщо зі зміною параметра якість системи не змінюється або з будь-яких причин не вдається встановити характер залежності якості системи від значень параметра, то цей параметр не належить до класу показників якості та використовувати його в багатокритеріальній оптимізації системи не можна. Оскільки якість системи характеризується не одним показником якості, а деякою сукупністю показників, то практично завжди виникає суперечність, коли деякі з показників можуть бути кращими у одному варіанті системи, а інші показники – в іншому варіанті системи. У таких випадках вибір оптимального варіанта системи є надскладним завданням, оскільки більшість показників якості системи взаємопов'язані й антагоністичні, тобто поліпшення одних показників якості призводить до погіршення інших. Вибрати оптимальний варіант побудови системи у разі значної кількості показників якості складно, тому на практиці спочатку враховують найважливіші показники, а далі за потреби кількість цих показників збільшують.

Задання критерію оптимальності для вибору оптимального варіанта на множині допустимих проєктних рішень мережі пов'язано з формалізацією уявлень замовника системи або особи, що приймає рішення, про оптимальність системи. Через недостатню визначеність уявлень замовника про оптимальність системи спочатку не вдається у формалізованому вигляді задати скалярний критерій оптимальності. Тому на початкових етапах систему характеризують сукупністю показників якості. При цьому для вибору оптимальних проєктних рішень необхідно застосовувати методи багатокритеріальної оптимізації. Спочатку доцільно використовувати ординалістичний підхід для вибору оптимальних проєктних рішень за безумовним критерієм переваги, що ґрунтується на введенні бінарних відношень переваги між проєктними рішеннями. Зокрема, у разі введення відношення строгої переваги \succ на множині Φ_{δ} знаходять підмножину парето-оптимальних проєктних варіантів. Потім використовується кардиналістичний підхід, оснований на введенні умовного критерію переваги, який дає можливість звужити підмножину Парето до єдиного переважного варіанта системи.

Знайти парето-оптимальні проєктні варіанти можна як безпосередньо на множині допустимих варіантів Φ_{δ} із застосуванням введених бінарних відношень переваги, так і у критеріальному просторі оцінок вектора показників якості [3, 14, 15]. При цьому кожен варіант системи ϕ відображається із множини Φ_{δ} у критеріальний простір $V \in R^m$. Оптимальним варіантам системи за безумовним критерієм переваги у критеріальному просторі відповідає підмножина парето-оптимальних оцінок $P(V) = \text{opt}_{\geq} V$. Ці оцінки відповідають варіантам системи, що не домінують за відношенням \succ . Варіант системи ϕ^o входить у підмножину парето-оптимальних рішень (відповідних їм парето-оптимальних оцінок $\vec{k}(\phi^o) \in P(V)$), якщо на множині допустимих варіантів Φ_{δ} не

існують інші варіанти системи ϕ , для яких виконується векторна нерівність $\vec{k}(\phi) \geq \vec{k}(\phi^o)$. Інші варіанти системи є безумовно гіршими. Під час пошуку парето-оптимальних проектних варіантів також оцінюють багатовимірні потенціальні характеристики системи, що визначають потенційно найкращі значення кожного із показників якості за фіксованих значень інших показників якості. Окрім того, отримують багатовимірні діаграми обміну показників якості, що показують, як потенційні значення одних показників залежать від значень інших показників якості. Для вибору парето-оптимальних варіантів систем можна застосовувати різні методи: метод дискретного вибору, ваговий метод, метод робочих характеристик, метод послідовних поступок тощо [3, 14, 15].

У роботі запропоновано використовувати метод дискретного вибору за безумовним критерієм переваги. В такому випадку оптимуму за критерієм Парето в критеріальному просторі відповідає підмножина парето-оптимальних оцінок, які відповідають проектним варіантам, що не домінують

$$P(Y) = \text{opt}_{\geq} Y = \{ \vec{k}(\phi^o) \in Y : \exists \vec{k}(\phi) \in Y : \vec{k}(\phi) \geq \vec{k}(\phi^o) \}. \quad (1)$$

Знаходячи підмножини парето-оптимальних оцінок, згідно із (1), вилучають безумовно гірші оцінки, а отже, і відповідні їм безумовно гірші варіанти системи.

