

М.М. Потьомкін, Р.С. Сірченко

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

МЕТОД ТРИКРИТЕРІАЛЬНОГО ЕВКЛІДОВОГО ЯДРА ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПОРІВНЯННЯ АЛЬТЕРНАТИВ

Наведено опис нового методу формування ядра альтернатив, у якому для зменшення впливу ефекту компенсації на склад ядра порівняння альтернатив здійснюється з використанням трьох критеріїв: максимального наближення до найкращої точки, максимального віддалення від найгіршої точки та мінімального значення показника, який характеризує максимальну віддаленість альтернативи від найкращої точки за показником з найбільшою віддаленістю. Можливість практичного використання цього методу показана на прикладах. Метод може бути використаний під час багатокритеріальної оптимізації складних об'єктів.

Ключові слова: багатокритеріальна оптимізація; метод TOPSIS-ядро; метод трикритеріального евклідового ядра; метод формування ядра.

Вступ

Постановка проблеми. На теперішній час у ході проведення досліджень у воєнній справі широко використовуються методи багатокритеріальної оптимізації, які ґрунтуються на порівнянні альтернатив. Такі методи застосовуються під час дослідження проблемних питань як у галузі будівництва Збройних Сил, так і воєнного мистецтва [1–2].

Одним із підходів до багатокритеріального порівняння альтернатив є формування ядра, яке містить альтернативи, найбільш перспективні для подальшого аналізу [3]. Найбільш поширеними методами, які дозволяють сформувати ядро альтернатив, є метод Парето [2–3] та методи групи ELECTRE [4–5]. При цьому необхідно зазначити, що сучасні методи формування ядра є двокритеріальними, тобто під час порівняння альтернатив використовують лише два критерії. Водночас у методах ранжування альтернатив (у різних поєднаннях) використовуються три критерії, що дозволяє підвищити повноту порівняння альтернатив та, відповідно, збільшити обґрунтованість отримуваних результатів.

Тому розвиток методичного апарату, зокрема розроблення методів, які дозволяють отримати ядро альтернатив із використанням більшої кількості критеріїв їх порівняння, є, на наш погляд, актуальним напрямком досліджень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У статті [6] було наведено опис методу TOPSIS-ядро, який базується на ідеях методу TOPSIS [7–8] та приклади його використання для багатокритеріального порівняння альтернатив.

Цей метод, як і всі методи формування ядра, призначений для розв'язання багатокритеріальної задачі оптимізації у такій постановці.

Нехай є вихідна множина альтернатив, кожна з яких характеризується деякою множиною показників. Окрім того, є множина вагових коефіцієнтів, елементи якої характеризують важливість кожного з показників, а також для кожного показника визначений критерій його оптимізації (на максимум або мінімум).

За такими даними необхідно сформувати ядро альтернатив, перспективних для подальшого розгляду, причому альтернативи, які увійшли до ядра, порівняно з іншими повинні бути максимально віддаленими від найгіршої точки та максимально наближеними до найкращої точки.

Вихідні дані для методу TOPSIS-ядро задаються матрицею

$$[E_{ij}], i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, M, \quad (1)$$

де N – кількість варіантів системи, що підлягають порівнянню; M – кількість показників, за якими оцінюється функціонування системи; а також вектором вагових коефіцієнтів показників $[w_j]$ ($j = 1, \dots, M$).

На першому етапі методу здійснюють нормалізацію значень показників E_{ij} за формулами:

для показників, які потребують максимізації, за формулою

$$r_{ij} = 0,1 + 0,9 \cdot \frac{E_{ij} - \min_{i=1}^N (E_{ij})}{\max_{i=1}^N (E_{ij}) - \min_{i=1}^N (E_{ij})}, \quad (2)$$

для показників, які потребують мінімізації, за формулою

$$r_{ij} = 0,1 + 0,9 \cdot \frac{\max_{i=1}^N (E_{ij}) - E_{ij}}{\max_{i=1}^N (E_{ij}) - \min_{i=1}^N (E_{ij})}. \quad (3)$$

Після нормалізації даних з матриці (1) за формулами (2) та (3) усі показники потребуватимуть максимізації.

