

# МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.33.01:51-77

## РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ І ВИЯВЛЕННЯ ЗАГРОЗ ПРОЦЕСУ АНТИКРИЗОВОГО УПРАВЛІННЯ МАШИНОБУДІВНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

УДК 330.33.01:51-77

© 2017 КОЗИК В. В., СЕЛЮЧЕНКО Н. Є., МАСЮК В. М.

Козик В. В., Селюченко Н. Є., Масюк В. М.

### Розроблення моделі кількісного оцінювання ризиків і виявлення загроз процесу антикризового управління машинобудівним підприємством

Метою статті є розроблення моделі для кількісного оцінювання ризиків антикризового управління машинобудівним підприємством. Кількісна оцінка дасть можливість виділяти серед ризиків загрози, під якими запропоновано розуміти ризики катастрофічного рівня. Для оцінювання інтегрального ризику антикризового управління підприємством використано процесний підхід із виділенням процесу антикризової управлінської діяльності та процесу реалізації антикризової програми. У межах цих процесів виділено види діяльності, для кожного з яких ідентифіковано ризики та визначено їхні чинники. Побудовано нечітку ієрархічну модель із такими елементами: термінальні вершини – індикатори (чинники) ризиків; нетермінальні вершини – окремі ризики, характерні для процесів, та ризики кожного процесу загалом; корінь дерева – інтегральний ризик антикризового управління. Обґрунтовано доцільність побудови ієрархічної нечіткої моделі, в якій виведення формуються для проміжних змінних. На основі власних досліджень і з урахуванням думки експертів визначено параметри трапецієвидних функцій належності для оцінювання індикаторів і ризиків. Сформовано нечіткі бази знань про співвідношення з використанням алгоритму Мамдані. Оцінено адекватність моделі на основі навчаючої вибірки. Побудована нечітка модель дає можливість отримувати оцінки ризиків на основі заданих значень індикаторів, забезпечуючи таким чином ще й проведення аналізу чутливості ризиків до різних чинників. Вона легко налаштовується на інші умови та види економічної діяльності суб'єктів господарювання.

**Ключові слова:** ризик, загроза, кількісне оцінювання ризиків, індикатор ризику, нечітка ієрархічна модель, ризик процесу, інтегральний ризик антикризового управління.

**Рис.:** 6. **Табл.:** 6. **Формул:** 1. **Бібл.:** 8.

**Козик Василь Васильович** – кандидат економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки підприємства та інвестицій, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

**E-mail:** Vasyi.V.Kozyk@lpnu.ua

**Селюченко Надія Євстахіївна** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економіки підприємства та інвестицій, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

**E-mail:** Nadiia.Y.Seliuchenko@lpnu.ua

**Масюк Вікторія Михайлівна** – аспірант кафедри економіки підприємства та інвестицій, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

**E-mail:** vklymash@gmail.com

УДК 330.33.01:51-77

UDC 330.33.01:51-77

**Козык В. В., Селюченко Н. Е., Масюк В. М. Разработка модели количественной оценки рисков и выявления угроз процесса антикризисного управления машиностроительным предприятием**

Целью статьи является разработка модели для количественной оценки рисков антикризисного управления машиностроительным предприятием. Количественная оценка позволит выделять среди рисков угрозы, под которыми предлагается понимать риски катастрофического уровня. Для оценки интегрального риска антикризисного управления предприятием использован процессный подход с выделением процесса антикризисной управленческой деятельности и процесса реализации антикризисной программы. В рамках этих процессов выделены виды деятельности, для каждого из которых идентифицированы риски, а также определены их причины. Построена нечеткая иерархическая модель со следующими элементами: терминальные вершины – индикаторы (факторы) рисков; нетерминальные вершины – отдельные риски, характерные для процессов, и риски каждого процесса в целом; корень дерева – интегральный риск антикризисного управления. Обоснована целесообразность построения иерархической нечеткой модели, в которой выводы формируются для промежуточных переменных. На основе собственных исследований и с учетом мнения экспертов определены параметры трапецеидальных функций принадлежности для оценки индикаторов и рисков. Сформированы

**Kozyk V. V., Seliuchenko N. Ye., Masiuk V. M. Development of a Model for Quantitative Assessment of Risks and Identification of Threats in Anti-Crisis Management of a Machine-Building Enterprise**

The aim of the article is to develop a model for quantitative assessment of risks in anti-crisis management of a machine-building enterprise. The quantitative assessment will allow to identify among the risks the threats that can be considered as catastrophic risks. To assess the integral risk of anti-crisis management of the enterprise, there used a process approach distinguishing the process of anti-crisis management activity and the process of implementation of the anti-crisis program. Within the framework of the process the types of activity are singled out, for each of them risks are identified with revealing their reasons. There built a fuzzy hierarchical model comprising the following elements: terminal nodes – indicators (factors) of risks; non-terminal nodes – separate risks that are characteristic for the processes and risks of each process as a whole; root of the tree – the integral risk of anti-crisis management. The expediency of building a hierarchical fuzzy model, within which conclusions are formed for intermediate variables, is substantiated. Based on the own research and taking into account the opinion of experts, the parameters of the trapezoidal membership functions for assessing indicators and risks are determined. Fuzzy bases of knowledge about the correlation are formed using the Mamdani algorithm. The adequacy of

нечеткие базы знаний о соотношении с использованием алгоритма Мамдани. Оценена адекватность модели на основе обучающей выборки. Построенная нечеткая модель дает возможность получать оценки рисков на основе заданных значений индикаторов, обеспечивая таким образом еще и проведение анализа чувствительности рисков к различным факторам. Она легко настраивается на другие условия и виды экономической деятельности предприятия.

