

УДК 519.161

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.1.60

## РОЗВ'ЯЗАННЯ ДВОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ НА ОСНОВІ БЛОКОВОЇ НОРМАЛІЗАЦІЇ КРИТЕРІЇВ

Подоляка О.О.<sup>1</sup>, Подоляка О.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет «ХАІ» ім. М.Є. Жуковського

*Анотація.* Розглянуто підхід до розв'язання складної двокритеріальної транспортної задачі, перший критерій якої має широкий діапазон оцінювання, а другий – гранично вузький. Для розв'язання задачі пропонується застосування нелінійної блокової нормалізації критеріїв, яка суттєво зменшує дисперсію нормованих значень обох критеріїв і, відповідно, спрощує процедуру порівняння альтернатив. Обчислювальна складність алгоритму блокової нормалізації критеріїв становить  $O(n^3)$ .

*Ключові слова:* багатокритеріальна транспортна задача, багатокритеріальна оптимізація, нормалізація, згортка критеріїв.

### Вступ

Транспорт є однією із галузей економіки, у якій також розвивається підприємницька діяльність: транспорт пропонує на ринку товарів і послуг свою продукцію – транспортні послуги, за які отримує доходи і має прибутки. В організації транспортних перевезень доводиться враховувати множини суперечливих параметрів: економічні показники, час, вагу, габарити, важливість та ін. Практичні задачі транспортної оптимізації за своєю суттю багатокритеріальні. Природа їхня така, що з поліпшенням одних критеріїв якості інші погіршуються. Звести багатокритеріальні задачі до однокритеріальних, в загальному випадку, не вдається. Тому останнім часом значна увага приділяється дискретним задачам в багатокритеріальних постановках.

Слід зазначити, що рішення багатокритеріальних дискретних задач порівняно з однокритеріальними пов'язане зі значними труднощами. Це зумовлено необхідністю розробки спеціальних принципів оптимальності та відповідних схем рішення, а також набагато більшою обчислювальною складністю зазначених схем.

### Аналіз публікацій

На сьогоднішній день існує багато методів розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації: методи згортки чи скаляризації векторного критерію в інтегральний скалярний критерій (наприклад, виділення домінуючого критерію [1], адитивні, мультиплікативні, мінімакський і т. п.); методи умовної оптимізації, у яких виділяється один головний критерій, а решта формує додаткові об-

меження, метод послідовних поступок, генетичні алгоритми [2–5].

Слід зазначити, що наявні методи розглядають нормалізацію критеріїв як окрему незалежну процедуру. Наприклад, класична нормалізація зводиться до ділення значень критеріїв на максимальне значення, що приводить до викривлення критеріїв, якщо їх значення розподілені не рівномірно [6]. У запропонованому в роботі підході до розв'язання багатокритеріальної транспортної задачі (ТЗ) блокова нормалізація є складовою алгоритму скаляризації векторного критерію. Додатковою перевагою блокової нормалізації є розширення діапазонів оцінок бідних критеріальних шкал, що також спрощує процедуру скаляризації критеріїв із різноманітними шкалами [7].

### Мета і постановка завдання

Метою є підвищення якості рішень складних задач транспортного типу за рахунок вирівнювання діапазонів оцінок вузьких та широких критеріальних шкал, що досягається шляхом застосування алгоритму нелінійної блокової нормалізації, яка видобуває додаткові знання з вихідних даних транспортної задачі.

У роботі розглядається приклад складної двокритеріальної транспортної задачі, першим критерієм якої є вартість доставки вантажу, а другим – терміновість. Відповідно, перший критерій має широку шкалу оцінювання, а другий – гранично вузьку  $\{0;1\}$ . Другий критерій можна розглядати як штраф за невчасне виконання роботи. Відповідно «0» означає, що робота виконана вчасно, а «1» – ні.

Така ситуація спостерігається в перевезеннях важливих товарів, таких як військові та медичні вантажі, продукти харчування, швидкопсувані товари.

У цих умовах перед постачальником постають дві мети. По-перше, мінімізувати вартість виконання перевезень, а по-друге, вчасно виконати замовлення споживачів.

### Виклад основного матеріалу

У багатокритеріальній постановці елемент транспортної таблиці  $\beta_{ij}$  є складним типом даних, названий вектором критеріїв.

$$\beta_{ij} = \{c_{ij}^k, k = \overline{1, 2}\}, \quad (1)$$

де  $c_{ij}^k$  – значення  $k$ -го критерію елемента рішення  $\beta_{ij}$ .