Таким чином, після завершення першого етапу всі показники будуть сумірними та вимірюватимуться через корисність (бажаність) для особи, яка приймає рішення (ОПР), їх наявних значень.

На другому етапі здійснюється врахування важливості показників w_j шляхом масштабування нормалізованих даних за формулою

$$v_{ij} = w_j r_{ij}. \quad (4)$$

На третьому етапі серед масштабованих даних для кожного j -го показника визначають найкращу та найгіршу точки.

На четвертому етапі відстані до найкращої (S_i) та найгіршої (y_i) точок розраховують за формулами

$$S_i = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - V_j^+)^2}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (5)$$

$$y_i = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - V_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, N. \quad (6)$$

На п'ятому етапі здійснюють парне порівняння альтернатив, використовуючи правила, наведені в табл. 1. При цьому альтернативи, які визнані гіршими, одразу виключаються з подальшого розгляду, тобто участі в подальшому порівнянні не беруть.

Таблиця 1

Правила, за якими приймається рішення щодо віднесення відповідної альтернативи до ядра в методі TOPSIS-ядро

Умови	Результати порівняння	Належність до ядра
$S_A > S_B$, $y_A > y_B$.	A гірша A краща	A, B
$S_A > S_B$, $y_A = y_B$.	A гірша A, B однакові	B
$S_A > S_B$, $y_A < y_B$.	A гірша A гірша	B
$S_A = S_B$, $y_A > y_B$.	A, B однакові A краща	A
$S_A = S_B$, $y_A = y_B$.	A, B однакові A, B однакові	A, B
$S_A = S_B$, $y_A < y_B$.	A, B однакові A гірша	B
$S_A < S_B$, $y_A > y_B$.	A краща A краща	A
$S_A < S_B$, $y_A = y_B$.	A краща A, B однакові	A
$S_A < S_B$, $y_A < y_B$.	A краща A гірша	A, B

Після розгляду всіх пар альтернатив буде сформовано відповідне ядро.

Якщо в ядрі буде лише одна альтернатива, тоді вона буде найкращою, тобто порівняно з іншими розглядуваними альтернативами вона одночасно максимально віддалена від найгіршої точки та максимально наближена до найкращої точки. Якщо ж у ядрі буде декілька альтернатив, то це буде означати, що серед них неможливо обрати найкращу, тому що

самі альтернативи є непорівнянними, тобто стосовно жодної з них під час порівняння з іншими одночасно обидва критерії (наближеності та віддаленості) не виконуються. Тому для остаточного визначення найкращої з них необхідно залучити ОПР.

Надаючи загальну оцінку розглянутому методу, необхідно зазначити, що він забезпечує формування ядра з урахуванням відстаней альтернатив від найкращої та найгіршої точок.

Однак для підвищення повноти порівняння та зменшення впливу ефекту компенсації на результати порівняння альтернатив [2; 9] у таких методах як VIKOR [10–11] та MOORA [12–13] пропонується враховувати для кожної альтернативи значення показника R_i , який характеризує її віддаленість від найкращої точки за показником з найбільшою віддаленістю, за формулою:

$$R_i = \max_j |v_{ij} - V_j^+|, \quad i = 1, \dots, N. \quad (7)$$

Зрозуміло, що введення до розгляду додаткового показника під час формування ядра дозволить підвищити повноту порівняння альтернатив та отримати більш достовірні результати за рахунок зменшення впливу ефекту компенсації. Тому доцільно розробити новий метод формування ядра – метод трикритеріального евклідового ядра, який окрім відстаней альтернативи від найкращої та найгіршої точок буде додатково враховувати і її віддаленість від найкращої точки за показником із найбільшою віддаленістю.

Мета статті. На основі викладеного було поставлене таке завдання досліджень: розробити новий метод трикритеріального евклідового ядра, призначений для формування ядра – множини перспективних для аналізу альтернатив, та перевірити можливість його практичного використання на тестових прикладах.

