

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики Ужгородського національного університету, Ужгород, Україна

<sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент кафедри програмного забезпечення систем Ужгородського національного університету, Ужгород, Україна

<sup>3</sup>Канд. екон. наук, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики Ужгородського національного університету, Ужгород, Україна

## МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ФІНАНСУВАННЯ ПРОЄКТІВ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

**Актуальність.** Проведено дослідження актуальної задачі розроблення математичної моделі інформаційної технології оцінювання ризику проєктів відносно рівня безпеки їх фінансування, з використанням нечіткої математики, для різних інвестиційних суб'єктів. Розробка такої технології дасть можливість адекватно підійти до розгляду проєктів, підвищити ступінь обґрунтованості прийняття рішень щодо інвестування і основне підвищити економічну та управлінську безпеку.

**Метою** даної роботи є розроблення нечіткої математичної моделі інформаційної технології для оцінювання ризику комерційних проєктів відносно рівня безпеки їх фінансування.

**Методи.** Розроблено дворівневу нечітку математичну модель отримання агрегованої оцінки ризику проєкту для об'єднання думок експертів за групами критеріїв у остаточну оцінку та ступінь ризику проєкту. Сформовано множину критеріїв для оцінювання ризику проєктів різного походження, які розбито на групи. Сформульовано правила належності результуючої терм-оцінки за групами критеріїв ризику для побудови її бази знань. Представлено модель оцінювання ризику відносно рівня безпеки фінансування проєкту, що використовує системний підхід на основі: нечітких моделей оцінювання проєкту в залежності від його походження; нечіткої моделі оцінювання галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проєкт та агрегованої оцінки ризику проєкту.

**Результат.** Отриманим результатом дослідження є модель оцінювання ризику комерційних проєктів відносно рівня безпеки їх фінансування, виходом якої є лінгвістична оцінка по розглядуваному проєкту. Рациональність такої оцінки доводять переваги розробленої моделі.

**Висновки.** У роботі розв'язано науково-прикладне завдання розроблення математичної моделі інформаційної технології для оцінювання ризику комерційних проєктів відносно рівня безпеки їх фінансування. Розроблено модель оцінювання проєктів різного походження за умов нечітких експертних оцінок на основі апарату нечітких множин і нечіткої логіки.

Практичне значення одержаних результатів, а саме розробленої моделі оцінювання ризику відносно рівня безпеки фінансування проєкту, може бути втілена у роботу інвестиційних і венчурних фондів. Розроблена модель буде корисним інструментом при підвищенні рівня безпеки та обґрунтованості прийняття рішень інвестиційними суб'єктами, які бажають фінансувати комерційні проєкти різного походження.

**Ключові слова:** проєкти, ризики, лінгвістичні оцінки, група критеріїв, безпека фінансування, венчурні фонди.

### НОМЕНКЛАТУРА

$I$  – номер показника критерію ризику групи;

$K^F$  – група критеріїв «фінансові ризики»;

$K_1^F$  – ризик неефективного використання капіталу;

$K_2^F$  – ризик збитковості;

$K_3^F$  – ризик втрати інвестора;

$K_4^F$  – ризик втрати платоспроможності;

$K_5^F$  – ризик неоптимальної ціни капіталу;

$K^I$  – група критеріїв «інвестиційні ризики»;

$K_1^I$  – ризик неефективності інвестицій;

$K_2^I$  – ризик недосягнення цілей по віддачі на інвестований капітал;

$K_3^I$  – ризик зриву термінів створення виробничих фондів;

$K_4^I$  – ризик перевищення обсягу стартових інвестицій;

$K_5^I$  – ризик браку інвестиційного капіталу;

$K^O$  – група критеріїв «операційні ризики»;

$K_1^O$  – ризик втрати клієнтської бази;

$K_2^O$  – ризик втрати постачальника;

$K_3^O$  – ризик втрати ринкової долі;

$K_4^O$  – ризик зниження рівня управління;

$K_5^O$  – ризик виробничого конфлікту і неефективної мотивації;

$K_6^O$  – ризик зниження якості процесів;

$K_7^O$  – ризик зниження продуктивності праці;

$K_8^O$  – ризик незабезпеченості ресурсами;

$K_9^O$  – ризики персоналу;

$K^S$  – група критеріїв «ризики інноваційної діяльності»;

$K_1^S$  – ризик неефективних інноваційних інвестицій;

$K_2^S$  – ризик неефективного просування інновацій;

$K_3^S$  – ризики зриву термінів розробки інновацій;

$K_4^S$  – ризики порушення технологій інновацій;

$K_5^S$  – ризики ресурсної недостатності при проєктуванні інновацій;

$K_i^\alpha$  –  $i$ -тий показник критерію ризику групи  $\alpha$ ;