Функціонал двокритеріальної транспортної задачі має вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} w(E_{a_i, b_j}^1) = \sum_i^M \sum_j^N (x_{ij} c_{ij}^1) \rightarrow \min \\ w(E_{a_i, b_j}^2) = \sum_i^M \sum_j^N (x_{ij} c_{ij}^2) \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^M x_{ij} = b_j, j = \overline{1, N} \\ \sum_{j=1}^N x_{ij} = a_i, i = \overline{1, M}, \end{array} \right. \quad (2)$$

де  $c_{ij}^1$  – це вартість доставки вантажу з  $i$ -го пункту відправлення до  $j$ -го пункту призначення;  $c_{ij}^2$  – штраф за затримку виконання замовлення, який оцінюється в балах або умовних одиницях і приймає значення від 0 до 1;  $x_{ij}$  – обсяг вантажу, що переміщується з  $i$ -го пункту відправлення до  $j$ -го пункту призначення;  $a_i$  – запас вантажу в постачальника;  $b_j$  – потреба замовника;  $w(E_{a_i, b_j}^1)$  – оптимальний план перевезень із мінімальною сумарною вартістю виконання робіт;  $w(E_{a_i, b_j}^2)$  – оптимальний план перевезень із мінімальним сумарним штрафом за затримку виконання замовлення.

Наведемо схему розв'язання двокритеріальної транспортної задачі.

1. Нормалізація критеріїв. Нормалізація кожного критерію задачі за допомогою алгоритму блокової нормалізації.

2. Виділення домінуючого критерію.
3. Розв'язання класичної ТЗ і визначення ефективного плану перевезень.

### Блокова нормалізація критеріїв

Алгоритм називається блоковим, бо нагадує алгоритм блокового сортування (сортування масивів за лінійний час).

Вихідний масив  $L$  необхідно розбити на блоки або кластери. Він обчислюється як різниця двох рядків або стовпців  $c, s$  матриці ТЗ  $\beta$ .

$$L_j^{cs} = \beta_{cj} - \beta_{sj}, \quad (3)$$

де  $I, J$  – множини рядків\стовпців матриці  $\beta$ ,  $(c, s) \in I \vee (c, s) \in J$ .

Лема 1: віднімання рядка\стовбця з усіх елементів рядків\стовпців матриці  $\beta$  не змінює оптимального плану ЗП.

Для довільного масиву  $L$ , довжини  $n$ , формула визначення номера блока елемента  $L_j^{cs}$  має вигляд

$$g_j^{cs} = (n-1) \left[ 1 - \frac{(L_j^{cs} - \min(L^{cs}))}{\max(L^{cs}) - \min(L^{cs}) + 1} \right],$$

де  $n$  можна розглядати як діапазон оцінювання критерію або точність апроксимації. У роботі прийнято  $n = 100$ , відповідно, діапазон буде  $[0;99]$ .

Можна вважати, що масив  $g$  є апроксимацією початкової послідовності  $L$ .

Мінімальний елемент масиву  $L$  є нульовим у  $g$ , а максимальний попадає в апроксимуючий масив  $g$  у блок з номером  $(n-1)$ .

Формула (4) інвертує оцінки послідовності  $L$  щодо  $g$ .

Значення мінімуму чи максимуму (4) є обчислювальним, що зручно в розв'язанні багатокритеріальних задач, у яких екстремальні значення шкал важко визначити [8–10].

Щоб отримати інтегральну оцінку  $C_{ab}$  (нормоване значення) елемента  $\beta_{ab}$  матриці необхідно просумувати його оцінки по всіх рядках і стовпцях матриць оцінок  $G^{a'}$  та  $G^{b''}$ .

$$C_{ab} = g'(\beta_{ab}) + g''(\beta_{ab}), \quad (5)$$

де  $g'(\beta_{ab}) = \sum_i G_{ib}^{a'}$  – загальна сума виграшу

по рядках;  $g''(\beta_{ab}) = \sum_j G_{aj}^{b''}$  – загальна сума

виграшу по стовпцях;  $(a, i) \in I, (b, j) \in J$ .

Схема алгоритму блокової нормалізації виглядає таким чином:

- 1) обчислення різниці ліній  $(c, s)$  матриці  $\beta$  за формулою (3);
- 2) обчислення мінімуму і максимуму  $L$ ;
- 3) обчислення номерів блоків елементів  $L$  за формулою (4);
- 4) підсумовування номерів блоків відповідно до формули (5).

