

## **МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПРОЕКТУ ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН**

***О. М. Загурський, доктор економічних наук  
ORCID 0000-0002-5407-8466  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
e-mail: zagurskiy\_oleg@ukr.net***

**Анотація.** *Роль інвестицій у технічному переоснащенні автотранспортних підприємств на сучасному етапі розвитку економіки України є досить важливою. Реалізація процесу інвестування можлива лише за наявності попередніх даних про діяльність того чи іншого суб'єкта господарювання та можливі ризики, що можуть виникнути у процесі його впровадження. Найбільша точність і достовірність інвестиційного аналізу досягається за використання комбінованих методів оцінки ризику, які враховують максимальну кількість значущих чинників, а також їх вплив на кінцевий результат і взаємозв'язок один з одним. Тому оцінка інвестиційної привабливості потенційного об'єкта інвестування це перший крок при прийнятті інвестиційного рішення.*

*В статті розглянуто загальні методичні підходи щодо аналізу інвестиційної привабливості та запропоновано модель оцінки проекту з технічного переоснащення підприємств автотранспортної галузі із застосуванням теорії нечітких множин. Запропонований метод в силу його адаптивності та гнучкості дозволяє максимально об'єктивно урахувати всі реалії економіки країни, є простим у застосуванні та ефективним у використанні та дозволяє однозначно інтерпретувати результати математичної та аналітичної обробки визначеної групи цільових показників.*

**Ключові слова:** *інвестиційна привабливість, інвестиції, нечітка логіка, ризик, технічне переоснащення*

**Постановка проблеми.** *Процес технічного переоснащення є одним з основних чинників істотного підвищення ефективності функціонування і розвитку автотранспортної галузі. Разом з тим технічне переоснащення вимагає часу і значних фінансових інвестицій, що не завжди піддаються точному економічному прогнозу.*

Зі збільшенням розміру і ускладненням структури парку машин і іншої техніки в процесі функціонування автотранспортного підприємства зростає частка додаткових витрат, які не можуть бути точно прогнозовані на етапі проектування і техніко-економічного обґрунтування. Відповідно і прийняття рішень на різних стадіях реалізації інвестиційного проекту відбувається в умовах невизначеності та ризику, які характеризуються відсутністю статистики, впливом зовнішніх факторів, недостовірністю інформації, довгими строками реалізації проектів. Саме тому новітні системи прийняття рішень, створені за допомогою різноманітних методів штучного інтелекту, потребують використання адекватного математичного апарату, який дає можливість врахувати неповноту та невизначеність вхідних даних. Останнім часом для ефективного прийняття рішень при невизначеності умов функціонування системи застосовують методи, що базуються на основі теорії нечітких множин.

**Аналіз останніх досліджень.** Теорія нечітких множин була запропонована математиком Лотфі А. Заде. Пізніше вона отримала подальший розвиток у наукових дослідженнях і практичній реалізації майже у всіх областях природничих і гуманітарних наук. Серед сучасних досліджень в галузі оцінки і управління ризиками, що використовують не чітко множинний підхід виділяються роботи П. Блаватського [2], Х. Бротонса и А. Терцено [3], Д. Гулика і Х. Норде [5], П. Хоргби [6], Т. Хуанга [7] та ряду інших авторів.

Проте, не зважаючи на значну кількість напрацювань не обхідно визначити, що завдання оцінки і управління ризиками при технічному переозброєнні на сьогоднішній день повністю не вирішені, і тому дослідження, на основі якого можна було б дати не тільки якісну, а й кількісну оцінку відповідним ризикам, є надзвичайно актуальним.

**Мета досліджень** є розробка загально методичних підходів щодо аналізу інвестиційних проектів та побудова моделі оцінки технічного переоснащення підприємств автотранспортної галузі із застосуванням теорії нечітких множин.

**Матеріали та методика досліджень.** Виникнення ризиків при реалізації проектів технічного переоснащення автотранспортних підприємств в основному пов'язано з волатильним характером протікання процесів, що впливають на остаточні техніко-економічні параметри проекту. На сам перед потрібно відзначаємо групи факторів (технічні, технологічні, інноваційні, кліматичні та фінансові), що безпосередньо впливають на остаточний результат інвестиційного проекту. Усі вони у міру складності та сучасних умов розвитку (інновації, глобалізація, інфляція) характеризуються непередбачуваністю та ризиком.

