

УДК 681.3.06

Безклубенко Ірина СергіївнаКандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, *orcid.org/0000-0002-9149-4178*

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ЗАВДАННЯ ВЕКТОРА ПЕРЕВАГИ КРИТЕРІЇВ
ПРИ ВИБОРІ ВАРІАНТА ПРОЕКТУ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕРЕЖІ**

***Анотація.** Розглянуто задачу вибору проекту інженерної мережі, що розвивається. Побудовано математичну модель інженерної мережі, яка ще на стадії проектування дозволяє врахувати можливість розширення або реконструкції системи у випадку приєднання нових споживачів цільового продукту. Вона являє собою двокритеріальну задачу блочного програмування із сепарабельними критеріальними функціями. У запропонованій математичній моделі перший критерій відображає потребу мінімізації фінансових витрат на будівництво і експлуатацію мережі, з метою забезпечення поставлених в час проектування потреб в цільовому продукті. Другий критерій відображає потребу мінімізації фінансових витрат на перспективний розвиток системи в майбутньому від досягнутого рівня, за умови, що вектор напрямку розвитку системи відомий до початку проектування інженерної мережі. Запропоновано вектор переваги критеріїв, який дозволяє врахувати нерівноцінність обох вартісних критеріїв у побудованій математичній моделі і дає можливість порівнювати критерії різного порядку. Введено лінійне перетворення критеріїв, яке дозволяє їх нормалізувати. Запропонований вектор переваги критеріїв, разом з лінійними перетвореннями критеріїв, дає можливість двокритеріальну оптимізаційну задачу вибору проекту інженерної мережі, що розвивається, замінити однокритеріальною задачею математичного програмування, не змінюючи множини розв'язків задачі.*

***Ключові слова:** інженерна мережа; двокритеріальна оптимізація; вектор переваги критеріїв*

Актуальність теми

Неперервне збільшення числа споживачів і збільшення їх параметрів призводить до неперервного росту вимог до інженерних мереж і відповідно до змінення критеріїв їх функціонування, тому виникає необхідність розширення або реконструкції мережі. У зв'язку з цим важливого значення набуває задача проектування мережі, яка б забезпечила всіх споживачів цільовим продуктом в необхідній кількості і відповідної якості при мінімальному значенні деякого критерію, записаного у вартісному, енергетичному або надійністному виразі.

Мета статті

Мета статті – для бажаних значень критеріїв визначити вектор переваги критеріїв, який дозволить знайти розв'язок двокритеріальної задачі оптимізації при розв'язку однокритеріальної задачі оптимізації поточкорозподілу інженерної мережі, що розвивається.

Робота є розвиненням думок, що викладено в статті [4], де була побудована математична модель інженерної мережі, яка базується на двох вартісних критеріях.

**Виклад основного матеріалу
дослідження**

При проектуванні інженерної мережі указані бажані значення векторів послідовних змінних

$$q^* = (q_j^*)_{j \in N}, \quad q^{**} = (q_j^{**})_{j \in N},$$

де q^* – визначає бажані в момент проектування значення послідовних змінних; q^{**} – визначає їх значення бажані в перспективі.

Задана пара векторів q^* і q^{**} задає напрямок розвитку інженерної мережі, якому відповідає вектор $e = q^{**} - q^*$. Завдання векторів послідовних змінних q^* і q^{**} , не є складним і відоме до початку проектування. Це дає можливість побудувати оптимізаційну задачу вибору проекту інженерної мережі, що розвивається, яка являє собою двокритеріальну задачу блочного програмування з сепарабельними критеріальними функціями:

$$y = \sum_{j \in N^{(H)}} A_{1j} \overline{D_j^n} + \sum_{j \in N^{(A)}} B_{1j} \frac{I}{D_{jm}} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$z = \sum_{j \in N(H)} A_{1j} \overline{D_j^n} + \sum_{j \in N(a)} B_{3j} \overline{D_j^m} - \psi \sum_{j \in N(a)} A_{1j} \overline{D_j^m} \rightarrow \min \quad (2)$$

