

М.М. Маляр, В. В. Поліщук

**НЕЧІТКІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ
ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ТА
ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ**

Монографія

**Ужгород
2018**

УДК 519.8+004.9]:005.93](02)
П50

Рецензенти:

Зайченко Ю. П. – доктор технічних наук, професор
(Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»);
Сеньківський В. М. – доктор технічних наук, професор
(Українська академія друкарства).

Маляр М. М., Поліщук В. В.

П50 Нечіткі моделі і методи оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів : монографія / М.М. Маляр, В.В. Поліщук. – Ужгород : РА «АУТДОР-ШАРК», 2018. – 174 с.

ISBN

Монографія присвячена розробці моделей і методів для розв'язання задач багатокритеріального вибору підприємств для надання кредиту та оцінки і вибору інвестиційних проектів. Розроблено математичні методи і моделі для встановлення кредитного рейтингу підприємства, на основі апарату нечіткої логіки, а також методи і алгоритми для ранжування підприємств та інвестиційних проектів, які дозволяють зменшити суб'єктивізм експертних оцінок. На основі запропонованих моделей і методів розроблена інформаційно-аналітична система підтримки прийняття рішень.

Для студентів-магістрів, фахівців з теорії прийняття рішень, а також експертів-аналітиків з оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів.

УДК 519.8+004.9]:005.93](02)

ISBN

© М.М. Маляр, В.В. Поліщук, 2018

ВСТУП

У період обмеженості ресурсів, розвитку інформаційних технологій і глобалізації, постає актуальна задача підтримки прийняття рішень для оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів в умовах невизначеності. Розв'язання такої задачі вимагає побудови адекватних математичних моделей, які дозволять підвищити обґрунтованість прийнятих рішень за умов нечітких, неповних та суб'єктивних вхідних даних. Інформаційна технологія побудована на основі таких моделей, може бути впроваджена у фінансові установи і призначена для автоматизованого прийняття рішень щодо визначення кредитного рейтингу підприємств, оцінки та вибору підприємств для надання кредиту чи інвестиційних проектів.

У монографії приведені наукові дослідження технологій оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів на підставі яких розроблено інформаційну технологію у вигляді інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності.

Дослідження кредитоспроможності та оцінювання інвестиційних проектів досить інтенсивно здійснюється в усьому світі. Існує багато різних модифікацій моделей, за якими оцінюють кредитоспроможність підприємств і одними із найефективніших вважаються моделі, що здійснюють комплексне, багатофакторне оцінювання і базуються на засадах нечіткої логіки. Створенням і розвитком теоретичного апарату, який стосується вказаних проблем, займалися вітчизняні та зарубіжні вчені: А. О. Азарова, Е. Альтман, В. В. Ковальов, Р. Ліс, О. О. Терещенко, О. В. Рузакова, А. Д. Шермет та ін.

Помітним є внесок у використанні теорії нечітких множин в економічних дослідженнях таких вчених, як: О. М. Аверкін, Р. А. Алієв, Л. Заде, Ю. П. Зайченко, А. Кофман, А. В. Матвійчук, А. О. Недосекін, В. Новак, Д. А. Поспелов, Ф. Сміт, М. Сугено, В. Г. Чернова, Р. Р. Ягер та ін.

Незважаючи на величезну кількість публікацій із прийняття кредитних та інвестиційних управлінських рішень, проблема адекватного оцінювання остаточно не вирішена і на сьогодні залишається актуальною. У зв'язку з цим, розробка і реалізація інформаційних технологій для оцінювання кредитоспроможності підприємств та ранжування інвестиційних проектів на основі нечіткої логіки є актуальною задачею.

У монографії розроблено математичні методи і моделі для встановлення кредитного рейтингу одного підприємства, на основі апарату нечіткої логіки, а також методи і алгоритми для ранжування підприємств та інвестиційних проектів, які дозволяють зменшити суб'єктивізм експертних оцінок. На основі запропонованих моделей і методів, які розкривають невизначеність суджень аналітиків, підвищують об'єктивність оцінки суб'єкта, розроблено програмне забезпечення для інформаційно-аналітичної системи оцінки кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів, яка може використовуватись у різних фінансових установах.