### Приклад розв'язання задачі

Вихідні дані задачі задані двома транспортними таблицями, відповідно до критеріїв. У першій таблиці задані вартості перевезення одиниці вантажу з кожного пункту відправлення  $A_i$  до кожного пункту призначення  $B_j$ . У другій таблиці задані штрафи за невчасне виконання робіт, задані в балах (0 – роботи виконуються вчасно протягом доби, 1 – роботи виконуються із затримкою на добу через обмеження рухомого складу).

Вартість	B1	B2	B3	B4	B5	Запаси
A1	46	26	37	9	38	100
A2	43	29	15	11	43	250
A3	6	44	10	42	30	200
A4	36	10	33	48	13	300
Потреби	200	200	100	100	250	

Штраф	B1	B2	B3	B4	B5	Запаси
A1	1	1	0	0	1	100
A2	0	0	0	0	0	250
A3	0	0	1	1	1	200
A4	1	1	0	1	1	300
Потреби	200	200	100	100	250	

Рис. 1. Вхідні дані задачі

Крок 1. Почнемо з другого критерію. Початкова матриця  $\beta^2$  має вигляд.

	1	2	3	4	5
1	1	1	0	0	1
2	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	1
4	1	1	0	1	1

Рис. 2. Матриця за критерієм штрафу

На першій ітерації виконується віднімання першого рядка з інших рядків матриці, тобто обчислення різниці ліній  $l$  і  $s$  матриці  $\beta^2$  за формулою (3), обчислення масивів  $L_{ls}$  та оцінок  $C_1$  – оцінки значень 1-го рядка  $\beta^2$  (рис. 3).

	1	2	3	4	5
$L^{11}$	0	0	0	0	0
$L^{12}$	-1	-1	0	0	-1
$L^{13}$	-1	-1	1	1	0
$L^{14}$	0	0	0	1	0

	1	2	3	4	5
$g^{11}$	0	0	0	0	0
$g^{12}$	99	99	50	50	99
$g^{13}$	99	99	33	33	66
$g^{14}$	99	99	99	50	99
$g'(\beta_{1j})$	297	297	182	133	264

Рис. 3. Перша ітерація за критерієм штрафу

У нижньому рядку відображено суми елементів стовпців, які й представляють оцінки елементів першого рядка початкової матриці.

На другій ітерації ті самі дії виконуються з другим рядком і таким чином обчислюються оцінки значень другого рядка.

	1	2	3	4	5
$L^{21}$	1	1	0	0	1
$L^{22}$	0	0	0	0	0
$L^{23}$	0	0	1	1	1
$L^{24}$	1	1	0	1	1

	1	2	3	4	5
$g^{21}$	50	50	99	99	50
$g^{22}$	0	0	0	0	0
$g^{23}$	99	99	50	50	50
$g^{24}$	50	50	99	50	50
$g'(\beta_{2j})$	199	199	248	199	150

Рис. 4. Друга ітерація за критерієм штрафу

Аналогічним чином визначаються оцінки значень для всіх рядків.

	1	2	3	4	5
1	297	297	182	133	264
2	199	199	248	199	150
3	116	116	297	264	231
4	248	248	133	264	215

Рис. 5. Оціночні значення для рядків

Далі аналогічні операції проводяться зі стовпцями матриці. У результаті чого отримуємо оціночні значення для стовпців.

	1	2	3	4	5
1	396	396	215	166	298
2	330	330	330	281	200
3	215	215	396	347	298
4	363	363	166	330	249

Рис. 6. Оціночні значення для стовпців

Далі обчислюється сума оціночних значень по рядках і стовпцях і визначаються нормовані значення критеріїв (рис. 7).

	1	2	3	4	5
1	1	1	0,573	0,431	0,811
2	0,763	0,763	0,834	0,693	0,505
3	0,478	0,478	1	0,882	0,763
4	0,882	0,882	0,431	0,857	0,67

Рис. 7. Нормовані значення матриці  $\beta^2$

Ті самі дії виконуємо для іншого критерію – вартості. У результаті чого отримуємо нормовані значення матриці  $\beta^1$ .

	1	2	3	4	5
1	0,814	0,413	0,873	0,0466	0,68
2	0,9	0,621	0,301	0,228	0,981
3	0,0193	1	0,32	0,852	0,6
4	0,664	0,13	0,801	0,958	0,154

Рис. 8. Нормовані значення матриці  $\beta^1$

Крок 2. Визначення домінуючого критерію (найгіршого або максимального критерію) кожного елемента  $\beta_{ij}$ . У результаті отримуємо критеріальну матрицю Isort, яку використовуємо для розв'язання класичної ТЗ.