Звуження підмножини Парето до єдиного проектного варіанта системи необхідне, коли для подальшого проектування потрібно вибрати єдиний варіант. З метою вибору єдиного переважного варіанта системи серед парето-оптимальних виникає потреба залучення додаткової інформації про відношення переваги, що з'являється у результаті всебічного аналізу парето-оптимальних варіантів мережі (їх структури, параметрів, багатовимірних робочих характеристик, багатовимірних діаграм обміну, відносної важливості введених показників якості системи тощо). Отримана при цьому додаткова інформація про переваги використовується для формування умовного критерію переваги, оснований, зокрема, на введенні деякої скалярної цільової функції, оптимізація якої приводить до вибору єдиного варіанта системи. Для звуження множини парето-оптимальних рішень можуть використовуватися різні підходи та методи, зокрема, основані на теорії корисності, теорії нечітких множин, лексикографічному порівнянні тощо [3, 15].

У роботі для вибору єдиного переважного варіанта системи запропоновано використовувати методи на основі теорії цінності та теорії лексикографічних відношень. Застосовуючи метод на основі теорії корисності, вибирають скалярну цільову функцію у вигляді адитивної, мультиплікативної, полілінійної функції корисності. На практиці часто використовується скалярна функція корисності у вигляді

$$F(k_1, k_2, \dots, k_m) = \sum_{j=1}^m c_j k_j, \quad (2)$$

де c_j – коефіцієнти відносної важливості показників якості; k_j – значення оцінок показників якості у стандартному вигляді.

Використовуючи лексикографічний метод для вибору єдиного проектного варіанта із підмножини Парето, весь набір показників якості k_1, k_2, \dots, k_m необхідно строго впорядкувати за важливістю і під час порівняння проектних варіантів використовувати лексикографічне відношення $\vec{k}' \text{ lex } \vec{k}''$ для відповідних оцінок показників якості варіантів системи ϕ' і ϕ'' . Це означає, що з пари оцінок показників якості (і відповідних їм проектних варіантів) переважною є та оцінка, у якій перша компонента вектора \vec{k}' (оцінка показника якості k_1) краща, незалежно від співвідношень між іншими компонентами вектора оцінок. Коли перші компоненти двох оцінок однакові, то переважна та оцінка (і відповідний проектний варіант), що має краще значення другої компоненти, і т.д.:

$$\vec{k}'_1 < \vec{k}''_1; \quad \vec{k}'_1 = \vec{k}''_1, \vec{k}'_2 < \vec{k}''_2; \quad \dots \quad \vec{k}'_j = \vec{k}''_j, j = 1, 2, \dots, m-1, \vec{k}'_m < \vec{k}''_m. \quad (3)$$

У визначенні лексикографічних відношень важливу роль відіграє послідовність ранжування (пріоритетність) показників якості.