Автори висловлюють щире подяку рецензентам книги: д-ру техн. наук, професору Зайченкові Ю. П., д-ру техн. наук, професору Сеньківському В. М. за поради та цінні вказівки при підготовці монографії.

INTRODUCTION

In the period of resource constraints, the development of information technologies and globalization, the urgent task of supporting decision-making for assessing the creditworthiness of enterprises and investment projects under uncertainty arises. Solving such a problem requires the construction of adequate mathematical models that will increase the validity of the decisions taken in the conditions of indistinct, incomplete and subjective input data. Information technology, based on such models, can be implemented in financial institutions. It is intended for automatic decision-making on determining the credit rating of enterprises, assessment and selection of enterprises for the provision of credits or investment projects.

In the monograph the scientific researches on estimation technologies of creditworthiness of enterprises and investment projects are carried out. On its basis the information technology is developed in the form of information-analytical system of support of decision-making in conditions of uncertainty.

Creditworthiness research and investment project assessment are intensively implemented around the world. There are many different modifications of models that evaluate the creditworthiness of enterprises and one of the most effective ones are considered those, which carry out complex, multi-factor estimation and are based on the principles of fuzzy logic. The creation and development of the theoretical apparatus concerning these problems were implemented by domestic and foreign scholars: A.O. Azarova, E. Altman, V.V. Kovalev, R. Les, A.O. Tereshchenko, A.V. Rusakova, A. D. Shermet et al.

It is a noticeable contribution to the use of the theory of fuzzy sets in economic research by such scholars as: O. M. Averkin, R. A. Aliyev, L. Zade, Yu. P. Zaychenko, A. Kofman, A. V. Matviychuk, A. O. Nedosekin, V. Novak, D. A. Pospelov, F. Smith, M. Suheno, V. G. Chernova, R. R. Jager and others.

Despite the huge number of publications on the assessment and credit and investment decision-making, there are problems of adequate assessment, which are

not finally resolved and are still relevant today. In this regard, the development and implementation of information technologies to assess the solvency of enterprises and the ranking of investment projects on the basis of fuzzy logic is an urgent task.

In the monograph mathematical methods and models for establishing a credit rating of one enterprise are developed on the basis of the apparatus of fuzzy logic, as well as methods and algorithms for ranking of enterprises and investment projects that reduce the subjectivity of expert assessments. Software for the information-analytical system for assessing the creditworthiness of enterprises and investment projects is developed, based on the proposed models and methods. It reveals the uncertainty of analytics judgments increases the objectivity of the entity's assessment and can be used in various financial institutions.

The authors express their sincere gratitude to the reviewers of the book: Doctor of Engineering Sciences, professor Zaichenko Yu. P., Doctor of Engineering Sciences, professor V. M. Senkivsky for their advice and valuable guidance during the preparation of the monograph.

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

Актуальними задачами, що відносяться до сфери інвестиційної діяльності, є задача оцінювання та вибору суб'єктів господарювання (підприємств) для надання банком кредиту або фінансування інвестиційного проекту. Оцінювання показників діяльності підприємств супроводжується значною інформаційною невизначеністю, суб'єктивним характером вхідних даних та невпевненістю у прийнятті рішення.

У першому розділі розглядаються технології побудови математичних моделей для розв'язання вказаних задач і проводиться аналіз класичних методів оцінювання кількісних і якісних характеристик суб'єктів господарювання, а також їх автоматизовані процеси. На завершення у розділі сформовано структурно-логічну схему дослідження.