	1	2	3	4	5
1	1	1	0,873	0,431	0,811
2	0,9	0,763	0,834	0,693	0,981
3	0,478	1	1	0,882	0,763
4	0,882	0,882	0,801	0,958	0,67

Рис. 9. Критеріальна матриця Isort

Крок 3. Розв'язання класичної транспортної задачі методом потенціалів. Наведемо остаточну транспортну таблицю, що є ефективним план перевезень.

	B1	B2	B3	B4	B5	Запаси
A1				100(9;0)		100
A2		200(29;0)	50(15;0)			250
A3	200(6;0)					200
A4			50(33;0)		250(13;1)	300
Потреби	200	200	100	100	250	

Рис. 10. Рішення задачі

Визначаємо вартість перевезень С.

$C = 100 * 9 + 200 * 29 + 50 * 15 + 200 * 6 + 50 * 33 + 250 * 13 = 13550$  (ум. од.), перевезення А4В5 буде виконано наступного дня.

## Порівняльний аналіз класичної та блокової нормалізації

На рис. 11–12 представлено нормовані значення критеріїв за класичною лінійною та блоковою нелінійною нормалізацією.

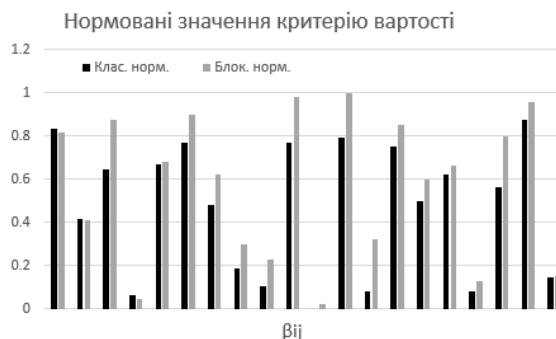


Рис. 11. Нормовані значення першого критерію

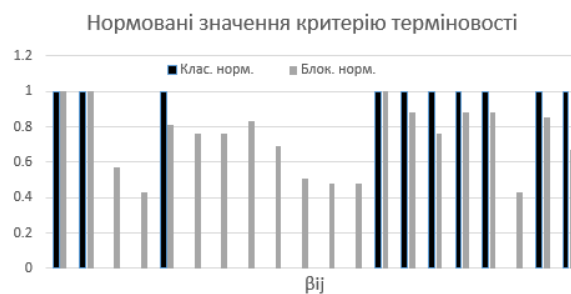


Рис. 12. Нормовані значення другого критерію

З рисунків видно, що спостерігається сильна кореляція нормованих значень критерію з широким діапазоном за класичною та блоковою нормалізацією, а для критерію з вузьким діапазоном – слабка. Нульові значення другого критерію за класичною нормалізацією були відображені в діапазон [0.431; 0.834] за блоковою нормалізацією, а значення одиничних елементів були зменшені. Блокова нормалізація суттєво зменшує дисперсію значень елементів вузьких критеріальних шкал, що спрощує процедури порівняння рішень транспортної задачі. Отже, блокова нормалізація спрощує пошук компромісу в побудові ефективних рішень багатокритеріальної задачі.

## Висновки

Спрощено процедуру порівняння альтернативних рішень за рахунок підвищення точності оцінювання елементів плану транспортної задачі за допомогою блокової нормалізації.

Розроблено ефективний підхід до розв'язання складних багатокритеріальних задач

транспортного типу, що характеризуються великою кількістю параметрів з різними діапазонами та шкалами. Цей підхід можна безпосередньо використовувати для розв'язання задач із критеріями заданими порядковими шкалами.

Обчислювальна складність алгоритму блокової нормалізації становить  $O(n^3)$ .

Практична значущість отриманих результатів полягає в підвищенні ефективності управлінських рішень у складних логістичних системах.