Виклад основного матеріалу

В основу розроблюваного методу покладемо деякі розрахункові залежності методу TOPSIS-ядро, формулу для розрахунку додаткового показника R_i та відповідні правила парного порівняння альтернатив. При цьому найкращою буде вважатися альтернатива, яка максимально віддалена від найгіршої точки, максимально наближена до найкращої точки, а також має найменше значення максимального віддалення від найкращої точки за показником з найбільшою віддаленістю.

Тоді послідовність розрахунків за розроблюваним методом буде складатися з такої послідовності дій.

Вихідні дані для методу трикритеріального евклідового ядра, а також розрахунки для першого–четвертого етапів будуть такими самими, як і в методі TOPSIS-ядро, тобто будуть використані залежності (1–6).

На п'ятому етапі за формулою (7) розраховують значення показника R_i .

На шостому етапі з використанням правил, наведених у табл. 2, здійснюють парне порівняння альтернатив. При цьому альтернативи, які визнані гіршими, одразу виключаються з подальшого розгляду, тобто участі в подальшому порівнянні не беруть.

Таблиця 2

Правила, за якими приймається рішення щодо віднесення відповідної альтернативи до ядра у методі трикритеріального евклідового ядра

Умова віддаленості від найгіршої точки	Умова наблизеності до найкращої точки	Умова віддаленості від найкращої точки за найгіршим показником	Належність до ядра
$U_A > U_B$ А краща	$S_A > S_B$ А гірша	$R_A > R_B$ (А гірша)	А, В
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	
	$S_A = S_B$ А, В однакові	$R_A > R_B$ (А гірша)	А
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	
	$S_A < S_B$ А краща	$R_A > R_B$ (А гірша)	А, В
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	
$U_A = U_B$ А, В однакові	$S_A > S_B$ А гірша	$R_A > R_B$ (А гірша)	В
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	
	$S_A = S_B$ А, В однакові	$R_A > R_B$ (А гірша)	В
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	
	$S_A < S_B$ А краща	$R_A > R_B$ (А гірша)	А, В
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	
$U_A < U_B$ А гірша	$S_A > S_B$ А гірша	$R_A > R_B$ (А гірша)	В
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	
	$S_A = S_B$ А, В однакові	$R_A > R_B$ (А гірша)	В
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	
	$S_A < S_B$ А краща	$R_A > R_B$ (А гірша)	А, В
		$R_A = R_B$ (А, В однакові)	
		$R_A < R_B$ (А краща)	

Після розгляду всіх пар альтернатив буде сформоване ядро, яке міститиме або одну (найкращу) альтернативу, або декілька непорівнянних альтернатив, для визначення найкращої з яких необхідне залучення ОПР.

Для оцінювання можливості практичного використання розробленого методу розглянемо декілька прикладів.

Першим розглянемо приклад з [2], який передбачає вибір раціонального складу механізованої бригади за шістьма показниками (E_1-E_6) за однакової їх важливості, при цьому показники E_1-E_3 потребують максимізації, а решта – мінімізації.

Необхідно зазначити, що, відповідно до [2], для цього прикладу варіант № 3 є найкращим за методом таксономії, а варіант № 5 – за адитивною згортою.

Нормалізовані значення показників наведені в табл. 3, а характеристики альтернатив – у табл. 4.

Аналіз даних, наведених у табл. 4, свідчить, що до ядра увійдуть три альтернативи: № 1, № 3 та № 5. Вони характеризуються різними варіантами віддаленостей від найкращої та найгіршої точок, тому для визначення найкращої з них необхідно залучити ОПР.

Таблиця 3

Нормалізовані значення показників

№ i	Нормалізовані значення показників					
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6
1	0,74	0,85	0,20	0,72	0,40	0,90
2	0,36	1,00	0,50	0,86	0,55	0,20
3	0,61	0,55	0,70	0,58	0,78	0,70
4	0,49	0,40	0,11	0,43	0,25	0,60
5	1,00	0,10	0,60	1,00	0,85	1,00
6	0,36	0,70	0,50	0,72	0,70	0,30
7	0,10	0,85	0,40	0,86	0,33	0,80
8	0,74	0,55	1,00	0,43	0,17	0,70
9	0,10	0,40	0,70	0,58	0,10	0,10
10	0,49	0,85	0,90	0,10	1,00	0,50