У методах оцінювання рівня ризику інвестиційного проекту, від рівня оптимізму особи, що приймає рішення, доволі часто залежить загальний результат оцінки  $\alpha$ , отже, подальші дії з реалізації проекту. У переважній більшості випадків оцінка цього рівня проводиться експертним методом. При цьому передбачається, що експерт (група експертів) достатньо обізнаний, має достатній рівень знань і досвіду, щоб на основі безлічі чинників і загальної невизначеності досить достовірно визначити рівень інвестиційної привабливості того проекту переоснащення підприємства. Проте, на віть за високої кваліфікації експерта, в силу постійної мінливості умов та тривалої реалізації проекту, точна загальна оцінка рівня привабливості проекту може бути досить ускладнена. У такій ситуації можливим рішенням є застосування теорії нечіткої логіки та нечітких множин.

Думка застосувати нечіткі множини у інвестиційному аналізі зародилася як спосіб боротьби з невизначеністю не тільки статистичною, а й лінгвістичною, тобто з невизначеністю висловлювань на природній мові. Нечітко множинний підхід виявляється більш гнучким і дозволяє інвестору або експерту самостійно скласти модель, яка буде чітко відповідати усім необхідним для нього умовам і дасть конкретні відповіді на всі поставлені запитання.

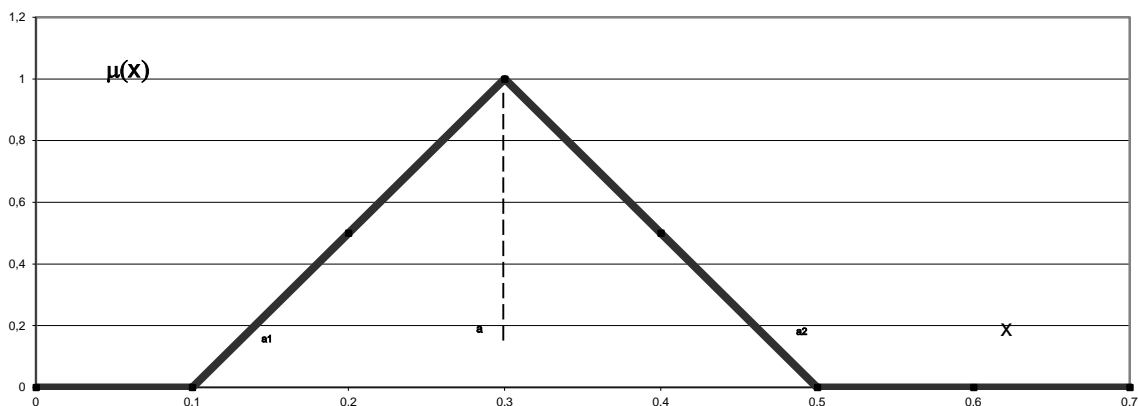


Рис. 1. Функція належності трикутного нечіткого числа.

Джерело: Недосекин А. О. Нечетко-множественный подход к актуарному моделированию [Электронный ресурс]. Режим: <http://pensionreform.ru>, вільний.

Теорія нечітких множин представляє собою узагальнення і переосмислення найважливіших напрямів класичної математики. Це спроба поєднати як формалізовані так і неформалізовані методи аналізу. Нечіткі множини ідеально описують суб'єктну активність особи, що приймає рішення в умовах ризику та невизначеності. Крім того, нечіткі числа (різновид нечітких множин) ідеально підходять для планування факторів в часі, коли їхня майбутня оцінка розмита і не має достатніх підстав вірогідності. Перевага методу полягає у тому

що, всі сценарії по великій кількості окремих факторів можуть бути зведені в один сценарій у формі трикутного числа, де виділяються три точки: мінімально можливе, найбільш очікуване і максимально можливе значення фактора.

При цьому вага окремих сценаріїв формалізуються як трикутна функція належності рівня фактора нечіткій множині «приблизна рівність середньому». При описі об'єктів і явищ за допомогою нечітких множин використовується поняття нечіткої і лінгвістичної змінних.