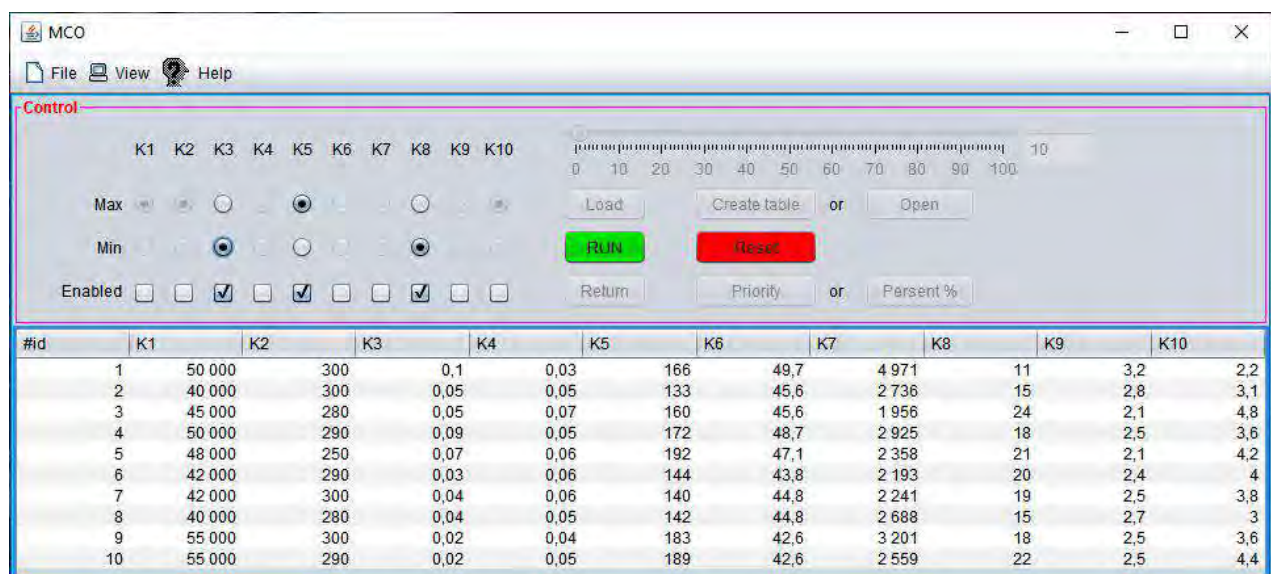
4. Програмна реалізація

Для автоматизації процесу вибору оптимальних проектних варіантів систем на основі теорії багатокритеріальної оптимізації розроблено програму MCO (Multiple Criteria Optimization), інтерфейс якої наведено на рис. 1.

Програма MCO реалізована на мові Java. Використовуючи цю програму, можна порівнювати до 100 різних проектних варіантів, враховуючи до десяти показників якості. Програма дає змогу зберігати внесені дані та відкривати збережені дані для подальшої роботи з ними.

За допомогою програми MCO можна вирішити такі завдання:

- формування множини допустимих варіантів системи (визначення кількості варіантів системи та введення числових значень основних параметрів системи);
- вибір показників якості серед заданих параметрів системи та визначення, як кожен параметр покращує систему (мінімізацією чи максимізацією);
- нормування і зведення показників якості до стандартного вигляду (нормування до максимального значення та за потребою інвертування);
- вибір підмножини парето-оптимальних варіантів систем із використанням методу дискретного вибору за безумовним критерієм переваги;
- вибір методу звуження підмножини Парето до єдиного переважного варіанта системи з використанням умовних критеріїв переваги (метод на основі функції цінності або лексикографічний метод) та визначення оптимального варіанта.



The screenshot shows the MCO software interface. At the top, there is a menu bar with 'File', 'View', and 'Help'. Below it is a control panel with a progress bar from 0 to 100. The control panel includes radio buttons for 'Max' and 'Min', checkboxes for 'Enabled' for parameters K1 through K10, and buttons for 'Load', 'Create table', 'Open', 'RUN', 'Reset', 'Return', 'Priority', and 'Percent %'. Below the control panel is a table with 11 columns: '#d', 'K1', 'K2', 'K3', 'K4', 'K5', 'K6', 'K7', 'K8', 'K9', and 'K10'. The table contains 10 rows of data.