$l$  – кількість проектів;  
 $L$  – терм-множина рівнів ризику;  
 $L^\alpha$  – результуюча терм-оцінка груп критеріїв ризику;  
 $L_i^\alpha$  – змінна з терм-множини  $L$  для  $i$ -го показника групи  $\alpha$ ;  
 $m$  – кількість критеріїв;  
 $M(S)$  – вихідна оцінка;  
 $n$  – кількість тих лінгвістичних змінних, що співпадають з результуючою терм-оцінкою;  
 $O$  – оператор, що ставить у відповідність вихідну змінну  $SI$ ;  
 $O_G$  – оцінка галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект;  
 $O_R$  – агрегована оцінка ризику реалізації проекту;  
 $O_S$  – оцінка розглядуваного проекту в залежності від його походження;  
 $p_\delta$  – ваговий коефіцієнт;  
 $R$  – вихідне лінгвістичне трактування агрегованої оцінки ризику за групами критеріїв;  
 $r_1$  – незначний ступінь ризику проекту;  
 $r_2$  – низький ступінь ризику проекту;  
 $r_3$  – середній ступінь ризику проекту;  
 $r_4$  – високий ступінь ризику проекту;  
 $r_5$  – граничний ступінь ризику проекту;  
 $S$  – комерційний проект;  
 $SI$  – вихідна оцінка та лінгвістичне трактування ризику відносно безпеки фінансування;  
 $SI_1$  – дуже низький рівень безпеки фінансування проекту;  
 $SI_2$  – низький рівень безпеки фінансування проекту;  
 $SI_3$  – середній рівень безпеки фінансування проекту;  
 $SI_4$  – рівень безпеки фінансування проекту вище середнього;  
 $SI_5$  – високий рівень безпеки фінансування проекту;  
 $V$  – оператор, що ставить у відповідність вихідну змінну  $R$ ;  
 $x(L^\alpha)$  – значення функції, що дорівнює числовій інтерпретації результуючим терм-оцінкам;  
 $z^\alpha$  – оцінка ризику проекту за кожною групою критеріїв;  
 $\alpha$  – одна із груп критеріїв ризику;  
 $\alpha_\delta$  – нормований ваговий коефіцієнт;  
 $\delta$  – множина значень для проекту, галузі і ризику проекту;  
 $\mu(L)$  – достовірність експертних міркувань;  
 $\mu(L^\alpha)$  – агрегована оцінка достовірності міркувань експерта;  
 $\mu(L_i^\alpha)$  – достовірність міркувань експерта щодо присвоєння значення змінній  $L_i^\alpha$ ;  
 $V$  – терм-оцінка високий рівень ризику;  
 $BC$  – терм-оцінка рівень ризику вище середнього;  
 $H$  – терм-оцінка низький рівень ризику;  
 $HC$  – терм-оцінка рівень ризику нижче середнього;  
 $ОПР$  – особа, що приймає рішення;  
 $C$  – терм-оцінка середній рівень ризику.

## ВСТУП

Фінансування проектів будь-якої природи (стартап проекту чи класичного інвестиційного) – це ризикова діяльність. В залежності від походження проекту існують різні варіанти його фінансування, наприклад: бізнес ангели, венчурні та інвестиційні фонди, банки. Кожна із даних установ має власну політику керування ризиками. Але всіх їх об'єднує одне: знайти і профінансувати успішний проект при мінімальних ризиках.

З ризиком тісно пов'язується поняття економічної безпеки проекту, причому як безпека суб'єкта, що представляє проект, так і безпека інвестора. Безпека суб'єкта полягає у тому, що ризиковий і неуспішний проект призведе до збитків підприємства. Безпека інвестора прямо залежить від адекватної оцінки проекту і суб'єкта, що представляє проект. Підвищення безпеки інвестиційних проектів забезпечує стійкість регіональної економіки [1].

Актуальність роботи полягає у розробленні математичної моделі інформаційної технології оцінювання ризику проектів відносно рівня безпеки їх фінансування, з використанням нечіткої математики, для різних інвестиційних суб'єктів (інвестиційні фонди, венчурні фонди, бізнес-ангели, банківські установи та ін.). Розробка такої технології дасть можливість адекватно підійти до розгляду проектів, підвищити ступінь обґрунтованості прийняття рішень щодо інвестування і основне підвищити економічну та управлінську безпеку.

Метою даної роботи є розроблення нечіткої математичної моделі інформаційної технології для оцінювання ризику комерційних проектів відносно рівня безпеки їх фінансування.

## 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Для досягнення мети наукового дослідження необхідно вирішити такі завдання:

- сформулювати множину критеріїв для оцінювання проектних ризиків та класифікувати їх по групам;
- сформулювати правила належності результуючої терм-оцінки за групами критеріїв ризику для побудови бази знань;
- на основі запропонованих критеріїв розробити дво-рівневу нечітку математичну модель отримання агрегованої оцінки ризику проекту;
- розробити модель оцінювання ризику відносно рівня безпеки фінансування проекту, на основі: нечітких моделей оцінювання проекту в залежності від його походження; нечіткої моделі оцінювання галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект та агрегованої оцінки ризику проекту.

В залежності від походження комерційні проекти будемо розглядати двох видів: класичні – інвестиційні проекти під які чітко сформульований бізнес-план, виникають у працюючій на ринку компанії і потребують часткового залучення коштів ззовні; стартап проекти – «ідея», що виникає у компаніях бізнес яких ґрунтується на інноваційних технологіях, такі компанії не вийшли на ринок або щойно почали на нього виходити і мають потребу у залученні зовнішніх ресурсів.

Сформулюємо задачу оцінювання наступним чином. Нехай маємо на вході деякі комерційні проекти

$S_1, S_2, \dots, S_l$ , для яких потрібно оцінити їх ризик відносно рівня безпеки фінансування. Проекти можуть бути різної перспективності, природи та безпеки реалізації. Не зменшуючи загальності, надалі будемо розглядати один комерційний проект. У випадку множини проектів їх можна упорядковувати за отриманими вихідними оцінками. Модель задачі представимо у наступному вигляді:

$$SI = O(O_S, O_G, O_R), \quad (1)$$

де  $O_S$  – оцінка розглядуваного проекту в залежності від його походження (класичний інвестиційний проект або стартап проект),  $O_G$  – оцінка галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект,  $O_R$  – агрегована оцінка ризику реалізації проекту.  $SI$  – вихідна оцінка та лінгвістичне трактування ризику відносно рівня безпеки фінансування проекту.  $O$  – оператор, що ставить у відповідність вихідну змінну  $SI$ , при вхідних оцінках  $O_S, O_G, O_R$ .

Для отримання агрегованої оцінки ризику проекту запропонуємо, наприклад [11], наступну множину критеріїв оцінювання ризику та спробуємо класифікувати їх за чотирма групами критеріїв:  $K^O$  – «операційні ризики»;  $K^I$  – «інвестиційні ризики»;  $K^F$  – «фінансові ризики»;  $K^S$  – «ризики інноваційної діяльності». ОПР по кожній групі критеріїв ризику вибирає ті критерії, за якими може оцінити розглядуваний проект. Представимо кожну групу критеріїв у вигляді множини показників. Тоді

$$K^O = \{K_1^O, K_2^O, \dots, K_9^O\}, \quad K^I = \{K_1^I, K_2^I, \dots, K_5^I\},$$

$$K^F = \{K_1^F, K_2^F, \dots, K_5^F\}, \quad K^S = \{K_1^S, K_2^S, \dots, K_5^S\}.$$

Дана множина критеріїв ризику не може розкрити всі аспекти для будь-якого проекту (інвестиційного або стартапу) різних галузей реалізації, тому вона є відкритою і до неї ОПР може додати ті чи інші критерії в залежності від сфери інвестування.