Таблиця 4

Результати розрахунків показників, за якими порівнюються альтернативи

№ i	S_i	Y_i	R_i
1	0,1808	0,2791	0,1331
2	0,2057	0,2612	0,1329
3	0,1452	0,2685	0,0746
4	0,2626	0,1680	0,1500
5	0,1660	0,3372	0,1500
6	0,1980	0,2337	0,1166
7	0,2177	0,2570	0,1500
8	0,1948	0,2668	0,1379
9	0,2916	0,1675	0,1500
10	0,1941	0,2900	0,1500

Другим розглянемо приклад з [14], який стосується вибору варіанта аеродрому, що оцінюється за трьома показниками (E_1-E_3), причому важливість показників становить $w_1 = 3, w_2 = 2, w_3 = 1$ і всі вони потребують мінімізації. У [4] показано, що найкращим варіантом за методом ELECTRE I є альтернатива № 2.

Вихідні дані для цього прикладу, а також характеристики альтернатив наведені в табл. 5.

Аналіз даних, наведених у табл. 5, свідчить, що до ядра увійшла лише одна альтернатива – № 4, тобто результати, отримані за методами ELECTRE I та трикритеріального евклідового ядра, є суперечливими і для прийняття остаточного рішення на розгляд ОПР доцільно подати альтернативи № 2 та № 4. Однак отримані дані свідчать на користь альтернативи № 4, адже вона є кращою порівняно з альтернативою № 2 за всіма показниками.

Таблиця 5
Вихідні дані та характеристики альтернатив

№ і	Вихідні дані			Характеристики		
	E ₁	E ₂	E ₃	S _i	y _i	R _i
1	180	70	10	0,5408	0,1772	0,45
2	170	40	15	0,3041	0,4059	0,30
3	160	55	20	0,2345	0,4007	0,15
4	150	50	25	0,1803	0,5520	0,15

Висновки

Таким чином, можна зробити висновок, що розроблений метод трикритеріального евклідового ядра дозволяє зменшити вихідну множину альтернатив

шляхом формування ядра, яке містить альтернативи, найбільш перспективні для подальшого аналізу.

На конкретних прикладах показано, що його використання в комбінації з іншими методами багатокритеріальної оптимізації дозволяє підвищити обґрунтованість розроблених рекомендацій або визначити перспективні альтернативи, які залишились поза увагою інших методів.

Подальший розвиток проведених досліджень вбачається в програмній реалізації запропонованого методу та перевірці ефективності його практичного використання на достатньому обсязі тестових даних.