при обмеженнях

$$\overline{Bh} = 0; \overline{Bh} = 0 \quad (3)$$

$$\overline{h} = B_{2j} \frac{1}{D_{jm}}, j \in N \quad (4)$$

$$\overline{h} = B_{4j} \frac{1}{D_{jm}}, j \in N \quad (5)$$

$$\overline{D_j} \in \left\{ \overline{D_j^1}, \dots, \overline{D_j^K} \right\}, j \in N \quad (6)$$

$$\overline{D_j} \in \left\{ \overline{D_j^1}, \dots, \overline{D_j^K} \right\}, j \in N \quad (7)$$

У побудованій математичній моделі критерій (1) відображає потребу мінімізації фінансових витрат на будівництво та експлуатацію системи з метою забезпечення поставлених під час проектування потреб в цільовому продукті. Критерій (2) відображає потребу на перспективний розвиток системи в майбутньому від досягнутого рівня. Обмеження (3) – (7) записані на основі аналогів законів Кірхгофа для інженерних мереж з урахуванням зв'язку послідовних і паралельних змінних.

Задача полягає у виборі таких значень векторів $\overline{h} = \left(\overline{h_j} \right)_{j \in N}$, $\overline{h} = \left(\overline{h_j} \right)_{j \in N}$ однозначно за відповідними рівностями (4); (5), що визначають діаметри $\overline{D_j}, \overline{D_j}, j \in N$, ділянок мережі, що розвивається, які оптимізують критерій (1); (2).

Але, як правило, розв'язок двокритеріальної задачі пов'язано з серйозними труднощами, такими як протиріччя критеріїв і їх різна важливість [1; 2]. Це призводить до необхідності розглядання таких проблем:

- нормалізація критеріїв, тобто введення кількісних величин, що дозволить порівнювати критерії різного порядку;
- врахування нерівноцінності критеріїв;
- побудова процедури пошуку розв'язку.

Нормалізацію критеріїв можна ввести за допомогою деякого перетворення критеріїв $W(y), W(z)$, яке має задовольняти такі вимоги:

- зберігати на множині змінних задачі порядок, що задається критеріями (1), (2);
- звести всі критерії до одного порядку значень;
- не змінювати множини розв'язків задачі.

Щоб задовольняти вказаним вимогам перетворення $W(y), W(z)$ має бути монотонною функцією від y, z . В якості такого перетворення можна вибрати векторну функцію відносних витрат:

$$W(y) = \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}}, \quad W(z) = \frac{z - z_{\min}}{z_{\max} - z_{\min}}, \quad (8)$$

де y_{\max} і y_{\min} , z_{\max} і z_{\min} – відповідно мінімум і максимум відповідного критерію (1), (2) при обмеженнях (3).

Очевидно, що перетворення (8) задовольняє всім наведеним вимогам і приймає значення з інтервалу [0,1].

Нерівноцінність критеріїв (1), (2) задається в кількісній шкалі за допомогою вагових коефіцієнтів ζ, η .

$\zeta \in (0,1), \eta \in (0,1), \zeta + \eta = 1$, які визначають перевагу як на множині критеріїв (1), (2), так і на множині перетворених критеріїв:

$$W = \{W(y), W(z)\}.$$

При заданому векторі переваги критеріїв (ζ, η) і вибраному лінійному перетворенні критеріїв задача (1)-(7) зводиться до однокритеріальної задачі сепарабельного математичного програмування, яка може бути узагальнена так:

$$\min x \quad (9)$$

при обмеженнях

$$f_1(\overline{h}) + f_2(\overline{h}) + \alpha x \leq y_{\min} \quad (10)$$

$$f_3(\overline{h}) + \beta x \leq z_{\min} \quad (11)$$

$$\overline{Bh} = 0, \overline{Bh} = 0 \quad (12)$$

$$\overline{h} \in H, \overline{h} \in H \quad (13)$$

$$x \in [0,1] \quad (14)$$

де сепарабельні функції

$$f_1(\overline{h}) = \sum_{j \in N(H)} \frac{\beta_{1j}}{\overline{h_j}},$$

$$f_2(\overline{h}) = \sum_{j \in N(H)} \frac{\beta_{2j}}{\overline{h_j}} + \sum_{j \in N(a)} \beta_{3j} \overline{h_j},$$

$$f_3(\bar{h}) = \sum_{j \in N(H)} \frac{\alpha_1 j}{\bar{h}_j} + \sum_{j \in N(a)} \alpha_2 j \bar{h}_j,$$