Нечітка змінна характеризується тріадою  $\langle a, X, A \rangle$ , де:  $a$  – найменування змінної,  $X$  – універсальна множина (область визначення  $a$ ),  $A$  – нечітка множина на  $X$ , що описує обмеження (тобто  $\mu_A(x)$ ) на значення нечіткої змінної  $a$ .

Побудова моделі оцінки за допомогою нечіткої логіки включає в себе наступні кроки:

1. Вибираються незалежні змінні, фактори-наслідку, які впливають на значення залежної змінної.

2. Описуються нечіткі множини значень для незалежних і залежних змінних. При цьому замість чисельних значень використовуються лінгвістичні терміни.

3. Описуються правила виведення. Кожне правило записується у вигляді «якщо» (незалежна змінна дорівнює значенню), «то» (залежна змінна дорівнює значенню). При цьому у якості «значень» застосовуються лінгвістичні терми, описані в п. 2.

4. На основі незалежних змінних і правил виводу генеруються нечіткі множини залежної змінної. Для реалізації цього кроку зазвичай застосовуються програмні засоби.

5. Результат потім використовується для обґрунтованого прийняття рішень.

Згідно наведеному вище алгоритму відбуваються етапи моделювання.

Етап 1 (Множини). В рамках моделі оцінки ризику технічного переоснащення автотранспортного підприємства пропонуються наступні безлічі значень для незалежних змінних і правила їх оцінки:

1. Показники надійності та якості машини. До показників надійності і якості технічної системи, що визначає характер, вартість та інші параметри процесу технічного переозброєння, в першу чергу відносяться: технічний ресурс, термін служби, гамма-процентний ресурс, безвідмовність, довговічність та ін. Безліч лінгвістичних термінів визначається значеннями «високий», «середній», «низький», розподілених в діапазоні  $[0,01; 1]$ , де 1 відповідає тому, що техніка повністю відповідає світовому рівню за основними параметрами, які характеризують її експлуатаційні властивості. Опис значень і функцій належності для різних типів технічних систем може відрізнятися, в

тому числі і бути несиметричним щодо середини діапазону [0,01; 1]. Виходячи з цього, можна орієнтуватися на наступну шкалу: <0,5 – низький; 0,5–0,8 – середній, >0,8 – високий рівень.

2. Режим роботи техніки. Безліч лінгвістичних термінів цієї змінної складається з наступних значень: «легкий», «середній», «важкий». Ці значення характеризують режим, в якому планується робота технічної системи. Чим важче режим експлуатації, тим частіше будуть відбуватися раптові відмови, а отже, рівень оптимізму буде нижче. Числові значення цього чинника змінюються в діапазоні [0,01; 1], де <0,3 – легкий режим роботи, 0,3–0,7 – середній, 0,7–1 – важкий режим роботи. Значення 1,0 відповідає максимально допустимим піковим навантаженням на машину (самий важкий режим роботи з можливих). Режими експлуатації визначають за такими показниками: коефіцієнт використання номінального навантаження; коефіцієнт тривалості роботи системи під навантаженням протягом зміни; коефіцієнт використання в році; число включень системи в годину; коефіцієнт коливань навантаження; коефіцієнт використання потужності приводу; тривалість включення (для машин циклічної дії).

3. Рівень кваліфікації персоналу. Безліч термінів для цієї змінної складається з наступних значень: «низький», «середній», «високий». Рівень описує досвід, знання і компетенції персоналу, який буде працювати на об'єкті. Більш високий рівень персоналу збільшує рівень оптимізму. Оцінка рівня кваліфікації персоналу будується в діапазоні [0,01; 1], де 0,01 – вкрай некваліфікований персонал, а 1 – висококваліфікований. Для оцінки рівня кваліфікації приймемо єдиний набір ознак, що відносяться до всіх категорій працівників, що включає рівень фахової освіти і стаж роботи за фахом. За рівнем освіти всіх працівників згідно постанови КМУ від 20 січня 1998 року “Про освітньо-кваліфікаційні рівні”, можна розділити на: <0,5 – низький (кваліфікований робітник); 0,5–0,8 – середній (молодший спеціаліст, бакалавр) >0,8 – високий (спеціаліст, магістр) Коефіцієнт стажу роботи можна розрахувати шляхом ділення максимального значення коефіцієнта, припустимо 1 на кількість періодів – за середнім терміном трудової активності населення в Україні 5 (при градації років – 5 років). Отже, коефіцієнт буде дорівнювати:

### **1. Коефіцієнт стажу роботи.**

Загальний трудовий стаж ( в роках )	Величина коефіцієнта
25 і більше	1
20	0,80
15	0,60
10	0,40
5 і менше	0,20

4. Рівень новизни технології. Безліч лінгвістичних термінів містить значення «застаріла», «сучасна», «інноваційна», розподілених в діапазоні  $[0,01; 1]$ , де 1 – найбільш інноваційна технологія. Оцінка цього параметра здійснюється виключно на основі думок експертів.

5. Прийнята технологія роботи. Існує технологія, яка забезпечує певний «ідеальний варіант» з точки зору результатів виконання робіт. Така технологія спирається на певний комплекс машин і механізмів, керованих персоналом високої кваліфікації. Однак при проведенні робіт далеко не завжди є можливість забезпечити такі умови. В силу цього технологія робіт повинна бути пристосована до наявних в реальності обставинам. Очевидно, що в такому випадку максимально можливий результат не буде досягнутий. І все ж результат повинен бути таким, щоб відповідав мінімальним вимогам. Чим більше відхилення від «ідеального» варіанту, тим, очевидно, буде нижче рівень оптимізму експерта. Цей критерій пропонується оцінювати в діапазоні  $[0,01; 1]$ , де значення 0,01 відповідає мінімально допустимому результату, а 1 – ідеальному варіанту.

6. Прийнятий метод ремонту. Безліч термінів містить значення «оптимальний», «допустимий», «неефективний». Числове значення знаходиться в діапазоні  $[0,01; 1]$ . «Оптимальний» – передбачає відновлення ресурсу об'єкта до 90-100% від початкового значення, закладеного на стадії проектування і виготовлення. «Допустимий» – передбачає відновлення ресурсу об'єкта до 50-90% від початкового значення, закладеного на стадії проектування і виготовлення. «Неефективний» – передбачає відновлення ресурсу об'єкта на величину менше 50% від початкового значення.

7. Відстань від ремонтних баз. Безліч лінгвістичних термінів містить значення «далеко», «середньо», «близько». При цьому числові значення виражаються кілометрами.

8. Темп технічного прогресу. Відображає темп технічного прогресу в даній галузі. Характеризується термінами «стабільний стан», «низький», «середній», «високий». Числові значення знаходяться в діапазоні  $[0; 1]$ , де 0 – стабільний стан (відсутність нових розробок), а 1 – максимально можливий темп прогресу.

9. Тенденція. Цей фактор відображає основні тенденції в економіці країни і світу, що визначають майбутні курси валюти та рівень інфляції національної грошової одиниці. Безліч лінгвістичних термінів містить значення «негативна», «стабільна», «позитивна», розподілених в діапазоні  $[0,01; 1]$ , де 1 – найбільш позитивна тенденція. Чим позитивніша тенденція, тим, очевидно, вище рівень оптимізму (привабливості). Тенденція визначається експертом на основі статистичних даних.

Етап 2 (Значимість). Для кожного показника  $X_i$  зіставляється рівень його значущості для аналізу  $r_i$ . Щоб оцінити цей рівень,

потрібно розташувати всі показники по порядку убудування значимості так, щоб виконувалася нерівність:

$$r_1 \geq r_2 \geq \dots r_N. \quad (1)$$

Ранжування відбувається за допомогою правила Фішберна [4]:

$$r_i = \frac{2(N-i+1)}{(N-1)N}. \quad (2)$$

Етап 3 (Класифікація значень показників). Функція приналежності значення відхилення фактора-наслідку задається нечіткою множиною:

$$\mu_{[0;1]}(X_s^r) = \{X_{s_1}^r / V_1, X_{s_2}^r / V_2, \dots, X_{s_n}^r / V_n\}. \quad (3)$$

де:  $X_{s_1}^r, \dots, X_{s_n}^r$  – значення фактора після збільшення;  $V_1, \dots, V_n$  – суб'єктивні оцінки можливості відповідних збільшень фактора-наслідку при заданому прирості фактора-причини.