Кожен критерій ризику оцінюється експертно за допомогою одного із термів наступної терм-множини лінгвістичних змінних  $L = \{H; HC; C; BC; B\}$ . Також, кожній оцінці рівня ризику експерт ставить число «достовірності»  $\mu(L)$  своїх міркувань з інтервалу  $[0; 1]$ . Тоді, вхідні дані для оцінювання ризику проектів різного походження можемо представити у вигляді таблиць за групами критеріїв ризику наступним чином (табл. 1).

Вхідні дані подані у вигляді лінгвістичних змінних та значень достовірності міркувань експерта. Тому, на першому рівні необхідно побудувати правила належності та базу знань, щоб отримати результуючу терм-оцінку  $L^\alpha$

Таблиця 1 – Вхідні дані за групами критеріїв ризику

Критерій групи	Лінгвістична змінна	Достовірність міркувань експерта
$K_1^\alpha$	$L_1^\alpha$	$\mu(L_1^\alpha)$
$K_2^\alpha$	$L_2^\alpha$	$\mu(L_2^\alpha)$
...	...	...
$K_m^\alpha$	$L_m^\alpha$	$\mu(L_m^\alpha)$

Де  $\alpha = \{O; I; F; S\}$  – одна із груп критеріїв ризику.

для кожної групи критеріїв ризику. На основі отриманої результуючої терм-оцінки  $L^\alpha$  визначити агреговану оцінку достовірності  $\mu(L^\alpha)$ . На другому рівні отримані оцінки  $L^\alpha$  та  $\mu(L^\alpha)$  спробуємо на «всіх ризиках» для визначення однієї оцінки ризику проекту за кожною групою критеріїв  $\alpha$ .

## 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Останні наукові дослідження свідчать про необхідність систематизації засобів мінімізації ризиків і розробки алгоритму вибору моделі оцінювання проектів різного походження. Питання кількісної оцінки ризику та ризик-менеджменту під час інвестування розкрито у багатьох працях [2–4], але досі ще не вироблено цілісної концепції визначення рівня ризику, його зниження та врахування при цьому суб'єктивних аспектів оцінювання. Наприклад, запропоновані статистичні методи [5–6] ґрунтуються на дослідженні статистики збитків у діяльності суб'єктів господарювання, визначенні конкретного рівня збитків та їх частоти виникнення, прогнозуванні ймовірності збитків. Основою статистичних методів є розрахунок коефіцієнта варіації, середньоквадратичного відхилення та дисперсії. Статистичні методи дозволяють отримати тільки кількісну оцінку ризику на множині дискретних оцінок, що не завжди є об'єктивним.

Існує достатньо систем класифікацій ризиків і різних факторів, що на них впливають. Дані системи класифікуються стосовно підмножини ризиків відносно сфери їх фінансування [7–8]. Але при створенні такої класифікації, в більшості, відбувається заміна об'єктивної системи ризиків на суб'єктивну, для спрощення побудови моделі та їх практичного вивчення і аналізу.

Опубліковано ряд робіт, що пропонують оцінювати ризики проектів, використовуючи формулу чистої приведенної вартості проекту [9–10]. Частина з них навіть використовують нечіткі множини і будують функції належності, розглядаючи різні терміни окупності проектів, але забувають про системний підхід таких оцінювань.

Звідси випливає, що застосування апарату нечітких множин, нечіткої логіки і системного підходу до оцінювання ризику фінансування проектів різного походження є нерозкритим достатнім чином. Апарат нечітких множин вимагає від ОПР зіставлення не точкових ймовірнісних оцінок, а на інтервалі, що показує коридор значень прогнозних параметрів. Зручність таких методів проявляється у підвищенні ступеня обґрунтованості рішень, оскільки тут враховуються всі можливі сценарії розвитку, зображаючи неперервний спектр, на відміну, наприклад, від метода Гурвіца, що розраховується на дискретній множині сценаріїв.

## 3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Опишемо дворівневу математичну модель оцінювання ризиків проектів, що базується на вхідних лінгвістичних змінних.

Розглянемо перший рівень – побудова правил належності результуючої терм-оцінки за групами критеріїв ризику.

Щоб отримати результуючу терм-оцінку «H» проект повинен задовольняти наступним вимогам. Мінімальна

кількість критеріїв із термом «низьким рівнем ризику» повинна становити не менше 60%, а решту 40% критеріїв повинні мати терми на рівні не нижче «рівня ризику нижче середнього».

Щоб отримати результуючу терм-оцінку «HC» проєкт повинен мати мінімальну кількість критеріїв із термом «рівень ризику нижче середнього» не менше 60%, а решту 40% критеріїв повинні мати терми на рівні не нижче «середній рівень ризику».

Щоб отримати результуючу терм-оцінку «C» проєкт повинен мати мінімальну кількість критеріїв із термом «середній рівень ризику» не менше 60%, а решту 40% критеріїв повинні мати терми на рівні не нижче «рівень ризику вище середнього».

Щоб отримати результуючу терм-оцінку «BC» проєкт повинен мати мінімальну кількість критеріїв із термом «рівень ризику вище середнього» не менше 60%, а решту 40% критеріїв можуть мати «високий рівень ризику».

Результуючу терм-оцінку «B» проєкт отримає у тому випадку, якщо кількість критеріїв із термом «високий рівень ризику» буде становити 60% або більше.

На основі побудованих правил належності результуючої терм-оцінки за групами критеріїв ризику, можемо навести фрагмент бази знань, наприклад, за п'ятьма критеріями (табл. 2).

Оскільки експерт ставить кожній змінній  $L_i^\alpha$  достовірність своїх міркувань –  $\mu(L_i^\alpha)$  з інтервалу  $[0; 1]$ , тоді лінгвістичні змінні можна представити, наприклад у вигляді трикутних функцій належності (рис. 1).