**Ключевые слова:** риск, угроза, количественное оценивание рисков, индикатор риска, нечеткая иерархическая модель, риск процесса, интегральный риск антикризисного управления.

**Рис.:** 6. **Табл.:** 6. **Формул.:** 1. **Библ.:** 8.

**Козык Василий Васильевич** – кандидат экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики предприятия и инвестиций, Национальный университет «Львовская политехника» (ул. Степана Бандеры, 12, Львов, 79013, Украина)

**E-mail:** Vasyl.V.Kozyk@lpnu.ua

**Селюченко Надежда Евстахиевна** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики предприятия и инвестиций, Национальный университет «Львовская политехника» (ул. Степана Бандеры, 12, Львов, 79013, Украина)

**E-mail:** Nadiia.Y.Seliuchenko@lpnu.ua

**Масюк Виктория Михайловна** – аспирант кафедры экономики предприятия и инвестиций, Национальный университет «Львовская политехника» (ул. Степана Бандеры, 12, Львов, 79013, Украина)

**E-mail:** vklymash@gmail.com

the model is estimated on the basis of the learning sample. The built fuzzy model makes it possible to obtain risk assessment based on the set values of the indicators, thus providing an analysis of the sensitivity of risks to various factors. It is easily adjusted to other conditions and types of economic activity of the enterprise.

**Keywords:** risk, threat, quantitative risk assessment, risk indicator, fuzzy hierarchical model, process risk, integral risk of anti-crisis management.

**Fig.:** 6. **Tbl.:** 6. **Formulae:** 1. **Bibl.:** 8.

**Kozyk Vasyl V.** – Candidate of Sciences (Economics), Professor, Head of the Department of Economics and Business Investment, National University «Lviv Polytechnic» (12 Stepana Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine)

**E-mail:** Vasyl.V.Kozyk@lpnu.ua

**Seliuchenko Nadiia Ye.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Business Investment, National University «Lviv Polytechnic» (12 Stepana Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine)

**E-mail:** Nadiia.Y.Seliuchenko@lpnu.ua

**Masiuk Viktoriya M.** – Postgraduate Student of the Department of Economics and Business Investment, National University «Lviv Polytechnic» (12 Stepana Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine)

**E-mail:** vklymash@gmail.com

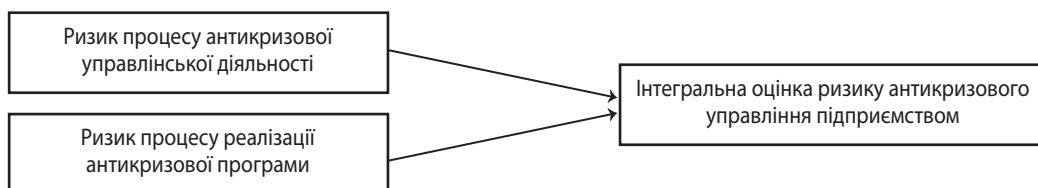
Для характеристики негативних чинників впливу на підприємства науковці використовують такі терміни, як ризик і загроза. Результати проведених нами досліджень дали підстави провести якісне розмежування цих чинників. Зокрема, під загрозою запропоновано розуміти ризик із найвищим рівнем, наслідком реалізації якого є криза, гальмування розвитку підприємства або його банкрутство. В умовах антикризового управління істотно збільшується кількість деструктивних чинників і підвищується чутливість підприємства до їхнього впливу, що може спричинити банкрутство. Тому важливим питанням є побудова моделі для кількісного оцінювання ризиків процесу антикризового управління, яка б давала можливість своєчасно виявляти загрози та реалізувати превентивні заходи.

Проведені дослідження показали, що для моделювання економічних явищ і процесів, пов'язаних із високим рівнем невизначеності, доцільно застосувати теорію нечітких множин. Саме такий підхід дає змогу в межах однієї моделі формалізувати як особливості об'єкта оцінювання, так і пізнавальні особливості осіб, що приймають рішення стосовно цього об'єкта [1, с. 8–12]. За допомогою апарату нечітких множин можна здійснювати моделювання склад-

них систем в умовах недостатньої інформації та випадковості процесів [2]. Використання нечіткої математики [3] є інструментом для розв'язання задач агрегування неоднозначних, суб'єктивних і неточних оціночних суджень експертів про стан того чи іншого параметра або індикатора ризику підприємства. Звести такі оцінки до спільного знаменника за використанням класичної теорії множини важко або й зовсім неможливо. Крім того, нечіткі множини можуть розділити отримані дані лінгвістичними границями, що формує базу для подальшого прийняття рішення [4; 5]. Такий підхід забезпечує можливість побудови моделі для отримання кількісних оцінок, на відміну від традиційних якісних експертних оцінок.

Метою статті є розробка моделі для кількісного оцінювання ризиків антикризового управління машинобудівним підприємством.

Для виявлення та оцінювання негативних чинників, що можуть виникати в період антикризового управління машинобудівним підприємством, нами запропоновано використати процесний підхід. З урахуванням цього узагальнену модель для кількісного оцінювання інтегрального ризику антикризового управління підприємством зображено на рис. 1.