Далі проводиться класифікація поточних значень показників X, як критеріїв розбиття повної множини її значень на підмножини виду B.

Етап 4 (Класифікація рівня показників). Робиться оцінка поточного рівня показників та проводиться класифікація їх значень, де  $\lambda_{ij} = 1$ , якщо  $b_{i(j-1)} < x_i < b_{ij}$ , і  $\lambda_{ij} = 0$  у протилежному випадку (коли значення не потрапляє в обраний діапазон класифікації), а отримані результати зводяться в таблицю.

### 3. Класифікації рівня показників.

Найменування показника	Результат класифікації на підмножини		
	B <sub>i1</sub>	B <sub>i2</sub>	B <sub>i3</sub>
X <sub>1</sub>	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$	$\lambda_{13}$
...	...	...	...
X <sub>N</sub>	$\lambda_{N1}$	$\lambda_{N2}$	$\lambda_{N3}$
Вага (g)	0,1	0,3	0,5

Джерело: складено автором на основі нечітко-множинного підходу.

Етап 5 (Оцінка ступеня ефективності проекту). Виконавши формальні арифметичні дії по оцінці рівня ефективності (оптимізму) інвестиційного проекту g:

$$g = \sum_{j=1}^5 g_j \sum_{i=1}^N r_i \lambda_{ij}. \quad (4)$$

Класифікуються отримані значення ступеня їх рівнів на базі даних таблиці.

### 4. Класифікація поточного значення g показника рівня ефективності інвестиційного проекту G.

Інтервал значень G	Найменування підмножини
$0,7 < g < 1$	G3- високий рівень
$0,3 < g < 0,7$	G2- середній рівень
$0 < g < 0,3$	G1- низький

Джерело: складено автором на основі нечітко-множинного підходу.

Тим самим висновок про рівень інвестиційної привабливості проекту технічного переоснащення підприємства набуває лінгвістичної форми «високий рівень привабливості», «середній рівень привабливості» або «низький рівень привабливості».

Правила виведення для моделі оцінки привабливості (оптимізму) інвестиційного проекту описуються експертами виходячи з їх особистого досвіду та наданих переваг. При цьому, як і в випадку з описом множин, для різних проектів технічного переоснащення правила можуть відрізнятися, іноді істотно. Це обумовлюється тим фактом, що для різних проектів важливість тих чи інших факторів може бути теж різною.

### **Висновки**

Аналіз економічних ризиків, що виникають при організації та реалізації проектів технічного переоснащення автотранспортних підприємств засвідчує, що найбільша точність і достовірність досягається за використання комбінованих методів оцінки ризику, які враховують максимальну кількість значущих чинників, а також їх вплив на кінцевий результат і взаємозв'язок один з одним.

Вище зазначене зумовлює інтерес до застосування нечітких множин в оцінці інвестиційної привабливості проекту переоснащення автотранспортного підприємства. Запропонований метод по-перше в силу його адаптивності та гнучкості дозволяє максимально об'єктивно урахувати всі реалії економіки країни, а по-друге, є простим у застосуванні та ефективним у використанні, про що красномовно свідчить світова практика. Крім того, метод є зрозумілим та варіативним, тобто інтегровану оцінку інвестиційного проекту технічного переоснащення підприємства можна легко перевести у лінгвістичний вигляд з максимальною прискіпливістю або навпаки лояльністю до оцінки конкретного явища або наслідків тієї чи іншої події.

### **Список літератури**

1. Недосекин А. О. Нечетко-множественный подход к актуарному моделированию. Режим доступа : <http://pensionreform.ru>.
2. Blavatsky P. R. Probabilistic Risk Aversion with an Arbitrary Outcome Set. *Economics Letters*. 2011. № 1. P. 34–37.
3. Brotons J., Terceno A. Return Risk Map in a Fuzzy Environment. *Fuzzy Economic Review*. 2011. № 2. P. 33–57.
4. Fishburn P. Utility Theory. *Management Science*. 1968. Vol. 14. No 5. P. 335–378.
5. Gulick G., Norde H. W. Fuzzy cores and fuzzy balancedness In: *Mathematical Methods of Operations Research*. Tilburg University, Netherlands. 2013. № 77, (2). P. 131–146.
6. Horgby P. An Introduction to Fuzzy Inference in Economics. *Homo Oeconomicus*. 1999. № 15. P. 543–559.
7. Huang Tao, Ruiqing Zhao, Wansheng Tang. Risk Model with Fuzzy Random Individual Claim Amount. *European Journal of Operational Research*. 2009. № 3. P. 879–890.