У такому випадку це означає, що кожна лінгвістична змінна  $L$  може бути замінена на сусідню  $L^*$  із достовірністю  $\mu(L^*) = 1 - \mu(L)$ . Наприклад, якщо критерій  $K_2^S$  отримав рівень ризику  $L_2^S = HC$  з достовірністю  $\mu(L_2^S) = 0,7$ , тоді це еквівалентно  $L_2^S = H$  з достовірністю  $\mu(L_2^S) = 0,3$ , або  $L_2^S = C$  з  $\mu(L_2^S) = 0,3$ . Таким чином, це дає можливість наведеними правилами належності результуючої терм-оцінки вичерпати всі можливі варіанти оцінки ризику експертом.

Таблиця 2 – Фрагмент бази знань

№	$K_1^\alpha$	$K_2^\alpha$	$K_3^\alpha$	$K_4^\alpha$	$K_5^\alpha$	Результуюча терм-оцінка
1	H	H	H	HC	HC	H
2	H	H	HC	HC	HC	
3	HC	HC	HC	C	C	
4	HC	HC	HC	H	C	
5	C	C	C	HC	HC	C
6	C	C	C	BC	BC	
7	C	C	C	HC	BC	
8	C	C	C	H	HC	
9	BC	BC	BC	C	C	BC
10	BC	BC	BC	C	B	
11	BC	BC	BC	B	B	
12	BC	BC	BC	HC	C	
13	B	B	B	BC	BC	B
14	B	B	B	BC	C	

Агреговану оцінку достовірності  $\mu(L^\alpha)$ ,  $\alpha = \{O; I; F; S\}$  обчислимо за наступною формулою:

$$\mu(L^\alpha) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \mu(L_i^\alpha), \quad \alpha = \{O; I; F; S\}, \quad (2)$$

де  $\mu(L_i^\alpha)$  – оцінка достовірностей тих лінгвістичних змінних, що співпадають з результуючою терм-оцінкою для  $i$ -го критерію по  $\alpha$  групі критеріїв ризику.

Таким чином, на першому рівні отримаємо результуючу терм-оцінку, на основі правил належності, для кожної групи критеріїв ризику розглядуваного проєкту та агреговану оцінку її достовірності (2). Отримані дані, по першому рівню, представимо у вигляді табл. 3.

На другому рівні, отримані дані за групами критеріїв ризику спроектуюмо на «всіх ризику» для визначення узагальненої оцінки ризику проєкту за кожною групою критеріїв  $\alpha$  та одержання агрегованої оцінки ризику, а також її лінгвістичне трактування.

Далі розглянемо наступну математичну модель:

$$R = V(x(L^\alpha); \mu(L^\alpha); z^\alpha; O_R). \quad (3)$$

Оскільки, результуюча терм-оцінка  $L^\alpha$  має зміст рівня ризику, тоді її терми можемо адекватно визначити на відсотковій шкалі (0–100%), кожному з яких задається значення з проміжку  $[a; b]$ . Наприклад, «H» –  $[0; 20]$ , «HC» –  $[20; 40]$ , «C» –  $[40; 60]$ , «BC» –  $[60; 80]$ , «B» –  $[80; 100]$ . Тобто, наприклад, ризик у 90% трактується як «високий рівень ризику».

Залежність результуючої терм-оцінки  $L^\alpha$  та її достовірності  $\mu(L^\alpha)$  будемо розглядати у вигляді  $s$ -подібної функції належності. Так-як значення функції належності

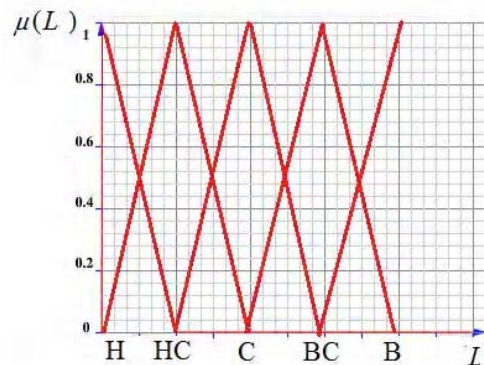


Рисунок 1 – Трикутні функції належності лінгвістичних змінних,  $L$  – лінгвістичні змінні,  $\mu(L)$  – достовірність міркувань експерта

Таблиця 3 – Дані за групами критеріїв ризику

Група критеріїв	Результуюча терм-оцінка	Агрегована оцінка достовірності міркувань експерта
$K^O$	$L^O$	$\mu(L^O)$
$K^I$	$L^I$	$\mu(L^I)$
$K^F$	$L^F$	$\mu(L^F)$
$K^S$	$L^S$	$\mu(L^S)$

відомі (агрегована оцінка ризику) та відомі інтервали числових значень для  $L$ , тоді для кожної групи критеріїв  $\alpha$ , виразимо  $x^\alpha$  із загальної формули  $s$ -подібної функції належності:

$$x^\alpha = \begin{cases} \sqrt{\frac{\mu(L^\alpha)}{2}}(b-a) + a, & 0 \leq \mu(L^\alpha) \leq 0,5; \\ b - \sqrt{\frac{1-\mu(L^\alpha)}{2}}(b-a), & 0,5 < \mu(L^\alpha) \leq 1. \end{cases} \quad (4)$$

Для отримання узагальненої оцінки ризику проекту для груп критеріїв  $\alpha$ , скористаємося наступною формулою:

$$z^\alpha = \frac{x^\alpha}{100}. \quad (5)$$

Оцінка  $z^\alpha$  проектується на «вісь ризику»  $z$  і є нормованою. Вона представляє собою для кожної групи критеріїв  $\alpha$  агреговану оцінку ризику розгляданого проекту відносно результуючої терм-оцінки і її достовірності.

Вектор  $(x(L^\alpha); \mu(L^\alpha); z^\alpha)$  інтерпретуємо на тривимірній системі координат, де  $x = x(L^\alpha)$ ,  $y = \mu(L^\alpha)$ , а вісь  $z = z^\alpha$  – «вісь ризику», рис. 2.