**Рис. 1.** Узагальнена модель оцінювання інтегрального ризику антикризового управління машинобудівним підприємством

На підставі проведених досліджень ідентифіковано види ризиків для кожного процесу, визначено сфери їхнього поширення за видами управлінської діяльності, етапами реалізації антикризової програми та видами економічної

діяльності машинобудівного підприємства, а також виявлено чинники ризиків, які в моделі оцінюватимемо за допомогою індикаторів (табл. 1).

Таблиця 1

## Індикатори для кількісного оцінювання ризиків

Ризики	Індикатори ризиків
1	2
<i>1. Ризики процесу антикризової управлінської діяльності</i>	
Управлінський	Рівень професіоналізму антикризового менеджменту
	Рівень злагодженості антикризової команди
	Рівень відданості антикризової команди інтересам підприємства
Інформаційно-комунікаційний	Рівень якості інформаційної бази
	Якість інструментів діагностування (моделі, методи, прикладні програмні продукти)
Професійний ризик аудитора	Рівень інформаційно-комунікаційних технологій підприємства
	Рівень доступності інформації
	Рівень достовірності даних у звітності
Часовий	Рівень компетентності аудитора
	Рівень обмеженості часу щодо виведення підприємства з кризи
Фінансовий	Рівень фінансування антикризової управлінської діяльності
Юридичний	Рівень правової захищеності інтересів підприємства
Криміногенний	Рівень криміногенної активності щодо заволодіння підприємством
<i>2. Ризики процесу реалізації антикризової програми</i>	
<i>Ризики, характерні для всього періоду реалізації антикризової програми</i>	
Економічний	Рівень стабільності цін
	Рівень стабільності курсу валют
	Рівень стабільності політики НБУ
	Рівень доходів населення
Адміністративно-законодавчий	Рівень стабільності законодавства
Політичний	Рівень стабільності суспільно-політичної ситуації в країні (регіоні)
Природно-екологічний	Рівень дотримання екологічних норм
	Рівень стабільності природного середовища
Криміногенний	Рівень криміногенності мікросередовища підприємства
<i>2.1. Ризики етапу реалізації оперативної програми</i>	
Виробничий	Рівень виконання плану щодо обсягів виробництва продукції
	Рівень ощадливості використання всіх видів виробничих ресурсів
Маркетинговий	Рівень обґрунтованості маркетингових заходів для активізації продажів
	Рівень надійності контрагентів підприємства
Логістичний	Рівень дотримання обсягів і графіків постачання продукції
	Рівень надійності партнерів у логістичній діяльності
Фінансовий (ризик неплатоспроможності)	Рівень ліквідності активів
Взаємодії з фінансовими посередниками	Рівень надійності фінансових посередників
Кадровий	Рівень відповідності кадрового забезпечення поточним потребам підприємства
	Рівень відданості персоналу інтересам підприємства
	Рівень вирішення соціальних питань
Зовнішньоекономічний	Рівень стабільності макросередовища країни, де провадиться зовнішньоекономічна діяльність
	Рівень надійності контрагентів у зовнішньоекономічній діяльності

1	2
<i>2.2. Ризики етапу реалізації антикризових заходів довготермінового періоду</i>	
Виробничий	Рівень адекватності використання нових видів виробничих ресурсів і технологій
	Рівень виконання плану щодо обсягів виробництва нової продукції
Маркетинговий	Рівень відповідності нової продукції запитам споживачів
	Рівень обґрунтованості цін на нову продукцію
	Рівень стабільності обсягів реалізації продукції
	Рівень використання інноваційних інструментів у маркетингу
	Рівень надійності контрагентів підприємства
	Рівень непередбачуваності поведінки конкурентів підприємства
Логістичний	Рівень продуктивності логістичних підрозділів
	Рівень надійності партнерів у логістичній діяльності
	Рівень логістичних інновацій
Фінансовий	Рівень ліквідності активів
	Рівень фінансового левериджу
	Рівень операційного левериджу
	Рівень достатності коштів для фінансування заходів інноваційного характеру
	Рівень недостатності та/чи несвочасності отримання коштів від впровадження інновацій
Взаємодії з фінансовими посередниками	Рівень надійності фінансових посередників
	Рівень використання фінансових інновацій
Кадровий	Рівень кадрового потенціалу
	Рівень відданості персоналу інтересам підприємства
	Рівень вирішення соціальних питань
	Рівень організаційних інновацій
Зовнішньоекономічний	Рівень стабільності макросередовища країни, де провадиться зовнішньоекономічна діяльність
	Рівень надійності контрагентів у зовнішньоекономічній діяльності
Науково-технічний	Рівень відповідності науково-технічних впроваджень найновішим досягненням науково-технічного прогресу
Соціально-демографічний	Рівень стабільності соціально-демографічної ситуації

Варто наголосити, що однакові види ризиків, які ідентифіковано для коротко- та довготермінових антикризових заходів, мають дещо різний характер. Різниця зумовлена тим, що в довготерміновому періоді впроваджують інновації (продуктові, процесні, організаційні, маркетингові), а це значно збільшує кількість і рівень чинників ризику. Різницю в кількості чинників враховано шляхом введення інших індикаторів для ризиків у довготерміновому періоді. Різниця в рівні впливу однакових чинників ризику в коротко- та довготерміновому періодах має бути врахована в параметрах моделі.

Узагальнену модель кількісного оцінювання ризиків, характерних для окремих процесів, наведено на рис. 2.

