

М.М. ПОТЬОМКІН

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна,
e-mail: *favorite_p@ukr.net*.

А.А. СЕДЛЯР

Центральний науково-дослідного інститут Збройних Сил України, Київ, Україна,
e-mail: *saa66ua@ukr.net*.

Р.С. СІРЧЕНКО

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна,
e-mail: *romansirchenko1979@gmail.com*.

О.М. ЩЕНКО

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна,
e-mail: *lord0779@ukr.net*.

НЕЧІТКИЙ КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД РАНЖУВАННЯ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ БАГАТОКРИТЕРІЙНОГО ПОРІВНЯННЯ АЛЬТЕРНАТИВ

Анотація. Зазначено, що нині для обґрунтування раціональних рішень під час багатокритерійного аналізу складних систем досить широко застосовують нечіткі методи, оскільки характеристики цих систем та умови їхнього функціонування здебільшого не є детермінованими і їх слід розглядати у межах розв'язання задач з нестохастичною невизначеністю. Наведено опис відомого комплексного методу ранжування та його аналіз. Зауважено, що він забезпечує певні позитивні результати, однак не дає змоги розв'язувати задачі багатокритерійного порівняння альтернатив в умовах нестохастичної невизначеності. На основі цього методу розроблено нечіткий комплексний метод ранжування та на прикладі обчислення показано можливість його застосування на практиці.

Ключові слова: альтернатива, багатокритерійне прийняття рішення, метод ранжування, нестохастична невизначеність, нечіткі числа, приклад розрахунків.

ВСТУП

Як зазначено у роботі [1], складний об'єкт дослідження не можна охарактеризувати якоюсь однією ознакою. В описі цього об'єкта одночасно слід врахувати значну кількість його властивостей. Зрозуміло, що для розроблення рекомендацій щодо забезпечення ефективного функціонування такого об'єкта потрібно розв'язати багатокритерійну задачу оптимізації.

Через те, що характеристики складних об'єктів та умови їхнього функціонування здебільшого не є детермінованими та їх слід розглядати у межах розв'язання задач з нестохастичною невизначеністю, нині для обґрунтування раціональних рішень за результатами аналізу цих об'єктів досить широко використовують нечіткі методи [2], що ґрунтуються на нечіткій математиці [3]. Тому розвиток методичного апарату, який можна застосувати для багатокритерійного обґрунтування раціональних рішень в умовах зазначеної невизначеності, на нашу думку, є актуальним науковим завданням.

ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДУ РАНЖУВАННЯ ТА ЙОГО АНАЛІЗ

Однією з досить поширених задач багатокритерійного порівняння альтернатив є побудова їхнього пріоритетного ряду. Для цього зазвичай розв'язують задачу оптимізації у такій постановці.

Нехай є множина альтернативних варіантів деякої системи, кожний з яких характеризується множиною деяких показників. Значення цих показників задані матрицею $[E_{ij}]$ ($i=1, \dots, n$, $j=1, \dots, m$, де n — кількість альтернатив, що підлягають порівнянню; m — кількість показників, які характеризують альтер-

нативи). Зрозуміло, що значення $[E_{ij}]$ характеризують деякі функції, за якими здійснюється порівняння альтернатив. Тому для кожної з них потрібно визначити критерій оптимізації (на максимум або мінімум). До того ж, є вектор коефіцієнтів важливості показників $([w_j], j=1, \dots, m)$. За цими даними необхідно побудувати пріоритетний ряд наявних альтернатив.

У роботі [4] для розв'язання цієї задачі запропоновано комплексний метод ранжування. На першому етапі здійснюють нормалізацію значень показників E_{ij} , наприклад, на основі функцій корисності [5] або функцій бажаності [6]. На другому етапі, використовуючи адитивну згортку [7], розраховують рівень корисності (бажаності) кожної альтернативи для особи, яка приймає рішення (ОПР), за формулою

$$y_i = \sum_{j=1}^m w_j r_{ij}, \quad i=1, \dots, n,$$

де r_{ij} — нормовані значення показників E_{ij} . Фактично, адитивна згортка визначає віддаленість альтернативи від найгіршої точки. На третьому етапі для кожного показника за нормалізованими даними визначають його найкраще e_j^+ та найгірше e_j^- значення. На четвертому етапі для кожної i -ї альтернативи розраховують значення показника S_i , який характеризує її наближеність до найкращої точки, за формулою

$$S_i = \sum_{j=1}^m \left| \frac{w_j (e_j^+ - r_{ij})}{e_j^+ - e_j^-} \right|, \quad i=1, \dots, n.$$