Далі обчислимо агреговану оцінку ризику по всіх групах критеріїв  $\alpha$ :

$$O_R = \frac{1}{4} \sum_{\alpha} (1 - z^\alpha). \quad (6)$$

Отримана оцінка  $O_R$  нормована та лінгвістичне трактування агрегованої оцінки ризику  $R = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$  визначимо наступною шкалою:  $O_R \in (0,87; 1] - r_1$ ;  $O_R \in (0,67; 0,87] - r_2$ ;  $O_R \in (0,36; 0,67] - r_3$ ;  $O_R \in (0,21; 0,36] - r_4$ ;  $O_R \in [0; 0,21] - r_5$ .

Побудована таким чином дворівнева нечітка математична модель, отримання агрегованої оцінки ризику проекту, використовує міркування експерта щодо оцінок за різними критеріями ризику, достовірності його міркувань та на основі цього відбувається агрегування думок за групами критеріїв у остаточну оцінку.

Розглянемо методи отримання оцінки проекту  $O_S$  в залежності від його походження.

Перший випадок, коли для оцінювання ризику безпеки фінансування подається класичний-інвестиційний проект працюючою на ринку компанією. В цьому випадку для отримання оцінки  $O_S$  використовуємо розроблений метод оцінки та вибору інвестиційних проектів [12]. Даний метод враховує фактори невизначеності у прийнятті рішень, базується на ієрархічній структурі та зважає на побажання інвестора на заключному етапі.

Другий випадок, коли проект виникає у компаніях бізнес яких ґрунтується на інноваційних технологіях, що не вийшли на ринок або щойно почали на нього виходити і мають потребу у залученні зовнішніх ресурсів. До таких проектів відносимо стартап проекти. Тоді для отримання оцінки  $O_S$  використовуємо модель оцінювання

стартапів в умовах інформаційної невизначеності [13]. Розроблена модель зменшує суб'єктивізм експертних оцінок, показує місце стартапу серед інших, дозволяє встановити рівень успішності та враховує побажання ОПР.

Оцінку галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект –  $O_G$ , можемо отримати розробленим методом ранжування альтернативних варіантів довільної природи [14]. Запропонований метод дозволяє адекватно розв'язати таку складну задачу, як оцінювання перспективності функціонування галузі економіки для можливості капіталовкладень. Він працює з даними різної природи, а на виході отримуємо нормовані оцінки альтернатив.

#### 4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Виконаємо експериментальне дослідження розробленої моделі. Для прикладу, розглянемо наступну задачу. Необхідно побудувати вихідну оцінку  $SI$  та лінгвістичне трактування ризику відносно рівня безпеки фінансування проекту. На цьому етапі ми маємо оцінку проекту в залежності від його походження –  $O_S$ , оцінку галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект –  $O_G$ , агреговану оцінку ризику реалізації проекту –  $O_R$ .

Нехай ОПР по кожній оцінці може задати вагові коефіцієнти  $\{p_S, p_G, p_R\}$  з деякого інтервалу. Тоді визначимо нормовані вагові коефіцієнти відповідно:

$$\alpha_\delta = \frac{p_\delta}{\sum_{\delta} p_\delta}, \quad \delta = \{S, G, R\}, \quad \sum_{\delta} p_\delta = 1. \quad (7)$$

Оскільки всі отримані оцінки є нормовані з інтервалу  $[0; 1]$ , тоді для отримання остаточної оцінки визначення рівня безпеки фінансування проекту використаємо наступний підхід. В залежності від психологічного сприйняття ситуації ОПР може вибрати одну із згорток [15]:

$$M_1(S) = \frac{1}{\sum_{\delta} \frac{\alpha_\delta}{O_\delta}} - \text{песимістична}; \quad (8)$$

$$M_2(S) = \prod_{\delta} (O_\delta)^{\alpha_\delta} - \text{обережна}; \quad (9)$$

$$M_3(S) = \sum_{\delta} \alpha_\delta O_\delta - \text{середня}; \quad (10)$$

$$M_4(S) = \sqrt{\sum_{\delta} \alpha_\delta (O_\delta)^2} - \text{оптимістична}. \quad (11)$$

Таким чином, отримаємо вихідну оцінку  $M(S)$  з інтервалу  $[0; 1]$ . Для лінгвістичного трактування ризику отримаємо значення по формулам (8)–(11) зіставимо до одної з терм-множин  $SI = \{SI_1, SI_2, SI_3, SI_4, SI_5\}$ . Шкалу оцінок можемо визначити наступним чином:  $M(S) \in (0,77; 1] - SI_5$ ;  $M(S) \in (0,57; 0,77] - SI_4$ ;  $M(S) \in (0,36; 0,57] - SI_3$ ;  $M(S) \in (0,21; 0,36] - SI_2$ ;  $M(S) \in [0; 0,21] - SI_1$ .

В залежності від різних періодів реалізації проекту можемо переглядати вихідну оцінку та агреговану оцінку ризику реалізації проекту.

### 5 РЕЗУЛЬТАТИ

Розроблену математичну модель застосуємо для оцінювання стартапу  $S$  – «Багатоцільовий моніторинг розумного будинку» [13]. Даний стартап пройшов експертне опитування і отримав наступну терм-множину вхідних даних (табл. 3).

На першому рівні отримаємо результуючу терм-оцінку та агреговану оцінку її достовірності з (2). Отримані дані, представимо у вигляді табл. 4.

На другому рівні, отримані дані за групами критеріїв ризику спроектуюмо на «вісь ризику» для визначення узагальненої оцінки ризику проекту. Використовуючи формули (4)–(5) одержимо:  $z^O = 0,14$ ;  $z^I = 0,34$ ;  $z^F = 0,31$ ;  $z^S = 0,3$ . Далі обчислимо агреговану оцінку ризику за (6):

$$O_R = \frac{1}{4}((1-0,14) + (1-0,34) + (1-0,31) + (1-0,3)) = 0,7275.$$

Лінгвістичне трактування агрегованої оцінки ризику  $O_R \in (0,67; 0,87]$  –  $r_2$  = «низький ступінь ризику проекту».