Розроблена концепція кількісного оцінювання ризиків (рис. 1, 2) дає підстави прийняти рішення про побудову нечіткої ієрархічної моделі, в якій нечіткі виведення будуть формуватися для проміжних змінних із подальшою передачею чітких значень цих змінних у нечіткі системи наступного рівня ієрархії [6, с. 268–275]. Така нечітка модель дасть можливість отримувати оцінки: 1) окремих

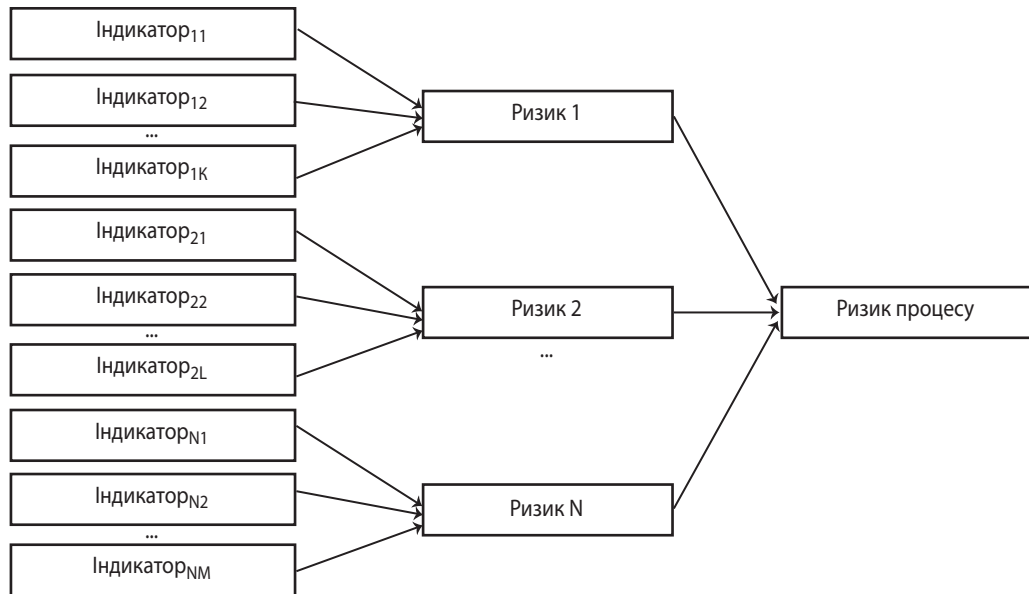
видів ризиків у межах процесу; 2) ризиків процесів, виділених в антикризовому управлінні; 3) інтегрального ризику антикризового управління. Запропонований підхід забезпечує можливість здійснювати оперативне управління всіма ідентифікованими ризиками на основі отриманих проміжних оцінок.

Етапи розроблення моделі для оцінювання ризиків із використанням апарату теорії нечітких множин подано на рис. 3.

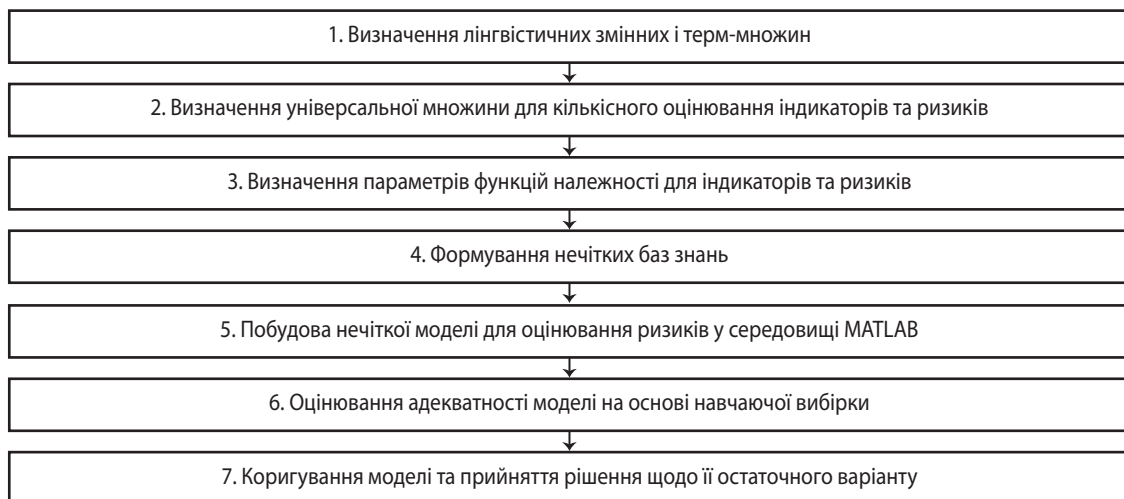
Згідно з першим етапом побудова нечіткої моделі передбачає визначення лінгвістичних змінних і відповідних їм значень.

Для оцінювання індикаторів ризиків введено лінгвістичну змінну «Рівень індикатора ризику». Терм-множина цієї лінгвістичної змінної складається з таких значень: дуже низький; низький; середній; високий; дуже високий.

Для оцінювання індикаторів ризиків введено лінгвістичну змінну «Рівень ризику». Терм-множину цієї лінгвістичної змінної визначено з урахуванням критеріїв розподілу ризиків за зонами, наведеними в табл. 2.