На п'ятому етапі для кожної i -ї альтернативи розраховують значення показника R_i , який характеризує її максимальну віддаленість від найкращої точки за показником з найбільшою віддаленістю, за формулою

$$R_i = \max_j \left[\left| \frac{w_j (e_j^+ - r_{ij})}{e_j^+ - e_j^-} \right| \right], \quad i=1, \dots, n.$$

Після виконання п'ятого етапу для кожної альтернативи будуть визначені три характеристики y_i , S_i та R_i , які з урахуванням важливості кожного показника характеризують відповідно її віддаленість від найгіршої точки, наближеність до найкращої точки, а також відстань до найкращої точки за показником, для якого ця відстань є найбільшою.

Зрозуміло, що особливості окремих альтернатив можна виявити шляхом їхнього порівняння за окремими частковими показниками або їхніми комбінаціями. Для того, щоб реалізувати ці комбінації на практиці, використовують формулу для розрахунку узагальненого показника [4]

$$Q_i = \frac{S_i^{k_S} + R_i^{k_R}}{y_i^{k_y}}, \quad i=1, \dots, n. \quad (1)$$

де k_S , k_R та k_y — параметри, комбінація значень яких дає змогу отримати різні варіанти залежності, за якою розраховують значення узагальненого показника Q_i .

Оскільки найкращий варіант має бути максимально наближений до найкращої точки та максимально віддалений від найгіршої, тобто мати най-

Таблиця 1. Формули для розрахунку узагальненого показника залежно від комбінацій значень параметрів k_S , k_R та k_y

№ комбінації	Значення параметрів			Формула для розрахунку узагальненого показника
	k_S	k_R	k_y	
1	0	0	0	$Q_i = 2$
2	0	0	1	$Q_i = 2 / y_i$
3	0	1	0	$Q_i = 1 + R_i$
4	0	1	1	$Q_i = (1 + R_i) / y_i$
5	1	0	0	$Q_i = 1 + S_i$
6	1	0	1	$Q_i = (1 + S_i) / y_i$
7	1	1	0	$Q_i = S_i + R_i$
8	1	1	1	$Q_i = (S_i + R_i) / y_i$

менші значення S_i і R_i та найбільше значення y_i , менші значення Q_i будуть відповідати кращій альтернативі. Водночас кожний параметр (k_S , k_R та k_y) може мати лише одне з двох значень: 0 або 1. Комбінуючи ці значення, можна отримати сукупність формул для розрахунку значень узагальненого показника (табл. 1) залежно від обраних критеріїв порівняння альтернатив.

Це підвищує ступінь повноти порівняння альтернатив та відповідно забезпечує можливість виявлення їхніх особливостей.

На наступних етапах обчислюють узагальнений показник Q_i для значень параметрів з рядків 2–7 табл. 1 та формують відповідні пріоритетні ряди за зростанням значення Q_i . При цьому найкращою буде перша альтернатива у пріоритетному ряду. За результатами розрахунків отримують сім варіантів ранжування, в яких пріоритетний ряд альтернатив залежить від використаного критерію порівняння.

Зрозуміло, що порівняння рангів альтернативи в отриманих рядах дає можливість виявити її переваги (або недоліки) порівняно з іншими за розглядуваними показниками відповідно до обраних критеріїв порівняння та надати ОНР обґрунтовані рекомендації щодо доцільності її розгляду як раціональної.