#d	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
1	50 000	300	0,1	0,03	166	49,7	4 971	11	3,2	2,2
2	40 000	300	0,05	0,05	133	45,6	2 736	15	2,8	3,1
3	45 000	280	0,05	0,07	160	45,6	1 956	24	2,1	4,8
4	50 000	290	0,09	0,05	172	48,7	2 925	18	2,5	3,6
5	48 000	250	0,07	0,06	192	47,1	2 358	21	2,1	4,2
6	42 000	290	0,03	0,06	144	43,8	2 193	20	2,4	4
7	42 000	300	0,04	0,06	140	44,8	2 241	19	2,5	3,8
8	40 000	280	0,04	0,05	142	44,8	2 688	15	2,7	3
9	55 000	300	0,02	0,04	183	42,6	3 201	18	2,5	3,6
10	55 000	290	0,02	0,05	189	42,6	2 559	22	2,5	4,4

Рис. 1. Інтерфейс програми MCO

Автоматизація розв'язання задач вибору оптимальних проектних варіантів систем зв'язку методами багатокритеріальної оптимізації доцільна, оскільки за наявності значної кількості допустимих варіантів системи розрахунок у ручному режимі займає багато часу і не виключає помилок. У результаті можливе отримання некоректного варіанта, що не є оптимальним.

5. Приклад багатокритеріального вибору оптимального варіанта системи мобільного зв'язку

У прикладі розглянуто практичні особливості застосування методології багатокритеріальної оптимізації на етапі номінального планування систем мобільного зв'язку. Сформовано множини із десяти допустимих варіантів побудови стільникових мереж мобільного зв'язку (СМЗ) стандарту UMTS, які визначалися такими вихідними даними: очікувана кількість абонентів у мережі, розміри

обслуговуваної території, передбачувана активність абонентів, допустима ймовірність блокування виклику. Розраховано такі параметри мережі: щільність обслуговуваних абонентів, величина допустимого телефонного навантаження в одному секторі одного стільника, кількість абонентів, що обслуговуються однією базовою станцією, кількість базових станцій у мережі, радіус стільника, ефективність використання радіочастотного спектра. Під час проведення оптимізації СМЗ всі ці параметри тією чи іншою мірою характеризують якість мережі. У результаті розрахунків сформовано множину допустимих варіантів СМЗ.

Розглянуто приклад номінального планування СМЗ (рис. 1), у якому вибрано три показники якості, які характеризують ймовірність блокування (k_3), щільність обслуговуваних абонентів (k_5) і необхідну кількість базових станцій у мережі (k_8). Для кожного проектного варіанта СМЗ знайдено оцінки значень вказаних показників якості, виконано їх нормування до максимальних значень і зведення їх до порівняльного вигляду. Знаходження підмножини оптимальних варіантів СММЗ виконано в критеріальному просторі оцінок вектора введених показників якості $\vec{k} = (k_3, k_5, k_8)$.

Вибір підмножини парето-оптимальних проектних варіантів і виключення безумовно гірших варіантів мереж також виконано з використанням програми МСО. Варіант СМЗ вводили в множину Парето, якщо на множині допустимих варіантів були відсутні інші варіанти системи, які домінували за критерієм Парето. В результаті вибору підмножина парето-оптимальних варіантів містить п'ять варіантів побудови СМЗ: № 1, 5, 8, 9 та 10. Решта п'ять варіантів системи є безумовно гіршими і були вилучені з подальшого розгляду.

Для вибору єдиного переважного проектного варіанта із підмножини парето-оптимальних використано метод, оснований на лексикографічному підході. Спочатку весь набір показників якості був впорядкований у послідовності важливості. Найважливішим визначено показник k_3 , далі k_8 і найменш важливим – k_5 . Єдиним кращим варіантом виявився варіант СМЗ № 9 (рис. 3).