**Рис. 2. Узагальнена модель оцінювання ризиків процесів антикризової управлінської діяльності та реалізації антикризової програми**



**Рис. 3. Етапи побудови нечіткої моделі для оцінювання ризиків антикризового управління підприємством**

**Таблиця 2**

**Зони ризиків за результатами господарських операцій**

Зони ризиків	Критерії віднесення до зони
Зона допустимого ризику	Втрати в сумі розрахункового прибутку
Зона критичного ризику	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Втрати в сумі розрахункового доходу;</li> <li>▪ Втрата обігових коштів;</li> <li>▪ Зменшення масштабів діяльності</li> </ul>
Зона катастрофічного ризику	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Втрати в сумі власного капіталу;</li> <li>▪ Порушення структури капіталу</li> </ul>

**Таблиця 3**

**Лінгвістичні змінні та терм-множини**

Лінгвістичні змінні	Терми
Рівень індикатора ризику	Дуже низький
	Низький
	Середній
	Високий
	Дуже високий
Рівень ризику	Допустимий
	Критичний
	Катастрофічний (загроза)

Джерело: сформовано автором на основі [7; 8]



Лінгвістична змінна «Рівень ризику» може набувати таких значень: допустимий; критичний; катастрофічний. Саме катастрофічний ризик будемо трактувати як загрозу.

Перелік лінгвістичних змінних і їхніх можливих значень узагальнено в табл. 3.

Наступним кроком є визначення універсальної множини чисел, елементи якої будуть використовуватися як кількісні оцінки індикаторів і ризиків.

Для оцінювання рівня ризиків доцільно вибирати числа, що належать проміжку [0;1]. Чим більше значення числа, тим вищим є рівень ризику.

Індикатори ризику можуть бути як якісними, так і кількісними (див. табл.1: рівень ліквідності активів, рівень фінансового левериджу, рівень операційного левериджу є кількісними показниками). Для якісних індикаторів, аналогічно як і для ризиків, універсальною множиною може бути множина дійсних чисел на проміжку [0;1]. Значення кількісних індикаторів є десятковими дробами, що можуть набувати значень також і більших від одиниці. Для того щоб можна було вибрати єдину універсальну множину для нечіткої моделі, кількісні індикатори запропоновано оцінювати за відсотковими відхиленнями очікуваних значень від нормативних чи планових, переводячи їх у частки одиниці. Тому для обох лінгвістичних змінних як універсальну множину вибрано множину дійсних чисел на проміжку [0;1].

Будуючи базу знань про співвідношення між індикаторами та ризиками, необхідно враховувати, що залежність між ними може мати як прямий, так і обернений характер. Для більшості індикаторів і ризиків характерним є обернений зв'язок: чим більше значення індикатора, тим нижчий рівень ризику. Для окремих видів ризиків характерний прямий зв'язок з рівнем індикатора, наприклад, підвищують ризик такі чинники: рівень обмеженості часу, рівень криміногенності бізнес-середовища, рівень фінансового й операційного левериджу тощо.

Після визначення терм-множин та універсальної множини необхідно побудувати функції належності. Саме функція належності дає можливість обчислити для будь-якого елемента універсальної множини рівень його відповідності нечіткій множині. Як правило, функції належності будують на основі статистичного опрацювання думок експертів про наявність в елементах універсальної множини властивостей нечіткої множини.

На цьому етапі було залучено 5 експертів: 2 – антикризові менеджери, 1 – науковець у сфері антикризового управління, 1 – науковець у сфері ризик-менеджменту, 1 – менеджер з досвідом роботи у машинобудівному секторі економіки. Всі експерти мають високий рівень знань, фахових компетентностей і достатній досвід роботи (понад 15 років).

Експерти мали б висловити свою думку стосовно наявності у всіх індикаторів і ризиків, які перераховано в табл. 1, властивостей нечіткої множини. Однак така велика кількість індикаторів і ризиків значно ускладнює процес опитування експертів та опрацювання результатів опитування. Тому з урахуванням найбільш поширених видів функцій належності [6, с. 22–23], особливостей індикаторів і ризиків як об'єктів оцінювання та думки експертів встановлено, що доцільно вибрати трапецієвидні функції належності. У такому випадку для побудови функцій належності достатньо задати її параметри. Також було при-

йнято рішення про доцільність отримання експертних оцінок щодо параметрів функцій належності не шляхом традиційного анкетного опитування експертів, а в результаті мозкового штурму. Мозковий штурм має ще й ті переваги, що забезпечує можливість оперативної зміни параметрів функцій та налаштування моделі на нові умови, що є дуже важливим для забезпечення ефективного управління і, зокрема, антикризового управління підприємством.

Аналітичний вираз трапецієвидної функції має такий вигляд [6, с. 23]:

$$\mu(u) = \begin{cases} 0, & u \leq a \text{ або } u \geq d; \\ \frac{u-a}{b-a}, & a \leq u \leq b; \\ 1, & b \leq u \leq c; \\ \frac{d-u}{d-c}, & c \leq u \leq d, \end{cases} \quad (1)$$

де  $[a; d]$  – носій нечіткої множини (песимістична оцінка нечіткого числа);

$[b; c]$  – ядро нечіткої множини (оптимістична оцінка нечіткого числа).

Параметри трапецієвидної функції належності задають таким чином:  $[a; b; c; d]$ .

У загальному вигляді цю функцію показано на рис. 4.

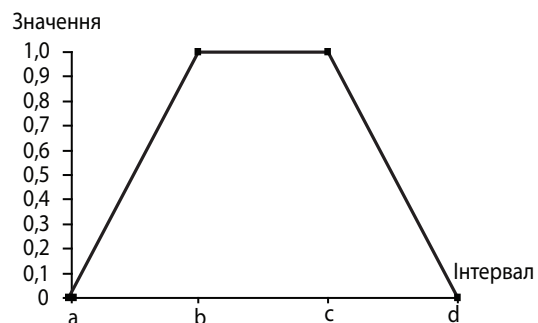


Рис. 4. Тип функції належності, вибраний для оцінювання нечітких чисел

Для побудови нечіткої моделі використано пакет Fuzzy Logic Toolbox у середовищі MATLAB.