Беззаперечною перевагою розглянутого методу є те, що він дає змогу порівняти пріоритетні ряди, отримувани з використанням різних критеріїв. Водночас завдяки комбінуванню параметрів можна виявити нові показники і за ними порівняти альтернативи. Недоліком цього методу є те, що він не дає змоги розв'язувати задачі в умовах нестохастичної невизначеності, оскільки передбачає використання вихідних даних, заданих точними значеннями показників. Усунути цей недолік можна за допомогою підходів до модифікації, удосконалення та створення методів багатокритерійної оптимізації, наведених у [8]. Це дасть можливість розробити новий, нечіткий комплексний метод ранжування альтернатив для розв'язання задач в умовах нестохастичної невизначеності.

До того ж, за результатами тестових обчислень встановлено, що в деяких випадках значення Q_i , обчислені для 4-го та 6-го варіантів комбінації значень параметрів (табл. 1), можуть спричиняти хибні результати ранжування через наявність у чисельниках $(1 + R_i)$ та $(1 + S_i)$ зайвого доданку, що дорівнює одиниці. Цей недолік можна усунути шляхом коригування формули для розрахунку узагальненого показника переваги Q_i .

НЕЧІТКИЙ КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД РАНЖУВАННЯ

Доцільно нагадати, що під час розв'язання задач в умовах нестохастичної невизначеності вихідні дані задають у вигляді нечітких чисел (зокрема, трикутних або трапецієподібних). Використовувані при цьому нечіткі методи зазвичай є аналогами відомих чітких методів, у яких операції з чіткими числами замінюють на операції з нечіткими числами. Огляд цих операцій для нечітких трикутних чисел представлено у [8]. З урахуванням підходів, наведених у [8], послідовність дій під час реалізації нечіткого комплексного методу ранжування альтернатив є такою.

Вихідні дані подають у вигляді матриці нечітких значень \tilde{E}_{ij} показників, за якими здійснюватиметься порівняння альтернативи, та вектора коефіцієнтів важливості показників \tilde{w}_j . На першому етапі (у випадку лінійної функції корисності) нормування здійснюють за наведеними нижче формулами. Для показників, які потребують максимізації, застосовують формулу

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\tilde{E}_{ij} \ominus \min_{i=1}^n (\tilde{E}_{ij})}{\max_{i=1}^n (\tilde{E}_{ij}) \ominus \min_{i=1}^n (\tilde{E}_{ij})}, \quad i=1, \dots, n, \quad j=1, \dots, m,$$

де \ominus — позначення операції нечіткого віднімання. Для показників, що потребують мінімізації, використовують формулу

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\max_{i=1}^n (\tilde{E}_{ij}) \ominus \tilde{E}_{ij}}{\max_{i=1}^n (\tilde{E}_{ij}) \ominus \min_{i=1}^n (\tilde{E}_{ij})}, \quad i=1, \dots, n, \quad j=1, \dots, m.$$

Після нормалізації усі показники потребуватимуть максимізації. За потреби можна скористатися й іншими видами нормувань, огляд яких наведено у [8]. На другому етапі розраховують нечіткий рівень корисності (бажаності) i -ї альтернативи за формулою

$$\tilde{y}_i = \sum_{j=1}^m \tilde{w}_j \otimes \tilde{r}_{ij}, \quad i=1, \dots, n.$$

На третьому етапі для кожного показника за нормалізованими даними визначають його найкраще \tilde{e}_j^+ та найгірше \tilde{e}_j^- значення (найкращий та найгірший еталон відповідно). На четвертому етапі розраховують нечітке значення показника наближеності i -ї альтернативи до найкращої точки

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^m \left| \frac{\tilde{w}_j \otimes (\tilde{e}_j^+ - \tilde{r}_{ij})}{\tilde{e}_j^+ - \tilde{e}_j^-} \right|, \quad i=1, \dots, n.$$

На п'ятому етапі розраховують нечітке значення показника віддаленості i -ї альтернативи від найкращої точки за показником з найбільшою віддаленістю:

$$\tilde{R}_i = \max_j \left[\left| \frac{\tilde{w}_j \otimes (\tilde{e}_j^+ - \tilde{r}_{ij})}{\tilde{e}_j^+ - \tilde{e}_j^-} \right| \right], \quad i=1, \dots, n.$$

На шостому етапі для нечітких значень $\tilde{y}_i, \tilde{S}_i, \tilde{R}_i$ розраховують їхні чіткі значення y_i, S_i, R_i .