### Література

1. Путятин В.Г. Выбор рационального варианта технической реализации сложной организационно-технической системы в условиях многокритериальности // Реестрация, зберігання і обробка даних. Київ, 2015. Т. 17, № 4. С. 71–92.
2. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления, приложения. Москва: Наука, 1982. 358 с.
3. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. Москва: Наука, 1982. 284 с.
4. Тараканов В.Е. Комбинаторные задачи и (0,1)-матрицы. Москва: Наука, 1985. 192 с.
5. Козаченко Д.М., Вернигора Р.В., Козаченко Д.М. Основи дослідження операцій у транспортних системах: приклади та задачі. Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2015. 277 с.
6. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем: учеб. пособие. Москва: Дело, 2003. 336 с.
7. Подоляка О.А., Подоляка А.Н. Применение порядковой нормализации и скремблирования критериев для решения многокритериальных задач // Автомобиль і електроніка. Сучасні технології. 2015. Вип. 8. С. 60–70.
8. Подоляка О.О., Боcharова О.О., Басков О.В. Застосування нормалізаційного методу для розв'язання транспортної задачі за критерієм часу // Збірник наукових праць за матеріалами II міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерні технології і мехатроніка» (Харків: ХНАДУ, 28 травня 2020). Харків, 2020. С. 191–194.
9. Подоляка О.М., Подоляка В.О. Використання нелінійної блокової нормалізації для розв'язання багатокритеріальних задач транспортного типу // Збірник наукових праць за матеріалами II міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерні технології і мехатроніка» (Харків: ХНАДУ, 28 травня 2020). Харків, 2020. С. 421–424.
10. Подоляка О.О., Салтиков В.А. Проблеми багатокритеріальної оптимізації транспортних перевезень // Збірник наукових праць за матеріалами II міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерні технології і мехатроніка» (Харків: ХНАДУ, 28 травня 2020). Харків, 2020. С. 416–418.
11. Putyatin V.G. Vybora racionalnogo varianta tekhnicheskoy realizacii slozhnoy organizacziionno-tekhnicheskoy sistemy v usloviyakh mnogokriteriialnosti. Reyestracziya, zberigannya i obrobka danikh. Kiyiv, 2015. T. 17, no. 4. P. 71–92.
12. Shtojer R. Mnogokriteriialnaya optimizacziya: teoriya, vychisleniya, prilozheniya. Moscow: Publ. Nauka, 1982. 358 p.
13. Podinovskij V.V., Nogin V.D. Pareto-optimanye resheniya mnogokriteriialnykh zadach. Moscow: Publ. Nauka, 1982. 284 p.
14. Tarakanov V.E. Kombinatornye zadachi i (0,1)-matriczy. Moscow: Publ. Nauka, 1985. 192 p.
15. Kozachenko D.M., Vernigora R.V., Kozachenko D.M. Osnovi doslidzhennya operacziy u transpo-rtnikh sistemakh: prikladi ta zadachi. Dnipropetr. nacz. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. Dnipropetrovsk, 2015. 277 p.
16. Koblelev N.B. Osnovy imitacziionnogo modelirovaniya slozhnykh ekonomicheskikh sistem: Ucheb. posobie. Moskow: Publ. Delo, 2003. 336 p.
17. Podolyaka O.A., Podolyaka A.N. Primenenie poryadkovo normalizacziy i skremblirovaniya kriteriev dlya resheniya mnogokriteriialnykh zadach. Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnologiyi, 2015, no. 8. P. 60–70.
18. Podolyaka O.O., Bocharova O.O., Baskov O.V. Zastosuvannya normalizacziynogo metodu dlya rozv'yazannya transpotnoyi zadachi za kriteriyem chasu. Zbirnik naukovikh prac za materialami II Mizhn. nauk.-prakt. konf. "Kompyuterni tekhnologiyi i mekhatronika" [Materials of the of IIth Int. Sci.-Pract. Conf. "Computer Technologies and Mechatronics"] (Kharkiv: KhNADU, 28 travnya 2020). Kharkiv, 2020. P. 191–194.
19. Podolyaka O.M., Podolyaka V.O. Viktoristannya nelinejnoyi blokovo normalizacziyi dlya rozvyazannya bagatokriteriialnykh zadach transportnogo tipu. Zbirnik naukovikh prac za materialami II Mizhn. nauk.-prakt. konf. "Kompyuterni tekhnologiyi i mekhatronika" [Materials of the of IIth Int. Sci.-Pract. Conf. "Computer Technologies and Mechatronics"] (Kharkiv: KhNADU, 28 travnya 2020). Kharkiv, 2020. P. 42–424.
20. Podolyaka O.O., Saltikov V.A. Problemi bagatokriteriialnoyi optimizacziyi transportnykh perevezhen. Zbirnik naukovikh prac za materialami II Mizhn. nauk.-prakt. konf. "Kompyuterni tekhnologiyi i mekhatronika" [Materials of the of IIth Int. Sci.-Pract. Conf. "Computer Technologies and Mechatronics"]

(Kharkiv: KhNADU, 28 travnya 2020). Kharkiv, 2020. P. 416–418.