Параметри функцій належності для оцінювання індикаторів ризиків процесу антикризової управлінської діяльності наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Параметри функцій належності для індикаторів ризиків

Індикатори та ризики	Параметри функції належності
1	2
<i>Індикатори управлінського ризику</i>	
Рівень професіоналізму антикризового менеджменту	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25]
	'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45]
	'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65]
	'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85]
Рівень злагодженості антикризової команди	'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]
	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25]
	'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45]
	'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65]

Закінчення табл. 4

1	2
	'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85] 'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]
Рівень відда- ності антикри	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25] 'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45]
зової команди інтересам під- приємства	'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65] 'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85] 'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]
<i>Індикатори інформаційно-комунікаційного ризику</i>	
Рівень якості інформаційної бази	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25] 'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45] 'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65] 'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85] 'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]
Якість інстру- ментів діагнос- тування (мо- делі, методи, прикладні програмні про- дукти)	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25] 'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45] 'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65] 'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85] 'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]
Рівень інфор- маційно-кому- нікаційних технологій під- приємства	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25] 'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45] 'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65] 'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85] 'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]
<i>Індикатори професійного ризику аудитора</i>	
Рівень доступ- ності інфор- мації	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25] 'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45] 'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65] 'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85] 'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]
Рівень досто- вірності даних у звітності	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25] 'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45] 'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65] 'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85] 'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]
Рівень компе- тентності ауди- тора	'ДужеНизький':trapmf,[0 0 0.15 0.25] 'Низький':trapmf,[0.15 0.25 0.35 0.45] 'Середній':trapmf,[0.35 0.45 0.55 0.65] 'Високий':trapmf,[0.55 0.65 0.75 0.85] 'ДужеВисокий':trapmf,[0.75 0.85 1 1]

Параметри функцій належності для оцінювання ризиків процесу антикризової управлінської діяльності подано в табл. 5.

Параметри функцій належності для оцінювання індикаторів та ризиків, що характерні для процесу реалізації антикризової програми, не наводимо у зв'язку зі значним їх переліком.

Таблиця 5

**Параметри функцій належності для оцінювання ризиків процесу антикризової управлінської діяльності**

Ризики процесу антикризової управлінської діяльності	Параметри функції належності
Управлінський	'Допустимий':trapmf,[0 0 0.2 0.4] 'Критичний':trapmf,[0.2 0.4 0.5 0.7] 'Катастрофічний':trapmf,[0.5 0.7 1 1]
Інформаційно-комунікаційний	'Допустимий':trapmf,[0 0 0.4 0.5] 'Критичний':trapmf,[0.4 0.5 0.7 0.8] 'Катастрофічний':trapmf,[0.7 0.8 1 1]
Професійний ризик аудитора	'Допустимий':trapmf,[0 0 0.4 0.6] 'Критичний':trapmf,[0.4 0.6 0.7 0.8] 'Катастрофічний':trapmf,[0.7 0.8 1 1]
Часовий	'Допустимий':trapmf,[0 0 0.4 0.6] 'Критичний':trapmf,[0.4 0.6 0.7 0.8] 'Катастрофічний':trapmf,[0.7 0.8 1 1]
Фінансовий	'Допустимий':trapmf,[0 0 0.35 0.5] 'Критичний':trapmf,[0.3 0.45 0.7 0.85] 'Катастрофічний':trapmf,[0.7 0.8 1 1]
Юридичний	'Допустимий':trapmf,[0 0 0.3 0.45] 'Критичний':trapmf,[0.35 0.5 0.7 0.8] 'Катастрофічний':trapmf,[0.7 0.8 1 1]
Криміногенний	'Допустимий':trapmf,[0 0 0 0] 'Критичний':trapmf,[0.3 0.4 0.6 0.8] 'Катастрофічний':trapmf,[0.7 0.8 1 1]

Параметри функцій належності для оцінювання інтегрального ризику антикризового управління наведено в табл. 6.

Таблиця 6

**Параметри функцій належності для оцінювання інтегрального ризику антикризового управління**

Ризики	Параметри функції належності
Ризик процесу антикризової управлінської діяльності	'Допустимий':trapmf,[0 0 0.25 0.35]
Ризик процесу реалізації антикризової програми	'Критичний':trapmf,[0.25 0.35 0.65 0.75]
Інтегральний ризик процесу антикризового управління	'Катастрофічний':trapmf,[0.65 0.75 1 1]

Графічно функцію належності для оцінювання ризиків окремих процесів антикризового управління та його інтегрального ризику зображено на рис. 5.