8. Zadeh L. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. Fuzzy sets and systems. 1997. Vol. 90. No 2. P. 111–127.

### References

1. Nedosekin, A.O. (2018). Fuzzy-plural approach to actuarial modeling [Online]. Vol. . 8, available at: <http:pensionreform.ru>.
2. Blavatsky, P. R. (2011). Probabilistic Risk Aversion with an Arbitrary Outcome Set. Economics Letters. 112. № 1. 34–37.
3. Brotons, Jose M., Antonio Terceno. (2011). Return Risk Map in a Fuzzy Environment. Fuzzy Economic Review. 16. № 2. 33–57.
4. Fishburn, P. (1968). Utility Theory Management Science. Theory Series. Vol. 14. № 5. 335–378.
5. Gulick, G., Norde, H. W. (2013). Fuzzy cores and fuzzy balancedness In: Mathematical Methods of Operations Research. PhD thesis, Tilburg University, Netherlands. № 77. 2. 131–146.
6. Horgby, Per-Johan. (1999). An Introduction to Fuzzy Inference in Economics. Homo Oeconomicus. 15. 543–559.
7. Huang, Tao, Ruiqing Zhao, Wansheng Tang. (2009). Risk Model with Fuzzy Random Individual Claim Amount. European Journal of Operational Research. 192. № 3. 879–890.
8. Zadeh, L. (1997). Toward theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. Fuzzy sets and systems. Vol. 90, № 2. 111–127.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЕКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕОСНАЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ О. Н. Загурский

**Аннотация.** Роль инвестиций в техническом переоснащении автотранспортных предприятий на современном этапе развития экономики Украины является достаточно важной. Реализация процесса инвестирования возможна только при наличии предварительных данных о деятельности того или иного предприятия и возможных рисках, возникающих при его проведении. Наибольшая точность и достоверность инвестиционного анализа достигается при использовании комбинированных методов оценки риска, учитывающих максимальное количество значимых факторов, а также их влияние на конечный результат и взаимосвязь друг с другом. Поэтому оценка инвестиционной привлекательности потенциального объекта инвестирования это первый шаг при принятии инвестиционного решения.

В статье рассмотрено общие методические подходы к анализу инвестиционной привлекательности и предложена модель оценки проекта по техническому переоснащению предприятий автотранспортной отрасли с применением теории нечетких множеств. Предложенный метод в силу его

адаптивности и гибкости позволяет максимально объективно учесть все реалии экономики страны, является простым в применении и эффективным в использовании. Он позволяет однозначно интерпретировать результаты математической и аналитической обработки определенной группы целевых показателей.

**Ключевые слова:** инвестиционная привлекательность, инвестиции, нечеткая логика, риск, техническое переоснащение

## **METHODS OF EVALUATION OF PROJECT OF TECHNICAL UPGRADING ON BASIS OF THEORY OF INFANT MULTIPLESS**

**O. M. Zagurskiy**

**Abstract.** *The role of investment in technical re-equipment of motor transport enterprises at the current stage of development of Ukraine's economy is very important. The implementation of the investment process is possible only with the prior activity data of a business entity and the possible risks that may arise in the process of its implementation. The greatest precision and accuracy of the investment analysis is achieved by using the combined methods of risk assessment that take into account the maximum number of significant factors as well as their influence on the end result and the relationship with each other. Therefore, evaluation of investment attractiveness of a potential investment object is the first step in making an investment decisions.*

*The article deals with the General methodological approaches to the analysis of investment attractiveness and proposes the model of evaluation of the project on technical re-equipment of enterprises of the automotive industry using the theory of fuzzy sets. The proposed method due to its adaptability and flexibility allows to objectively take into account all the realities of the economy, it is easy to apply and effective in its usage and allows to unambiguously to interpret the results of mathematical and analytical treatment of a certain group of targets.*

**Key words:** investment attractiveness, investment project, fuzzy logic, risk, technical re-equipment