Отже, у результаті виконання розглянутих етапів буде отримано всі необхідні дані для розрахунку узагальненого показника Q_i . Однак, як зазначено вище, у деяких випадках значення Q_i , обчислені за формулами для 4-го та 6-го варіантів комбінації значень параметрів (табл. 1), можуть зумовити хибні результати ранжування.

Аналіз залежностей, наведених у табл. 1, свідчить про те, що у формулах, які відповідають варіантам комбінацій значень параметрів №№ 2–6, наявні додаткові константи (1 і 2). Однак, якщо для варіантів №№ 2, 3 та 5 це не впливає на порядок ранжування альтернатив, то для варіантів № 4 та № 6 ситуація є дещо іншою. Для прикладу розглянемо формулу для варіанта № 4. Шляхом простих перетворень її можна звести до вигляду

$$Q_i = 1 + \frac{1}{y_i} + \frac{R_i}{y_i}.$$

За логікою альтернативи потрібно порівнювати за співвідношенням значень показників R_i та y_i . Однак, у разі використання формули (1) в узагальненому показнику Q_i додатково враховано доданок $1/y_i$, значення якого не залежить від величини R_i . Іншими словами, показник y_i є додатковим внеском у значення Q_i . Це зумовлює хибність отриманого значення узагальненого показника і, як наслідок, у деяких випадках може вплинути на порядок ранжування альтернатив. Щоб унеможливити цю ситуацію, формулу (1) було уточнено шляхом уведення до неї додаткових параметрів k_S^1 та k_R^1 , які можуть набувати значення 0 або 1 залежно від комбінації значень параметрів k_S , k_R та k_y . У результаті формула (1) набула такого вигляду:

$$Q_i^* = \frac{k_S^1 S_i^{k_S} + k_R^1 R_i^{k_R}}{y_i^{k_y}}, \quad i=1, \dots, n.$$

Формули для розрахунку узагальненого показника залежно від комбінацій значень параметрів, які входять до неї, наведено у табл. 2. Дані, наведені у табл. 2, далі використовують для побудови пріоритетних рядів відповідно до обчислених значень Q_i^* .

Отже, розроблений нечіткий метод забезпечує порівняння альтернатив, які характеризуються нечіткими показниками, що дає змогу розв'язувати задачі багатокритерійної оптимізації в умовах нестохастичної невизначеності.

Таблиця 2. Формули для розрахунку узагальненого показника залежно від комбінацій значень параметрів k_S , k_R , k_y , k_S^1 та k_R^1

№ комбінації	Значення параметрів					Формула для розрахунку узагальненого показника
	k_S	k_R	k_y	k_S^1	k_R^1	
2	0	0	1	1	1	$Q_i^* = 2 / y_i$
3	0	1	0	1	1	$Q_i^* = 1 + R_i$
4	0	1	1	0	1	$Q_i^* = R_i / y_i$
5	1	0	0	1	1	$Q_i^* = 1 + S_i$
6	1	0	1	1	0	$Q_i^* = S_i / y_i$
7	1	1	0	1	1	$Q_i^* = S_i + R_i$
8	1	1	1	1	1	$Q_i^* = (S_i + R_i) / y_i$

**ПРИКЛАД ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ
ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ РАНЖУВАННЯ**

Для того, щоб оцінити можливості практичного використання розробленого методу, розглянемо приклад з [9], який стосується вибору раціонального зразка навчально-тренувального літака для іспанської Академії повітряних сил (Spanish Air Force Academy). Слід також зазначити, що у [9] цю задачу розв'язано з використанням нечіткого методу TOPSIS.

Як альтернативи розглянуто п'ять типів літаків: Pilatus PC-21, Beechcraft T-6C, PZL-130 Orlik(TC-II), Basic Trainer, CASA C-101 Aviojet (альтернативи №№ 1–5 відповідно).