Наступний крок передбачає формування нечітких баз знань. З урахуванням узагальнених моделей оцінювання ризиків (рис. 1, 2) побудовано нечіткі правила (якщо – то) про такі співвідношення: 1) між індикаторами та ризиками;

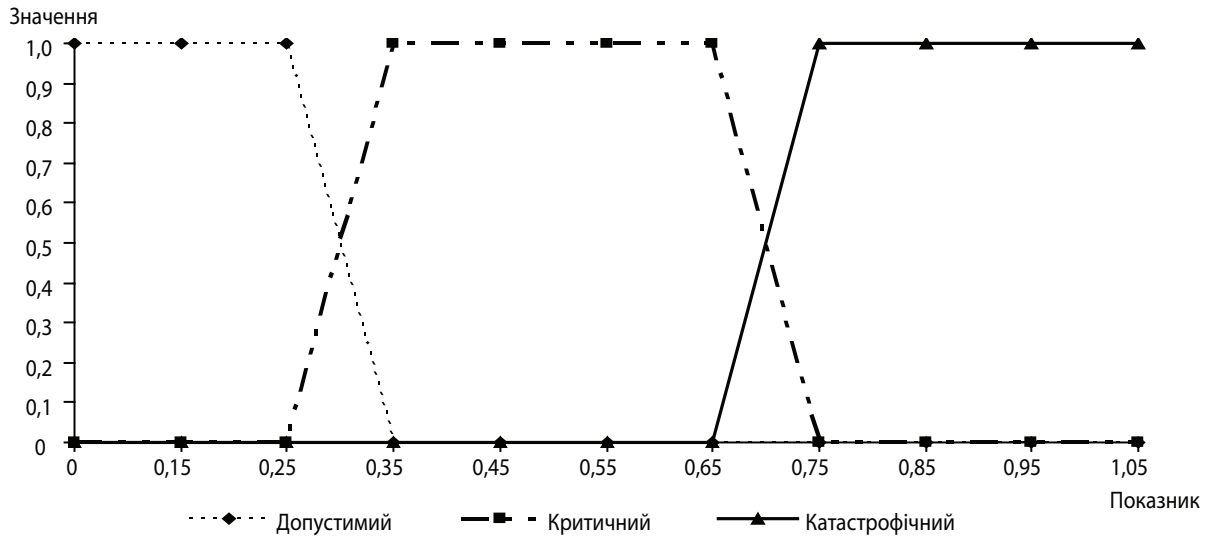


Рис. 5. Функція належності для оцінювання ризиків окремих процесів антикризового управління та його інтегрального ризику

2) між ризиками, характерними для процесу, та загальним ризиком цього процесу; 3) між ризиками процесів та інтегральним ризиком антикризового управління. Для формування нечітких виведень вибрано алгоритм Мамдані.

Після формування правил оцінено адекватність моделі на основі навчальної вибірки, у результаті чого відкориговано окремі параметри моделі.

Залежність між інтегральним ризиком антикризового управління, процесу антикризової управлінської діяльності та процесу реалізації антикризової програми, побудовану на основі навчальної вибірки, графічно відображено на рис. 6.

Розроблена модель може бути використана як для оцінювання ризиків за заданими значеннями індикаторів, так і для дослідження чутливості ризиків до зміни значень індикаторів. Це є важливим в умовах, що характеризуються інформаційною невизначеністю та високою динамічністю.

Крім того, запропонована модель досить легко налаштовується на інші умови, зокрема, можна змінити параме-

три цієї моделі: перелік індикаторів і ризиків, тип функцій належності та їхні параметри, логічні правила, – що зумовлює можливість її використання не лише для підприємств машинобудування, а й для підприємств інших видів економічної діяльності.

**Висновок.** Основними деструктивними чинниками, що впливають на підприємства, є ризики та загрози. У період антикризового управління рівень чутливості підприємства до можливих несприятливих чинників зростає, що потребує їхнього своєчасного виявлення та кількісного оцінювання задля розроблення адекватних управлінських рішень. Високий рівень невизначеності оцінювання рівня впливу деструктивних чинників в умовах кризи дав підстави прийняти рішення про побудову нечіткої моделі.

Для оцінювання негативних чинників антикризового управління запропоновано виділяти два процеси: процес антикризової управлінської діяльності; процес реалізації антикризової програми. В межах цих процесів і характер-

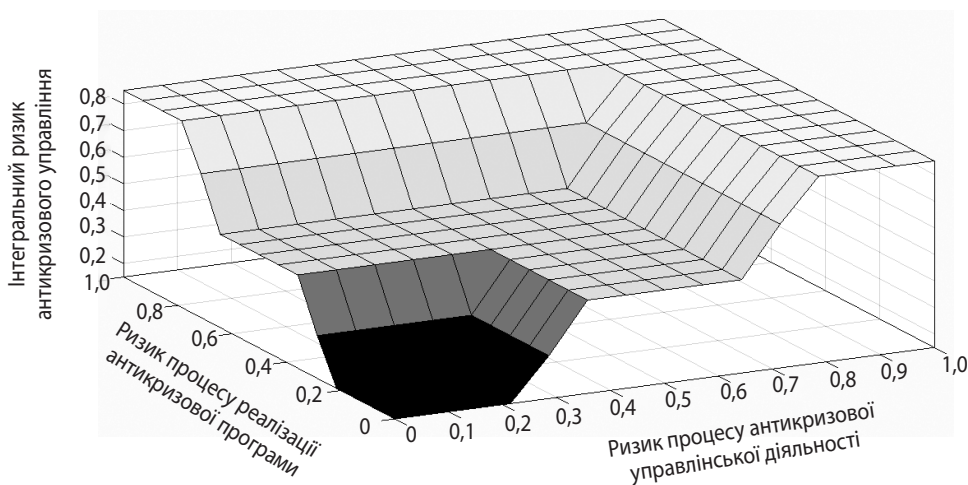


Рис. 6. Залежність між інтегральним ризиком антикризового управління, процесу антикризової управлінської діяльності та процесу реалізації антикризової програми



них для них видів діяльності ідентифіковано види ризиків, а для кожного ризику визначено чинники, які в моделі оцінюються за допомогою індикаторів. З урахуванням зазначеного прийнято рішення про побудову нечіткої ієрархічної моделі з такими елементами: термінальні вершини – індикатори (чинники) ризиків; нетермінальні вершини – окремі ризики, характерні для процесів, та ризики кожного процесу загалом; корінь дерева – інтегральний ризик антикризового управління. Обґрунтовано доцільність побудови ієрархічної нечіткої моделі, в якій виведення формуються для проміжних змінних.