1.1. Аспекти проблеми оцінювання платоспроможності підприємств у сфері кредитування

Банківські та фінансові установи сьогодні перебувають у невизначеній ситуації по відношенню правильного вибору позичальників, щодо надання кредиту. В умовах після «кредитного буму» та кризою, яка спричинила не повернення банківських інвестицій і наростила великий портфель прострочених кредитів, українські банки переживають нелегкі часи. На сьогодні ситуація стабілізувалася та із нарощенням пасивів українські банки готові до надання кредитів суб'єктам господарювання. Але підходять до цього дуже зважено, обережно, аналізуючи позичальників, щоб зменшити ризики неповернення позики і отримати запланованого прибутку.

У банківській сфері гостро виникає проблема якісного визначення платоспроможності позичальників, тобто вибору претендентів для

інвестування. Сучасні методи і підходи до оцінки платоспроможності позичальників, вживані у вітчизняних банках, зводяться до загального поверхневого аналізу. Крім цього, банки, як правило, вибирають один-два підходи для оцінки платоспроможності клієнтів, на кінцевому етапі спираючись на суб'єктивні фактори ухвалення рішень. При цьому істотним недоліком є відсутність єдиного комплексного і автоматизованого підходу аналізу фінансового стану клієнта.

Для розробки і застосування інформаційних технологій по оцінці платоспроможності суб'єктів підприємництва у сфері кредитування необхідно визначити зміст самого поняття «кредитоспроможність». У сучасному науковому світі немає однозначного, чіткого поняття кредитоспроможності. Існують різні підходи до визначення даної категорії. Основну сутність кредитоспроможності визначається через платоспроможність, хороший фінансовий стан підприємства, ділова репутація, потенціал генерувати грошові потоки у майбутньому, забезпечення кредиту та ін. Розглянемо різні тлумачення даної категорії.

У роботі Л.П. Белих кредитоспроможність розглядається, як спроможність отримати кредит суб'єктом господарювання (суб'єкт) чи фізичною особою та можливість в майбутньому повернути кредит [104].

В. Галасюк називає кредитоспроможність – здатність позичальника в повному обсязі та у встановлений термін повністю погасити свої зобов'язання, виключно грошовими коштами, які отримує у звичайному режимі роботи суб'єкта [18].

У словнику фінансового менеджера зазначається, що кредитоспроможність – система умов, що визначає спроможність підприємства залучити позиковий капітал і повертати його у повному обсязі і в передбачені терміни [11].

Деякі автори вважають, що «... кредитоспроможність є оцінювання банком позичальника з точки зору можливості й доцільності надання йому кредиту і визначає ймовірність повернення позик та виплати відсотків по них у

майбутньому» [76]. У такому разі, кредитоспроможність оцінюється банком, якого цікавить тільки здатність позичальника повернути кредит і відсотки за ним, а не спроможність заробляти кошти в майбутньому.

На законодавчому рівні поняття платоспроможності визначено у Положенні про визначення банками України розміру кредитного ризику за активними банківськими операціями, затверджено постановою Правління Національного банку України (НБУ) від 30.06.2016 р., №351. Згідно Положення, платоспроможність – здатність боржника/контрагента банку здійснювати розрахунки за всіма видами своїх зобов'язань відповідно до умов договорів [86]. У Положенні визначено мінімальний перелік фінансових показників та ряд інших вимог, які мають обчислюватись при оцінюванні кредитоспроможності позичальників.

Більшість вітчизняних банків використовують традиційні підходи до оцінки кредитоспроможності, які полягають у застосуванні стандартних аналітичних методів. Такі результати не дають об'єктивної інформації для прийняття рішень, а використовуються для цілей виконання вимог нормативних актів та формування обов'язкових резервів. Виникає розповсюджена ситуація, коли банки присвоюють однаковий рейтинг позичальникам із діаметрально протилежними значеннями фінансових показників. Одночасно позичальники із незадовільними фінансовими показниками отримують найвищі класи. Різні банки присвоюють одному і тому ж позичальнику розбіжні категорії якості ризику. Наслідком низької якості методик є зростання множини проблемних кредитів у кредитному портфелі українських банків.