Нехай ОПР визначив вагові коефіцієнти наступним чином: для оцінки проекту в залежності від його походження – 10, для оцінки галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект – 6, для агрегованої оцінки ризику реалізації проекту – 8. Визначаємо нормовані вагові коефіцієнти згідно (7) –  $\{0,42; 0,25; 0,33\}$ .

Припустимо, що використовуючи моделі і методи описані в [12–15], отримано наступні значення оцінок:  $O_S = 0,4795$  та  $O_G = 0,56$ . Далі, застосуємо, наприклад, згортку (10) для побудови вихідної оцінки:  $M_3(S) = 0,42 \cdot 0,4795 + 0,25 \cdot 0,56 + 0,33 \cdot 0,7275 = 0,58$ .

Спроектуювши отримане значення на терм-множину лінгвістичних змінних одержимо, що оцінюваний стар-

Таблиця 4 – Дані за групами критеріїв ризику

Група критеріїв	Результуюча терм-оцінка	Агрегована оцінка достовірності міркувань експерта
$K^O$	Н	$\mu(L^O) = \frac{1}{6}(0,8 + 0,7 + 0,6 + 0,7 + 0,8 + 0,9) \approx 0,8$
$K^I$	НС	$\mu(L^I) = \frac{1}{3}(0,7 + 0,8 + 0,9) \approx 0,8$
$K^F$	НС	$\mu(L^F) = \frac{1}{3}(0,3 + 0,6 + 0,2) \approx 0,6$
$K^S$	НС	$\mu(L^S) = \frac{1}{3}(0,1 + 0,7 + 0,6) \approx 0,5$

тап відноситься до класу  $SI_4$  – «рівень безпеки фінансування проекту вище середнього».

### 6 ОБГОВОРЕННЯ

Отриманим результатом дослідження є модель оцінювання ризику комерційних проектів відносно рівня безпеки їх фінансування, виходом якої є лінгвістична оцінка по розглядуваному проекту. Раціональність такої оцінки доводять переваги розробленої моделі. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним використанням апарату нечіткої логіки та нечітких множин, що підтверджується результатами досліджень.

Побудована математична модель інформаційної технології оцінювання ризику проектів відносно рівня безпеки їх фінансування має ряд переваг, а саме: підвищує об'єктивність експертних оцінок у оцінюванні ризиків проекту використовуючи вхідні лінгвістичні змінні та достовірності міркувань експерта щодо їх присвоєння; уможливило змінювати рівні прийняття рішень у базі знань в залежності від ліквідності інвестиційної установи; розроблена база знань не залежить від кількості критеріїв по групах, тому їх можна збільшувати в залежності від походження проекту; об'єднує думки за групами критеріїв у остаточну оцінку та ступінь ризику проекту, на основі побудованої дворівневої нечіткої математичної

Таблиця 3 – Вхідні дані по проекту

Група критеріїв	Критерії	Лінгвістична змінна	Достовірність міркувань експерта	Група критеріїв	Критерії	Лінгвістична змінна	Достовірність міркувань експерта	
Операційні ризику	$K_1^O$	Н	0,8	Фінансові ризику	$K_4^I$	НС	0,8	
	$K_2^O$	Н	0,7		$K_5^I$	НС	0,9	
	$K_3^O$	НС	0,9		$K_1^F$	С	0,7	
	$K_4^O$	Н	0,6		$K_2^F$	НС	0,6	
	$K_5^O$	НС	0,7		$K_3^F$	С	0,8	
	$K_6^O$	С	0,5		$K_4^F$	Н	0,7	
	$K_7^O$	Н	0,7		$K_5^F$	Н	0,6	
	$K_8^O$	Н	0,8		Ризики інноваційної діяльності	$K_1^S$	Н	0,8
	$K_9^O$	Н	0,9			$K_2^S$	Н	0,9
Інвестиційні ризику	$K_1^I$	НС	0,7	$K_3^S$		С	0,9	
	$K_2^I$	Н	0,5	$K_4^S$		НС	0,7	
	$K_3^I$	С	0,6	$K_5^S$		НС	0,6	

моделі; використовує системний підхід у оцінюванні рівня безпеки фінансування проекту на основі оцінки проекту в залежності від його походження, оцінки галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект та агрегованої оцінки ризику реалізації проекту.

До недоліків даного підходу можна віднести використання різних моделей функцій належності, що може призводити до неоднозначності кінцевих результатів.

Подальше дослідження проблематики вбачаємо у апробації розробленої моделі для широкої вибірки проектів різного походження, розробки програмного забезпечення і нарощенням бази критеріїв ризику та порівняння з існуючими моделями.

## ВИСНОВКИ

У роботі розв'язано науково-прикладне завдання розроблення математичної моделі інформаційної технології для оцінювання ризику комерційних проектів відносно рівня безпеки їх фінансування. Розроблено модель оцінювання проектів різного походження за умов нечітких експертних оцінок на основі апарату нечітких множин і нечіткої логіки. При цьому отримано такі результати:

- сформовано множину з 24-ма критеріями для оцінювання ризику проектів різного походження, які розбито на чотири групи, що розкривають загальні аспекти оцінювання ризику;

- сформульовано правила належності результуючої терм-оцінки за групами критеріїв ризику для побудови її бази знань, в якій можна змінювати рівні прийняття рішень і вона не залежить від кількості критеріїв по групах;

- удосконалено дворівневу нечітку математичну модель отримання агрегованої оцінки ризику проекту для об'єднання думок експертів за групами критеріїв у остаточну оцінку та ступінь ризику проекту;

- вперше запропоновано модель оцінювання ризику відносно рівня безпеки фінансування проекту, що використовує системний підхід на основі: нечітких моделей оцінювання проекту в залежності від його походження; нечіткої моделі оцінювання галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект та агрегованої оцінки ризику проекту.

Практичне значення одержаних результатів, а саме розробленої моделі оцінювання ризику відносно рівня безпеки фінансування проекту, може бути втілена у роботу інвестиційних і венчурних фондів. Розроблена модель буде корисним інструментом при підвищенні рівня безпеки та обґрунтованості прийняття рішень інвестиційними суб'єктами, які бажають фінансувати комерційні проекти різного походження.