**Подольяка Оксана Олександрівна**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. комп'ютерних технологій і мехатроніки, тел. +38 067-646-13-08, podolyaka.oa@gmail.com.

**Подольяка Олексій Миколайович**<sup>2</sup>, ст. викл. каф. математичного моделювання та штучного інтелекту, тел. +38 067-646-13-07, alex.podolyaka@gmail.com.

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет «ХАІ» ім. М.С. Жуковського, 61070, Україна, м. Харків, вул. Чкалова, 17.

### Решение двухкритериальной транспортной задачи на основе блочной нормализации критериев

**Аннотация.** Рассмотрен подход к решению сложной двухкритериальной транспортной задачи, первый критерий которой имеет широкий диапазон оценок, а второй – предельно узкий. Для решения задачи предлагается применение нелинейной блочной нормализации критериев, которая существенно уменьшает дисперсию нормированных значений обоих критериев и, соответственно, упрощает процедуры сравнения альтернатив. Вычислительная сложность алгоритма блочной нормализации критериев составляет  $O(n^3)$ .

**Ключевые слова:** многокритериальная транспортная задача, многокритериальная оптимизация, нормализация, свертка критериев.

**Подольяка Оксана Александровна**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. компьютерных технологий и мехатроники, тел. +38 067-646-13-08, podolyaka.oa@gmail.com.

**Подольяка Алексей Николаевич**<sup>2</sup>, ст. преп. каф. математического моделирования и искусственного интеллекта, тел. +38 067-646-13-07, alex.podolyaka@gmail.com.

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

<sup>2</sup>Национальный аэрокосмический университет «ХАИ» им. Н.Е. Жуковского, 61070, Украина, г. Харьков, ул. Чкалова, 17.

### Solving of two-criterion transport problem based on block normalization

**Abstract. Problem.** Practical tasks of transport optimization are inherently multi-criteria. Their nature is such that with the improvement of some quality criteria, others deteriorate. It is very difficult to reduce multi-criteria problems to single-criteria ones in the general case. Therefore, much attention has recently been paid to solving discrete problems in multicriteria productions. An approach to solving a

complex two-criteria transport problem is considered, the first criterion of which has a wide range, and the second is extremely narrow. To solve the problem, it is proposed to use nonlinear block normalization of criteria, which significantly reduces the variance of the normalized values of both criteria and, simplifies the procedures for comparing alternatives. The computational complexity of the block normalization algorithm of the criteria is  $O(n^3)$ .

**Goal.** Improving the quality of solutions to complex problems of the transport type by aligning the ranges of narrow and wide criteria scales. This is achieved by applying the algorithm of nonlinear block normalization, which extracts additional knowledge from the source data of the transport problem.

**Methodology.** A systematic approach and methods of mathematical modeling were used to build models of multicriteria problems of the transport type. Methods of multicriteria optimization and decision theory were used in the analysis of problems of solving multicriteria problems.

**Results.** An effective approach to solving complex multicriteria transport-type problems, characterized by a large number of parameters with different ranges and scales, has been developed. This approach can be used directly to solve problems with criteria set by ordinal scales.

**Originality.** The convolution functional method of complex multicriteria transportation problems based on block normalization and selection of the dominant criterion is developed. The procedure for comparing alternative solutions has been simplified by increasing the accuracy of estimating the elements of the transport task plan using block normalization. An effective method for solving complex multicriteria transport problems has been developed, which improves the quality of solutions by obtaining additional knowledge of the problem data model.

**Practical value.** Improving the efficiency of management decisions in complex logistics systems.

**Key words:** multicriteria transport problem, multicriteria optimization, normalization, convolution of criteria.

**Podoliaka Oksana**<sup>1</sup>, Assoc. Prof., Candidate of Sciences, Department of Computer Technologies and Mechatronics, tel. +38 067-646-13-08, podolyaka.oa@gmail.com.

**Podoliaka Aleksii**<sup>2</sup>, senior lecturer, Department of Mathematical Modeling and Artificial Intelligence, tel. +38 067-646-13-07, alex.podolyaka@gmail.com.

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

<sup>2</sup>National Aerospace University "KHAI" them. M. Zhukovsky, 17, Chkalov str, Kharkiv, 61070, Ukraine.