Список літератури

1. Романченко І.С. Використання таксономічних методів при проведенні досліджень у війсьній справі / І.С. Романченко, О.М. Загорка // Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України. – 2007. – № 3 (41). – С. 5-16.
2. Загорка О.М. Елементи дослідження складних систем військового призначення / О.М. Загорка, С.П. Мосов, А.І. Сбитнев, П.І. Стужук. – К.: Національна академія оборони України, 2005. – 100 с.
3. Корнеєнко В.П. Методи оптимізації: учебник / В.П. Корнеєнко. – М.: Выш. шк., 2007. – 664 с.
4. Comanită E.-D. Challenges and opportunities in green plastics: an assessment using the ELECTRE decision-aid method / E.-D. Comanită, C. Ghinea, R.M. Hlihor, I.M. Simion, C. Smaranda, L. Favier, M. Rosca, I. Gostin, M. Gavrilescu // *Environmental Engineering and Management Journal*. – 2015, March. – Vol. 14. – № 3. – P. 689-702.
5. Uysal H.T. Selection of logistics centre location via ELECTRE method: a case study in Turkey / H.T. Uysal, K. Yavuz // *International Journal of Business and Social Science*. – 2014, August. – Vol. 5. – № 9. – P. 276-289.
6. Романченко І.С. Метод TOPSIS-ядро та його використання для багатокритеріального порівняння альтернатив / І.С. Романченко, М.М. Потьомкін // Системи обробки інформації. – Х.: ХНУПС, 2016. – № 1(138). – С. 103-106.
7. Ahmadi H. Ranking the micro level critical factors of electronic medical records adoption using TOPSIS method / H. Ahmadi, M.S. Rad, M. Nilashi, O. Ibrahim, A. Almaee // *Health Informatics – An International Journal*. – 2013, November. – Vol. 2. – № 4. – P. 19-32.
8. Sarraf A.Z. Developing TOPSIS method using statistical normalization for selecting Knowledge management strategies / A.Z. Sarraf, A. Mohaghar, H. Bazargani // *Journal of Industrial Engineering and Management*. – 2013. – № 6 (4). – P. 860-875.
9. Tofallis C. Add or Multiply? A tutorial on ranking and choosing with multiple criteria / C. Tofallis // *INFORMS Transactions on Education*. – 2014. – № 14(3). – P. 109-119.
10. Chang C.-L. Using the VIKOR method to evaluate the design of a water quality monitoring network in a watershed / C.-L. Chang, Y.-T. Lin // *Int. J. Environ. Sci. Technol.* – 2014. – № 11. – P. 303-310.
11. El-Santawy M.F. A VIKOR method for solving personnel training selection problem / M.F. El-Santawy // *International Journal Of Computing Science*. – 2012, February. – Vol. 1. – № 2. – P. 9-12.
12. Baležentis A. Multimoora-FG: a multi-objective decision making method for linguistic reasoning with an application to personnel selection / A. Baležentis, T. Baležentis, W.K.M. Brauers // *Informatica*. – 2012. – Vol. 23. – № 2. – P. 173-190.
13. Brauers W.K. Robustness of the multi-objective MOORA method with a test for the facilities sector / W.K. Brauers, E.K. Zavadskas // *Technological and economic development of economy*. – 2009. – № 15 (2). – P. 352-375.
14. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 296 с.

References

1. Romanchenko, I.S. and Zagorka, O.M. (2007), "Vykorystannja taksonomichnykh metodiv pry provedenni doslidzhenj u vojennij spravi" [Using taxonomy methods for military research], *Collection of scientific works of the Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine*, No. 3(41), pp. 5-16.
2. Zagorka, O.M., Mosov, S.P., Sbitniev, A.I. and Stuzhuk, P.I. (2005), "Elementy doslidzhenja skladnykh system vijskovogho pryznachennja" [Complex military systems research's componentry], National Academy of Defense of Ukraine, Kyiv, 100 p.
3. Korneenko, V.P. (2007), "Metody optimizatsii" [Methods for optimization], High school, Moscow, 664 p.
4. Comanită, E.-D., Ghinea, C., Hlihor, R.M., Simion, I.M., Smaranda, C., Favier, L., Rosca, M., Gostin, I. and Gavrilescu, M. (2015), Challenges and opportunities in green plastics: an assessment using the ELECTRE decision-aid method, *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 14, No. 3, pp. 689-702.
5. Uysal, H.T. and Yavuz, K. (2014), Selection of logistics centre location via ELECTRE method: a case study in Turkey, *International Journal of Business and Social Science*, Vol. 5, No. 9, pp. 276-289.
6. Romanchenko, I.S. and Potyemkin, M.M. (2016), "Metod TOPSIS-jadro ta joghho vykorystannja dlja bagatokratno viljnogho porivnannjaaljternatyv" [TOPSIS-kernel method and its using to make a multiple criteria alternatives comparison], *Information Processing Systems*, No. 1(138), pp. 103-106.
7. Ahmadi, H., Rad, M.S., Nilashi, M., Ibrahim, O. and Almaee, A. (2013), Ranking the micro level critical factors of electronic medical records adoption using TOPSIS method, *Health Informatics – An International Journal*, Vol. 2, No. 4, pp. 19-32.