У моделі введено дві лінгвістичні змінні та визначено відповідні їм терм-множини: 1) лінгвістична змінна «Рівень індикатора ризику» з множиною значень: дуже низький; низький; середній; високий; дуже високий; 2) лінгвістична змінна «Рівень ризику» з терм-множиною: допустимий; критичний; катастрофічний (загроза). Універсальною множиною для оцінювання індикаторів і лінгвістичних змінних є множина дійсних чисел на проміжку [0;1].

На основі власних досліджень і з урахуванням думки експертів визначено параметри трапецеївидних функцій належності для оцінювання індикаторів і ризиків. Сформовано нечіткі бази знань про співвідношення між: індикаторами та ризиками; ризиками, характерними для процесу, та загальним ризиком цього процесу; ризиками процесів та інтегральним ризиком антикризового управління. Для формування нечітких виведень вибрано алгоритм Мамдані. Оцінено адекватність моделі на основі навчаючої вибірки.

Побудована нечітка ієрархічна модель дає можливість отримувати оцінки: 1) окремих видів ризиків у межах процесу; 2) ризиків процесів, виділених в антикризовому управлінні; 3) інтегрального ризику антикризового управління. Ця модель також забезпечує можливість проводити аналіз чутливості ризиків до різних чинників. Використання розробленої моделі в антикризовому управлінні машинобудівними підприємствами дасть змогу своєчасно виявляти всі негативні чинники, кількісно їх оцінювати та враховувати їх в управлінських рішеннях. Розроблена модель також може бути використана для підприємств інших видів економічної діяльності шляхом зміни її параметрів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Недосекин А. О. Финансовый менеджмент на нечетких множествах: монография. URL: [http://www.mirkin.ru/\\_docs/book0308\\_033.pdf](http://www.mirkin.ru/_docs/book0308_033.pdf)
2. Мельник Г. Модель оцінювання рівня інформаційних ризиків в корпоративних системах. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Серія: Економіка*. 2015. № 6 (171). С. 48–54.
3. Zhao X., Hwang B.-G., Low S. Developing Fuzzy Enterprise Risk Management Maturity Model for Construction Firms. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2013. Vol. 139, No. 9. P. 1179–1189.
4. Pedrycz W., Ekel P., Parreiras R. Fuzzy multicriteria decision-making: Models, methods and applications // UK, Chichester: Wiley. 2011. 360 p.
5. Замула О. А., Черниш В. І., Аніщенко О. І. Застосування теорії нечітких множин та лінгвістичної невизначеності при оцінюванні ризиків інформаційної безпеки. *Системи обробки інформації*. 2011. № 5 (95). С. 152–155.
6. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами МАТЛАБ. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.
7. Бланк И. А. Основы финансового менеджмента: в 2 т. Киев: Ника-Центр; Эльга, 1999. 512 с.
8. Вітлінський В. В., Великоіваненко Г. І. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія. Київ: КНЕУ, 2004. 480 с.

## REFERENCES

- Blank, I. A. *Osnovy finansovogo menedzhmenta* [Fundamentals of financial management]. Kyiv: Nika-Tsentr; Elga, 1999.
- Melnyk, H. "Model otsiniuvannia rivnia informatsiinykh ryzykiv v korporatyvnykh systemakh" [Model assessment of the level of information risks in corporate systems]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. Seriya: Ekonomika*, no. 6 (171) (2015): 48-54.
- Nedosekin, A. O. "Finansovyy menedzhment na nechetkykh mnozhestvakh" [Financial management on fuzzy sets]. [http://www.mirkin.ru/\\_docs/book0308\\_033.pdf](http://www.mirkin.ru/_docs/book0308_033.pdf)
- Pedrycz, W., Ekel, P., and Parreiras, R. *Fuzzy multicriteria decision-making: Models, methods and applications* UK, Chichester: Wiley, 2011.
- Shtovba, S. D. *Proektirovaniye nechetkikh sistem sredstvami MATLAB* [Design of fuzzy systems by means of MATLAB]. Moscow: Goriachaia liniia - Telekom, 2007.
- Vitlinskyi, V. V., and Velykoivanenko, H. I. *Ryzykologhiia v ekonomitsi ta pidpriemnytstvi* [Riskology in Economics and entrepreneurship]. Kyiv: KNEU, 2004.
- Zhao, X., Hwang, B.-G., and Low, S. "Developing Fuzzy Enterprise Risk Management Maturity Model for Construction Firms" *Journal of Construction Engineering and Management* vol. 139, no. 9 (2013): 1179-1189.
- Zamula, O. A., Chernysh, V. I., and Anishchenko, O. I. "Zastosuvannia teorii nechetkykh mnozhyn ta linhvistychnoi nevyznachenosti pry otsiniuvanni ryzykiv informatsiinoi bezpeky" [Application of fuzzy set theory and linguistic uncertainty in risk assessment information security]. *Systemy obrobky informatsii*, no. 5 (95) (2011): 152-155.