## ПОДЯКИ

Роботу виконано в рамках держбюджетної науково-дослідної теми Ужгородського національного університету «Розробка математичних моделей і методів для оброблення інформації та інтелектуального аналізу даних» (номер державної реєстрації 0115U004630).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kelemen M. Problems of Protected Interests in the Security Sectors [Text] / M. Kelemen // *Warszaw: Wydawnictwo Wyższej szkoły menedżerskiej w Warszawie im. Prof. Leszka J. Krzyżanowskiego*, 2015. – 114 p. ISBN 978-83-7520-203-8.
2. Вербіцька І. І. Ризик-менеджмент як сучасна система управління ризиками підприємницьких структур / І. І. Вербіцька // *Сталий розвиток економіки*. – 2013. – № 5. – С. 282–291.
3. Kelemen M. Využitie technologicie LVA (vrstvená analýza hlasu) v bezpečnostnej praxi, na prevenciu proti podvodom u poist'ovacích a finančných spoločností / M. Kelemen, S. Križovský, Š. Kočan, 1. vyd. – Košice: Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach, 2012. – 100 p. ISBN 9788089282807.
4. Crouhy M. Risk Management [Text] / M. Crouhy, D. Galai, R. Mark. – New York : McG-H, 2012. – 390 p.
5. Вітлінський В. В. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія [Текст] / В. В. Вітлінський, Г. І. Великоіваненко. – К. : КНЕУ, 2004. – 480 с.
6. Кузьмін О. Є. Управління та зниження рівня ризиків енергозабезпечення підприємств: монографія / О. Є. Кузьмін, Н. Ю. Подольчак, В. Є. Матвійшин ; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів : Миські інформаційні системи, 2011. – 235 с.
7. Балабанова Н. В. К вопросу о сущности рисков [Текст] / Н. В. Балабанова, Ю. А. Соколов // *Современные наукоемкие технологии*. – 2005. – № 23. – С. 56–63.
8. Чернов В. Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств [Текст] / В. Г. Чернов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 312 с. – ISBN 978-5-93517-353-0
9. Онікієнко, С. Облікові методи оцінки інвестиційної привабливості / С. Онікієнко // *Вісник Нацбанку України*. – 2001. – № 7. – С. 49–51.
10. Управление рисками и шансами корпорации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ifel.ru/docs/RC\\_AN\\_ZA.pdf](http://www.ifel.ru/docs/RC_AN_ZA.pdf).
11. Абдулаева З. И. Стратегический анализ инновационных рисков / З. И. Абдулаева, А. О. Недосекин. – СПб: Изд-во Политехн. университета, 2013. – 150 с.
12. Malyar M. Choice and evaluation methodics of investment projects / M. Malyar, V. Polishchuk // *Košická bezpečnostná revue*, Košice. – 2013. – №1. – P. 117–126. ISSN 1338-4880.
13. Model of start-ups assessment under conditions of information uncertainty / [M. Malyar, V. Polishchuk, M. Sharkadi, I. Liakh] // *EEJET, Mathematics and cybernetics – applied aspects*. – 2016. – 3/4 (81). – P. 43–49. ISSN 1729-3774. DOI: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71222>.
14. Malyar M. Ranking method of alternative options of inhomogeneous nature / M. Malyar, V. Polishchuk // *Košická bezpečnostná revue*, Košice. – 2016. – № 1. – P. 60–67. ISSN 1338-4880.
15. Мальяр М. М. Моделі і методи багатокритеріального обмежено-раціонального вибору : монографія / М. М. Мальяр. – Ужгород : ПА «АУТДОР-ШАРК», 2016. – 222 с.

Стаття надійшла до редакції 28.11.2016.

Після доробки 09.12.2016.

Маляр Н. Н.<sup>1</sup>, Полищук В. В.<sup>2</sup>, Шаркади М. Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры кибернетики и прикладной математики Ужгородского национального университета, Ужгород, Украина

<sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент кафедры программного обеспечения систем Ужгородского национального университета, Ужгород, Украина

<sup>3</sup>Канд. экон. наук, доцент кафедры кибернетики и прикладной математики Ужгородского национального университета, Ужгород, Украина

#### МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ РИСКА ФИНАНСИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

**Актуальность.** Проведено исследование актуальной задачи разработки математической модели информационной технологии оценки риска проектов относительно уровня безопасности их финансирования, с использованием нечеткой математики, для различных инвестиционных субъектов. Разработка такой технологии позволит адекватно подойти к рассмотрению проектов, повысить степень обоснованности принятия решений по инвестированию и основное повысить экономическую и управленческую безопасность.

**Целью** данной работы является разработка нечеткой математической модели информационной технологии для оценки риска коммерческих проектов относительно уровня безопасности их финансирования.

**Методы.** Разработано двухуровневую нечеткую математическую модель получения агрегированной оценки риска проекта для объединения мнений экспертов по группам критериев в окончательную оценку и степень риска проекта. Сформировано множество критериев для оценки риска проектов различного происхождения, разбиты на группы. Сформулированы правила принадлежности результирующей терм-оценки по группам критериев риска для построения базы знаний. Представленная модель оценки риска относительно уровня безопасности финансирования проекта, использует системный подход на основе: нечетких моделей оценки проекта в зависимости от его происхождения; нечеткой модели оценивания отрасли экономики в которой будет реализован коммерческий проект и агрегированной оценки риска проекта.

**Результат.** Полученным результатом исследования является модель оценки риска коммерческих проектов относительно уровня безопасности их финансирования, выходом которой является лингвистическая оценка по рассматриваемым проектам. Рациональность такой оценки доказывают преимущества разработанной модели.

**Выводы.** В работе решено научно-прикладную задачу разработки математической модели информационной технологии для оценки риска коммерческих проектов относительно уровня безопасности их финансирования. Разработана модель оценки проектов различного происхождения в условиях нечетких экспертных оценок на основе аппарата нечетких множеств и нечеткой логики.