8. Sarraf, A.Z., Mohaghar, A. and Bazargani, H. (2013), Developing TOPSIS method using statistical normalization for selecting Knowledge management strategies, *Journal of Industrial Engineering and Management*, No. 6 (4), pp. 860-875.
9. Tofallis, C. (2014), Add or Multiply? A tutorial on ranking and choosing with multiple criteria, *INFORMS Transactions on Education*, No. 14(3), pp. 109-119.
10. Chang, C.-L. and Lin, Y.-T. (2014), Using the VIKOR method to evaluate the design of a water quality monitoring network in a watershed, *Int. J. Environ. Sci. Technol*, No. 11, pp. 303-310.
11. El-Santawy, M.F. (2012), A VIKOR method for solving personnel training selection problem, *International Journal Of Computing Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 9-12.
12. Baležentis, A., Baležentis, T. and Brauers, W.K.M. (2012), Multimoora-FG: a multi-objective decision making method for linguistic reasoning with an application to personnel selection, *Informatica*, Vol. 23, No. 2, pp. 173-190.
13. Brauers W.K. and Zavadskas E.K. (2009), Robustness of the multi-objective MOORA method with a test for the facilities sector, *Technological and economic development of economy*, No. 15 (2), pp. 352-375.
14. Larichev, O.I. (2000), "Теорія і методи прийняття рішень" [*Theory and methods for decision making*], Logos, Moscow, 296 p.

Надійшла до редколегії 7.12.2017

Схвалена до друку 1.02.2018

Відомості про авторів:

Потьомкін Михайло Михайлович

доктор технічних наук старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник Центрального
науково-дослідного інституту Збройних Сил України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8117-4472>
e-mail: favorite_p@ukr.net

Сірченко Роман Сергійович

ад'юнкт Центрального науково-дослідного інституту
Збройних Сил України,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2369-9374>
e-mail: romansirchenko1979@gmail.com

Information about the authors:

Mykhailo Potomkin

Doctor of Technical Sciences Senior Research
Lead Researcher of the Central Research Institute
of the Armed Forces of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/000-0001-8117-4472>
e-mail: favorite_p@ukr.net

Roman Sirchenko

Postgraduate Student of the Central Research Institute
of the Armed Forces of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2369-9374>
e-mail: romansirchenko1979@gmail.com

МЕТОД ТРЕХКРИТЕРИАЛЬНОГО ЭВКЛИДОВОГО ЯДРА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВ

М.М. Потемкин, Р.С. Сирченко

Приведено описание нового метода формирования ядра альтернатив, в котором для уменьшения влияния эффекта компенсации на состав ядра сравнение альтернатив осуществляется с использованием трех критериев: максимального приближения к наилучшей точке, максимального удаления от наихудшей точки и минимального значения показателя, который характеризует удаленность альтернативы от наилучшей точки по показателю с максимальной удаленностью. Возможность использования метода показана на примерах. Метод может быть полезен для многокритериальной оптимизации сложных объектов.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация; метод TOPSIS-ядро; метод трехкритериального евклидово-го ядра; метод формирования ядра.

THE METHOD OF THE THREE-CRITERION EUCLIDEAN KERNEL AND ITS USE FOR MULTIPLE CRITERIAL COMPARISON OF ALTERNATIVES

M. Potomkin, R. Sirchenko

The description of TOPSIS-kernel method and results of its analysis is given. It is shown that it belongs to a group of methods designed to form the kernel of alternatives. In this case, the best alternative is that which is as close as possible to the best point and as far removed from the worst. However, its imperfection is the incompleteness of the comparison of alternatives, as well as the possible effect of the compensation effect on the kernel composition. In order to eliminate the influence of these imperfections on the results of the comparison of alternatives, a new method of a three-criterion Euclidean kernel is proposed which, during the formation of the nucleus, additionally takes into account the third criterion - minimizing the value of the indicator, which characterizes the distance of the alternative from the best point in the indicator with the greatest distances. For the new method, the calculated dependencies, as well as the rules for comparing alternatives, are given. The practical use of the proposed method is shown in the examples. Comparison of the results of calculations by known and new methods shows that the use of the three-criterion Euclidean method in combination with other methods can increase the validity of the developed recommendations or identify promising alternatives that were left out of the attention of other methods. This allows us to conclude that the use of the proposed method can be promising during multicriteria optimization of complex objects.

Keywords: multicriteria optimization; TOPSIS-kernel method; the method of a three-criterion Euclidean kernel; method for kernel forming.