Показники E_1 – E_{12} обрано у такий спосіб: E_1 — робоча стеія; E_2 — крейсерська швидкість; E_3 — швидкість звалювання; E_4 — максимальний час польоту, який забезпечується запасом пального; E_5 — позитивне перевантаження; E_6 — негативне перевантаження; E_7 — мінімальна дистанція розбігу; E_8 — мінімальна дистанція гальмування; E_9 — ергономічність кабіни; E_{10} — зручність управління; E_{11} — безпечність управління; E_{12} — зручність переобладнання літака для виконання різних завдань. При цьому показники E_1, E_2, E_4, E_5, E_9 – E_{12} потребують максимізації, а решта — мінімізації.

Особливістю вихідних даних для цього прикладу є те, що частина з них (E_1 – E_8) є чіткими (їхні значення визначено за технічними характеристиками літаків), а значення показників E_9 – E_{12} є нечіткими. Їх визначено за результатами опитування пілотів, які мали досвід пілотування таких літаків. В обчисленнях чіткі дані розглядали як нечіткі трикутні числа виду $\tilde{A}(a; b; c)$, для яких $a = b = c$. Значення коефіцієнтів важливості розглядуваних показників також є нечіткими. Їх визначено за результатами експертного опитування.

Вихідні дані для цього прикладу та ранги альтернатив, а також коефіцієнти важливості показників, наведені у [9], представлено в табл. 3 та 4 відповідно.

Результати ранжування альтернативних варіантів навчально-тренувального літака за розробленим нами методом наведено в табл. 5. Порівняльний аналіз цих результатів ранжування свідчить про те, що п'ять пріоритетних рядів

Таблиця 3. Вихідні дані для розглядуваного прикладу та ранги альтернатив, отримані в [9]

i альтернативи	Значення показників												Ранг
	\tilde{E}_{i1}	\tilde{E}_{i2}	\tilde{E}_{i3}	\tilde{E}_{i4}	\tilde{E}_{i5}	\tilde{E}_{i6}	\tilde{E}_{i7}	\tilde{E}_{i8}	\tilde{E}_{i9}	\tilde{E}_{i10}	\tilde{E}_{i11}	\tilde{E}_{i12}	
1	38000	308	86	153	8	-4	2380	2953	7; 9; 10	1; 1; 1	7; 9; 10	7; 9; 10	1
2	31000	316	100	207	7	-3.5	1302	2253	4.33; 6.33; 8.33	1; 3; 5	5; 7; 8.67	3.67; 5.67; 7	2
3	32152	283	74	154	7	-3	1476	1165	3; 5; 7	5; 5; 5	3.67; 5.67; 7	2.33; 4.33; 6.33	5
4	30000	310	72	300	7	-3.5	650	900	3; 5; 7	5; 5; 7	3; 5; 7	2; 3.67; 5.67	4
5	42000	354	95	180	7.5	-3.9	2500	2500	3.67; 5.67; 7	1; 1; 5	4.33; 6.33; 8	3.33; 5; 6.67	3

Таблиця 4. Значення коефіцієнтів важливості показників [9]

№ показника	Значення коефіцієнта важливості, \tilde{w}_j
1	0.033; 0.044; 0.058
2	0.037; 0.051; 0.069
3	0.039; 0.055; 0.077
4	0.033; 0.044; 0.059
5	0.032; 0.042; 0.055
6	0.030; 0.038; 0.049
7	0.042; 0.061; 0.091
8	0.038; 0.053; 0.074
9	0.081; 0.113; 0.165
10	0.108; 0.137; 0.175
11	0.250; 0.294; 0.326
12	0.047; 0.070; 0.107

збіглися. Іншими словами, фактично отримано три різних пріоритетних ряди, в яких лідерами є альтернативи № 1 та № 2. При цьому альтернатива № 2 є найкращою лише тоді, коли ранжування літаків здійснювали залежно від значення показника R_j . У всіх інших випадках найкращою є альтернатива № 1.

Порівняння отриманих результатів з результатами роботи [9] показує, що один з пріоритетних рядів, наведених у табл. 5, збігся з ранжуванням, отриманим за нечітким методом TOPSIS (табл. 2). Це свідчить на користь розробленого методу та підтверджує можливість його практичного застосування. До того ж, запропонований метод дав змогу чітко визначити, в якому випадку альтернативу № 2 (яка за нечітким методом TOPSIS посідає друге місце) можна вважати найкращою.