а залежні від вектора переваги критеріїв (ζ, η) коефіцієнти

$$\alpha = -\frac{y^{\max} - y^{\min}}{\zeta} < 0,$$

$$\beta = -\frac{z^{\max} - z^{\min}}{\eta} < 0. \quad (15)$$

Множини H, H являють собою гіперпаралелепіпеди векторів значень змінних, відповідно \bar{h}, h і мають вигляд:

$$\bar{H} = \prod_{j \in N} [\bar{h}_j(H), \bar{h}_j(b)],$$

$$\underline{H} = \prod_{j \in N} [\underline{h}_j(H), \underline{h}_j(b)].$$

Задача (9) – (14) розв'язується відповідними методами, наприклад методами «ранжування» і

«приписування балів». Але треба зауважити, що вибір єдиного розв'язку істотно залежить від евристичних процедур для визначення в умовах (15) вагомих коефіцієнтів, особами, які приймають рішення при виборі варіанта проектування мережі, що розвивається.

Висновки

Розглянута двокритеріальна математична модель інженерної мережі, що розвивається. Один із критеріїв відображає потребу мінімізації фінансових витрат на будівництво і експлуатацію систем з метою забезпечення поставлених під час проектування потреб в цільовому продукті.

Другий критерій відображає потребу на перспективний розвиток системи в майбутньому від досягнутого рівня. Сформульовано властивості вектора переваги критеріїв. Запропоновано вектор переваги критеріїв, який дозволяє звести двокритеріальну задачу до однокритеріальної задачі математичного програмування із заданими сепарабельними функціями.

Список літератури

1. Михалевиц В.С., Волкович В.Л. *Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем.* – М.: Наука, 1982. – 286с.
2. Михайленко В.М. *Застосування функціонально-динамічних схем для моделювання інженерної мережі водопостачання міста* / В.М. Михайленко, А.П. Антілогов, Ю.В. Кошарна // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки.* – 2007. – №27. – С. 8-13.
3. Евдокимов А.Т. *Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях* / А.Т. Евдокимов, А.Д. Тевяшев, В.В. Дубровский. – М.: Стройиздат 1990. – 368с.
4. Безклубенко І.С. *До питання вибору оптимального варіанта інженерної мережі* / 4-а Міжнародна науково-практична конференція «Математика в сучасному університеті». – К.: НТУКПІ, 2015. – С. 19.
5. Безклубенко І.С. *Завдання вектора напрямку розвитку інженерної мережі* / О.І. Баліна. // *Тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Математика в сучасному університеті».* – К.: НТУКПІ, грудень 2016р.
6. Безклубенко І.С., Лесько В.І. *Принципи системного підходу – як основа розробки САПР інженерних мереж.* – Збірник «Містобудування і територіальне планування». – Випуск 62, ч.1, 2016р. – С. 56-58.
7. Кулик Ю.В. *Оптимизация проектируемых трубопроводных систем: Учебное пособие* / Ю.В. Кулик. – К.: УМКВО, 1991. – 152 с.
8. Храменков С.В. *Стратегия модернизации водопроводной сети* / С.В. Храменков. – М.: Стройиздат 2005.
9. Евдокимов А.Г. *Оптимальные задачи на инженерных сетях.* – Х.: Выща школа, 1976.
10. Хедли Дж. *Нелинейное и динамическое программирование.* – М.: Мир, 1967.

Стаття надійшла до редколегії 06.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Михайленко, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Безклубенко Ирина Сергеевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, orcid.org/0000-0002-9149-4178
 Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ЗАДАЧИ ВЕКТОРА ПРЕДПОЧТЕНИЙ КРИТЕРИЕВ ПРИ ВЫБОРЕ ВАРИАНТА ПРОЕКТА ИНЖЕНЕРНОЙ СЕТИ

Аннотация. Рассмотрена задача выбора проекта инженерной развивающейся сети. Построена математическая модель инженерной сети, которая еще на стадии проектирования позволяет учесть возможность расширения или реконструкции системы в случае присоединения новых потребителей целевого продукта. Она представляет собой двукритериальную задачу блочного программирования с сепарабельными критериальными функциями. В предлагаемой