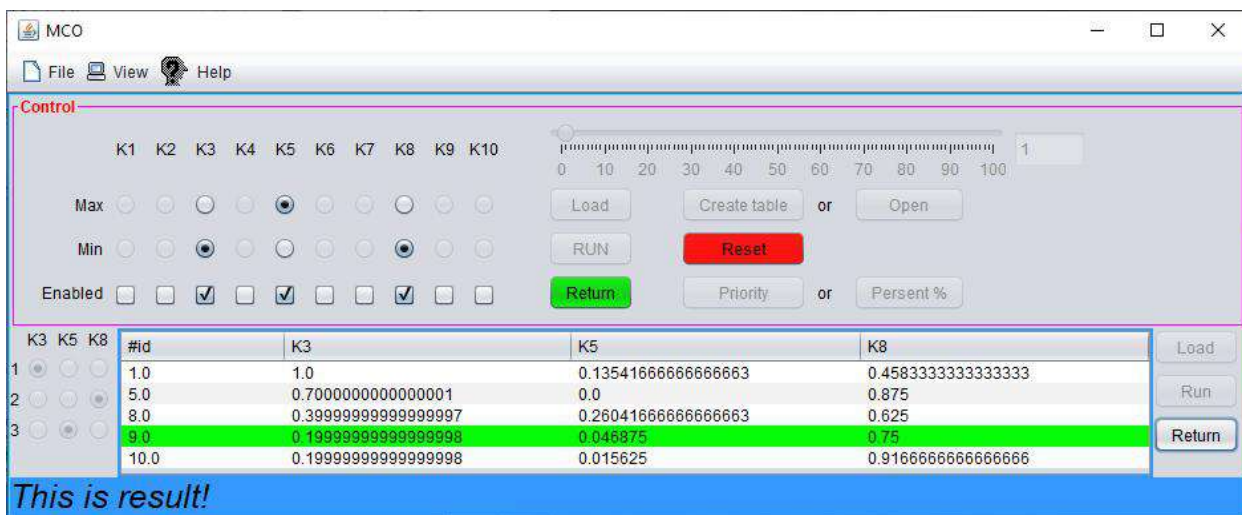


Рис. 2. Вибір оптимального варіанта СМЗ

Отриманий єдиний (оптимальний) варіант характеризується допустимою ймовірністю блокування ($P_{\text{бл}} = 0,02$), доволі високою щільністю обслуговуваних абонентів ($N_a/S_0 = 183$ аб./км²) і порівняно невеликою кількістю базових станцій ($N_{\text{BTS}} = 18$).

Висновки

Проаналізовано дослідження проблеми застосування методів багатокритеріальної оптимізації в галузі інфокомунікацій, що підтвердило актуальність цієї роботи. Розглянуто особливості

методології багатокритеріальної оптимізації систем з урахуванням сукупності показників якості, яку можна використовувати під час вирішення завдань проєктування систем зв'язку. Виконано автоматизацію вибору оптимальних проєктних варіантів систем на основі теорії багатокритеріальної оптимізації – розроблено програму, за допомогою якої можна виконувати дискретний вибір оптимальних варіантів з урахуванням сукупності показників якості із застосуванням безумовного критерію переваги для отримання підмножини парето-оптимальних рішень на множині допустимих варіантів та умовного критерію переваги для звуження підмножини Парето до єдиного переважного проєктного варіанта.

Наведено приклад розв'язання оптимізаційної задачі проєктування стільникової мережі зв'язку, що ілюструє практичні особливості виконання усіх етапів вибору оптимальних проєктних варіантів з урахуванням сукупності показників якості: сформовано множину допустимих проєктних варіантів, вибрано сукупність показників якості, для кожного варіанта знайдено оцінки показників якості та у критеріальному просторі оцінок виділено підмножину парето-оптимальних проєктних варіантів мережі, серед яких вибрано єдиний проєктний варіант.