Іншими словами, перевагою розробленого нечіткого комплексного методу ранжування є те, що під час підготовки рекомендацій для ОПР він забезпечує більш детальну інформацію про особливості розглядуваних альтернатив за рахунок побудови пріоритетних рядів як за окремими, так і за комплексними показниками.

Таблиця 5. Результати ранжування альтернативних варіантів навчально-тренувального літака за розробленим методом

№ комбінації	Значення параметрів					Результати ранжування альтернативних варіантів
	k_S	k_R	k_y	k_S^1	k_R^1	
2	0	0	1	1	1	1, 4, 2, 5, 3
3	0	1	0	1	1	2, 1, 5, 3, 4
4	0	1	1	0	1	1, 2, 5, 4, 3
5	1	0	0	1	1	1, 4, 2, 5, 3
6	1	0	1	1	0	1, 4, 2, 5, 3
7	1	1	0	1	1	1, 4, 2, 5, 3
8	1	1	1	1	1	1, 4, 2, 5, 3

ВИСНОВКИ

У статті наведено опис нечіткого комплексного методу ранжування альтернатив, який забезпечує їхнє порівняння за частковими та комплексними показниками для обґрунтування раціональних рішень під час багатокритерійного аналізу складних систем в умовах нестохастичної невизначеності. Продемонстровано можливість практичного використання цього методу на прикладі обчислень.

Напрямом подальших досліджень є програмна реалізація запропонованого методу та перевірка ефективності його застосування на достатньому обсязі тестових даних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воронин А.М., Савченко А.С. Многокритериальная оптимизация: системный подход. *Кибернетика и системный анализ*. 2020. Т. 56, № 6. С. 160–174.
2. Aruldoss M., Lakshmi T.M., Venkatesan V.P. A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*. 2013. Vol. 1, N 1. P. 31–43.
3. Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Минаева Ю.И., Филимонов Г.А. Нечеткая математика при ограниченных возможностях назначения функции принадлежности. *Кибернетика и системный анализ*. 2020. Т. 56, № 1. С. 35–48.
4. Романченко І.С., Потьомкін М.М., Кравець О.П., Саковський Г.А. Комплексний метод ранжування та його використання для багатокритеріального порівняння альтернатив. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2019. № 3 (36). С. 49–52.
5. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. Москва: Радио и связь, 1981. 560 с.
6. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. Москва: Машиностроение; София: Техника, 1980. 304 с.
7. Корнеев В.П. Методы оптимизации. Москва: Высш. шк., 2007. 664 с.
8. Потьомкін М.М., Дублян О.В., Хомчак Р.Б. Підхід до розроблення, вдосконалення та модифікації багатокритерійних методів прийняття рішення. *Кибернетика и системный анализ*. 2019. Том 55. № 6. С. 99–109.
9. Sánchez-Lozano J.M., Serna J., DolJn-Payín A. Evaluating military training aircrafts through the combination of multi-criteria decision making processes with fuzzy logic. A case study in the Spanish Air Force Academy. *Aerospace Science and Technology*. 2015. N 42. P. 58–65.

M.M. Potomkin, A.A. Sedliar, R.S. Sirchenko, O.M. Ishchenko

FUZZY COMPLEX RANKING METHOD AND ITS USE FOR MULTICRITERIA COMPARISON OF ALTERNATIVES

Abstract. It is noted that fuzzy methods are widely used to substantiate rational decisions in multi-criteria analysis of complex systems due to the fact that the operating conditions of such systems and their characteristics are mostly non-deterministic and should be considered in solving problems with non-stochastic uncertainty. A description of the known complex ranking method and its analysis are given. It is noted that it has certain positive features, but does not allow solving the problem of multicriteria comparison of alternatives under non-stochastic uncertainty. Based on this method, a fuzzy complex ranking method is developed and the calculation example shows the possibility of its practical use.

Keywords: alternative, multicriteria decision making, ranking method, non-stochastic uncertainty, fuzzy numbers, example of calculations.

Надійшла до редакції 21.12.2020