математической модели первый критерий отражает потребность минимизации финансовых затрат на строительство и эксплуатацию сети, с целью обеспечения поставленных в проектировании потребностей в целевом продукте. Второй критерий отражает потребность минимизации финансовых затрат на перспективное развитие системы в будущем от достигнутого уровня, при условии, что вектор направления развития системы известен до начала проектирования инженерных сетей. Предложен вектор преимущества критериев, который позволяет учесть неравноценности обоих стоимостных критериев в построенной математической модели и дает возможность сравнивать критерии разного порядка. Введено линейное преобразование критериев, которое позволяет их нормализовать. Предложенный вектор преимущества критериев, вместе с линейным преобразованием критериев, дает возможность двукритериальную оптимизационную задачу выбора проекта развивающейся инженерной сети, заменить однокритериальной задачей математического программирования, не меняя множества решений задачи.

Ключевые слова: инженерная сеть; двукритериальная оптимизация; вектор преимущества

Bezklubenko Irina

Ph.D., assistant professor of information technology design and applied mathematics, orcid.org/0000-0002-9149-4178
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

VECTOR OBJECTIVE CRITERIA ADVANTAGES SELECTING PROJECT ENGINEERING NETWORK

Abstract. The task of selecting the project is engineering network that develops. The mathematical model had been done of engineering network which at the design stage allow for the possibility of expanding or remodeling system in case of accession of new consumer target product, which is a problem of bi-criterial block programming separable criteria functions. In the proposed mathematical model first criterion reflects the need to minimize financial costs for construction and operation of the network, in order to put into the design needs of the target product. The second criterion reflects the need to minimize the financial costs for the future development of the system in the future from current levels, provided that the vector direction of development of the known prior to the design engineering network. A vector benefits criteria that allow for the disparity in both cost criteria mathematical model and allows the criteria to compare different order. Introduced linear transformation criteria that allows them to normalize. The proposed benefits of vector criteria with a linear transformation criteria enables bi-criterial optimizing task of selecting the project engineering services, developing replace *odnokryterialnoyu* objective mathematical programming without changing set of solutions of the problem.

Keywords: engineering; network optimization *dvokryterialna*; vector benefits

References

1. Mikhalevich, V.S., Volkovich, V.L. (1982). *Computational methods of research and design of complex systems*. Moscow: Nauka, 286.
2. Mihaylenko, V. (2007). The use of functional and dynamic engineering simulation schemes for water supply of the city // V. Mihaylenko, AP Anpilohov, Y. Kosharna / *The problems of water supply, drainage and hydraulics*, 27, 8-13.
3. Evdokimov, A.T. & Dubrovsky, V.V. & Tevyashev, A.D. (1990). *Modeling and optimization of flow distribution in engineering networks*. Moscow: Stroiizdat, 368.
4. Bezklubenko, I. (2015). *On the issue of choosing the optimal variant of network engineering / 4th International Scientific Conference "Mathematics in the modern university."* K.: NTUKPI, 19
5. Bezklubenko, I. (2016). *The task vector direction of engineering networks / E. Balina // Proceedings of the V International Scientific Conference "Mathematics in the modern university."* K.: NTUKPI, December 2016.
6. Bezklubenko, I., Lesko, V. (2016). *The principles of the system approach – as a basis for the development of CAD utilities. Collection "Urban and territorial planning"*, 62, Part 1, 56-58
7. Kulik, Yu.V. (1991). *Optimization of projected pipeline systems: Textbook*. K.: UMKVO, 152.
8. Khramenkov, S. (2005). *The strategy of modernization of the water supply network*. Moscow: Stroiizdat.
9. Evdokimov, A. (1976). *Optimal tasks on engineering networks. "Vishcha school"*.
10. Headley, J. (1067). *Nonlinear and dynamic programming*. Moscow: The World.

Посилання на публікацію

- APA Bezklubenko, Irina. (2017). *Application technology of artificial neural networks for modeling land relief of construction site. Management of Development of Complex Systems*, 30, 132 – 135.
- ДСТУ Bezklubenko I.C. *Завдання вектора переваги критеріїв при виборі варіанта проекту інженерної мережі [Текст] / I.C. Безклубенко // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 30. – С. 132 – 135.*