Практическое значение полученных результатов, а именно разработанной модели оценки риска относительно уровня безопасности финансирования проекта, может быть воплощена в работу инвестиционных и венчурных фондов. Предложенная модель будет полезным инструментом при повышении уровня безопасности и обоснованности принятия решений инвестиционными субъектами, которые готовы финансировать коммерческие проекты различного происхождения.

**Ключевые слова:** проекты, риски, лингвистические оценки, информационные технологии, многокритериальность, безопасность финансирования, венчурные фонды.

Malyar N. N.<sup>1</sup>, Polishchuk V. V.<sup>2</sup>, Sharkadi M. N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD, Associate professor, Associate Professor of Department of Cybernetics and Applied Mathematics, Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine

<sup>2</sup>PhD, Associate Professor of Department of Software Systems, Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine

<sup>3</sup>PhD, Associate Professor of Department of Cybernetics and Applied Mathematics, Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine

#### MODEL OF INFORMATION TECHNOLOGY PROJECT FINANCING RISK ASSESSMENT

**Context.** The investigation of the actual problem of information technology mathematical models of risk assessment projects regarding the security of their financing, using fuzzy math to various investment entities is done. Development of this technology will allow adequately review the projects; increase the degree of decisions making validity in case of investments and increase economic security and management.

**Objective** of this work is to develop a mathematical model of fuzzy information technology risk assessment for commercial projects regarding the security of their financing.

**Method.** The two-level fuzzy mathematical model to obtain aggregate risk assessment of the project to combine expert opinions in groups criteria in the final assessment and risk project is designed. The set of criteria for risk assessment projects of different origin, which is divided into groups, is formed.

The rules of belonging of the resulting term-evaluation for risk criteria groups for the knowledge base building are formulated. The presented model for risk assessment regarding the security of financing for the project, using a systematic approach based on: fuzzy models of the project evaluation, depending on its origin; fuzzy evaluation model of the industries in which commercial project will be implemented and aggregate risk assessment project valuation.

**Result.** The resulting study is the result of the risk assessment model commercial projects regarding the security of their financing, the release of which is linguistic assessment on the proposed project. The rationality of this assessment show the advantages of the model.

**Conclusions.** The paper solved scientific-practical task of development of a mathematical model of information technology for commercial projects risk assessment regarding the security of their financing. The model project evaluation of different origin in conditions of fuzzy expert evaluations based system of fuzzy sets and fuzzy logic.

The practical significance of the results, in particular the developed model for risk assessment regarding the security of funding for the project could be implemented in the work of investment and venture funds. The proposed model is a useful tool for increased safety and validity of investment decision-making entities which wish to finance commercial projects of various origins.

**Keywords:** projects, risks, linguistic evaluation, information technology, multicriteria, security financing, venture capital funds.



## REFERENCES

1. Kelemen M. Problems of Protected Interests in the Security Sectors. Warsaw: *Wyższej szkoły menedżerskiej w Warszawie im. Prof. Leszka J. Krzyżanowskiego*, 2015, P. 114.
2. Verbitska I. I. Ryzik-menedzhment yak suchasna systema upravlinnya ryzykamy pidpryyemnytskykh struktur, *Stalyy rozvytok ekonomiky*, 2013, No. 5, pp. 282–291.
3. Kelemen M., Krizovsky S., Kocan S. Vyuzitie technologie LVA (vrstvena analiza hlasu) v bezpecnostnej praxi, na prevenciu proti podvodom u poisovacich a financnych spolocnosti. 1. vyd. Kosice: Vysoka skola bezpecnostneho manazerstva v Kosiciach, 2012, 100 p.
4. Crouhy M., Galai D., Mark R. Risk Management. New York, Mc G-H, 2012, 390 p.
5. Vitlinsky V. V., Velykoivanenko H. I. Ryzykolohiya v ekonomitsi ta pidpryyemnytstvi: monohrafiya. Kiev, KNEU, 2004, 480 p.
6. Kuzmin O. YE., Podolchak N. YU., Matviyishyn, V. YE. Upravlinnya ta znyzhennya rivnya ryzykiv enerhozabezpechennya pidpryyemstv: monohrafiya. Lviv, politehnika, Miski informatsiyni systemy, 2011, 235 p.
7. Balabanova N. V., Sokolov YU. A. K voprosu o sushchnosti ryskov, *Sovremennye naukoemkyye tekhnolohyy*, 2005, No. 23, pp. 56–63.
8. Chernov V. H. Modely podderzhky prynyatyya reshenyy v ynvestytsyonnoy deyatel'nosti na osnove aparata nechetykh mnozhestv. Moscow, Horyachaya lynyya, Telekom, 2007, 312 p.
9. Onikiyenko S. Oblikovi metody otsinky investytsiynoyi pryvabyvosti, *Visnyk Natsbanku Ukrayiny*, 2001, No. 7, pp. 49–51.
10. Upravlenye ryskamy y shansamy korporatsyy. *ifel.ru*. Retrieved from [http://www.ifel.ru/docs/RC\\_AN\\_ZA.pdf](http://www.ifel.ru/docs/RC_AN_ZA.pdf).
11. Abdulaeva, Z. Y., Nedosekyn, A.O. Stratehichesky analiz ynnovatsyonnykh ryskov. Sankt-Peterburg, Yzd-vo Polytekh. unyversyteta, 2013, 150 p.
12. Malyar M., Polishchuk V. Choice and evaluation methodics of investment projects, *Kosicka bezpecnostna revue*. Kosice, 2013, No. 1, pp. 117–126.
13. Malyar M., Polishchuk V., Sharkadi M., Liakh I. Model of start-ups assessment under conditions of information uncertainty, *EEJET, Mathematics and cybernetics – applied aspects*, 2016, No. 3/4 (81), pp. 43–49. DOI: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71222>
14. Malyar M., Polishchuk V. Ranking method of alternative options of inhomogeneous nature, *Kosicka bezpecnostna revue*, Kosice, 2016, No. 1, pp. 60–67.
15. Malyar M. M. Models and methods for multi-rational choice is limited: Monograph. Uzhgorod: RA «AUTDOR-Sharq», 2016, 222 p.