Список використаних джерел

- [1] Bezruk, V. M. (2002), *Vektorna optymizatsiia ta statystychni modeliuvannia v avtomatyzovanomu proektuvanni system zviazku*, KhNURE, Kharkiv, 164.
- [2] Bezruk V. M., Hloba L. S. and Stryzhak O. Ye. (Ed.) (2019), *Naukoiemni tekhnologii optymizatsii ta keruvannia v infokomunikatsiinykh merezhakh: monohrafiia*, Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy, Kyiv, 194.
- [3] Chebotarova, D. V. and Bezruk, V. M. (2013). *Mnookriterialnaia optymizatsiia proektnykh reshenii pri planirovanii sotovykh setei mobilnoi sviazi*, Kharkov: Kompaniia SMIT, 147.
- [4] Bezruk, V. M., Bukhanko, O. M., and Chebotarova, D. V. (2014), *Optymizatsiia ta matematychni modeliuvannia merezh zviazku: Navchalnyi posibnyk*, Kharkiv: Kompaniia SMIT, 192.
- [5] Bezruk, V. M., Chebotarova, D. V. and Skoryk, Yu. V. (2017), *Mnookriterialnyi analiz i vybor sredstv telekommunikatsii*, Kharkov: FOP Koriak SF, 267.
- [6] Mishra, A. R. (Ed.) (2007), *Advanced cellular network planning and optimisation: 2G/2.5 G/3G... evolution to 4G*, John Wiley & Sons, 542.
- [7] Laiho, J., Wacker, A. and Novosad, T. (Eds.) (2006), *Radio network planning and optimisation for UMTS*, John Wiley & Sons, 664.
- [8] Marler, R. T. and Arora, J. S. (2004), *Survey of multi-objective optimization methods for engineering, Structural and multidisciplinary optimization*, Vol. 26(6), pp. 369–395.
- [9] Panadero, J., Selimi, M., Calvet, L., Marquès, J.M. and Freitag, F. (2021), “A two-stage Multi-Criteria Optimization method for service placement in decentralized edge micro-clouds”, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 121, pp. 90–105.
- [10] Jumaah, F. M., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Bahbib, R., Qahtan, M. Y. and Sali, A. (2018), “Technique for order performance by similarity to ideal solution for solving complex situations in multi-criteria optimization of the tracking channels of GPS baseband telecommunication receivers”, *Telecommunication Systems*, Vol. 68(3), pp. 425–443.
- [11] Benmamar, B. (2021), *Intelligent Network Management and Control: Intelligent Security, Multi-criteria Optimization, Cloud Computing, Internet of Vehicles, Intelligent Radio*. John Wiley & Sons.
- [12] Dehghani, M., Vahdat, V., Amiri, M., Rabiei, E. and Salehi, S. (2019), “A multi-objective optimization model for a reliable generalized flow network design”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 138.
- [13] Gunantara, N. and Dharma, A. (2017), “Optimal Path Pair Routes through Multi-Criteria Weights in Ad Hoc Network Using Genetic Algorithm”, *International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS)*, Vol. 9, No. 1, April 2017, pp. 88–94.
- [14] Podinovskii, V. V. and Nohin, V. D. (2007), *Parieto-optimalnye resheniia mnookriterialnykh zadach*, Moskva: Fizmatlit, 256.
- [15] Nohin, V. D. (2004), *Priniatiie reshenii v mnookriterialnoi sriedie. Kolichiestviennyi podkhod*, Moskva: Fizmatlit, 176.

AUTOMATION OF SELECTION OF OPTIMAL DESIGN VARIANTS OF COMMUNICATION SYSTEMS ON THE BASIS OF METHODS OF MULTICRITERIA OPTIMIZATION

D. Chebotarova, V. Bezruk

Kharkiv National University of Radio Electronics, 14 ,Nauky Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine

This paper is devoted to the problem of choosing the optimal design variant of communication systems, taking into account at a formalized level a set of conflicting requirements and a set of quality indicators. The article proposes to use the methods of multicriteria optimization to select the best options for communication systems: the method of discrete selection by the unconditional criterion of preference and the method based on the theory of utility. The method of choosing the optimal variant is presented, the example of solving the problem of choosing the optimal variant of the mobile communication system at the nominal stage of network planning is considered. To solve the problem of choosing the best design options by multicriteria optimization methods, a special program has been developed that automates the process of solving the problem of choosing the optimal solutions based on the use of multicriteria optimization methods.

Key words: *communication system; multicriteria optimization; quality index.*