Отже, поняття кредитоспроможності вужче ніж платоспроможність, оскільки погашення позики – це лише один із видів заборгованості, яку може мати суб'єкт.

Кредитоспроможність прямо пов'язана з фінансово-господарським станом підприємства. Фінансова, виробнича та комерційна діяльність – це ті функціональні частини, які впливають на фінансовий стан підприємства. Кожна

діяльність повинна бути спланована, так у фінансовій діяльності – це, можуть бути, фінансові та виробничі плани. Під час їх виконання відбувається розвиток підприємства, а особливо покращення фінансового стану. Отже, діяльність у фінансовій сфері, як структурна одиниця всієї господарської діяльності, спрямована на забезпечення запланованого надходження грошових коштів, отримання бажаного результату від кредитних коштів [10].

Для оцінки кредитоспроможності чи платоспроможності суб'єкта господарювання або інвестиційного проекту необхідно консолідувати та проаналізувати інформацію різної природи. Вся вхідна інформація отримується експертним шляхом і несе в собі невизначеність і суб'єктивізм. На основі неї, за допомогою процедур прийняття рішень, особа, що приймає рішення (ОПР) робить узагальнюючий висновок. Тобто, необхідно побудувати деяку методику, яка б могла давати адекватне рішення щодо надання банком кредиту на основі вхідних експертних даних.

Джерелами інформації вхідних даних для здійснення аналізу й оцінки кредитоспроможності підприємств є офіційна фінансова звітність, затверджена наказом Міністерства фінансів України №73 від 07.02.2013 р. [89]. Вона включає такі документи:

- баланс (форма №1);
- звіт про фінансові результати (форма №2);
- звіт про рух грошових коштів (форма №3);
- звіт про власний капітал (форма №4).

Основним завданням фінансової звітності є надання її користувачам повної, неупередженої та дійсної інформації про стан, результати діяльності і рух грошових коштів суб'єкта господарювання. Крім інформації, зосередженої у фінансовій звітності до множини вхідних даних, фінансовою установою збираються і досліджуються всі аспекти діяльності підприємства для відтворення його реальної «фінансової картини».

Оцінка платоспроможності підприємств повинна бути аргументованою і об'єктивною. Враховуючи різноманіття фінансових процесів, множину

показників, впливів, що характеризують фінансовий стан підприємства, чи привабливість інвестиційного проекту, виникає потреба у створенні автоматизованої системи по управлінню банківськими інвестиціями [55], яка аналізує діяльність підприємства, визначає фінансовий стан із врахуванням взятих на себе зобов'язань та прогнозує його майбутню стійкість.

Протягом багатьох десятиліть футуристи передбачали той день, коли комп'ютери полегшать роботу менеджерів і керівників у прийнятті рішень. Будуть створені автоматизовані комп'ютерні системи, які аналізуватимуть дані, на основі яких будуть прийматись обґрунтовані рішення по всіх сферах життєдіяльності. Такий процес становлення автоматизованого прийняття рішення був повільний. Багато ранніх штучних програм були створені тільки для покращення організаційної діяльності [117]. Наприклад, в медицині, лікарі зацікавилися створенням автоматизованих систем діагностики захворювань своїх пацієнтів. У бізнес-секторі, навіть коли експертні системи були спрямовані на реальні проблеми і, маючи спеціальні знання від експертів, підтримка прийняття рішень виявилась складнішою, ніж очікувалося на протязі довгого періоду часу [91].

Протягом 1970-х років, менеджери і аналітики почали використовувати перші інтелектуальні системи для підтримки прийняття рішень [119]. Ідея таких систем мала на меті допомогти керівникам у створенні звітів, їх аналізу та інтерпретації даних. Такі системи нічого спільного до прийняття бізнес рішень не мали. Хоча, деякі інструменти підтримки прийняття рішень мали потенціал, але вимагали складні статистичні розрахунки для яких потрібно було кваліфікованих користувачів. Тому, в ряді цих та інших причин, бізнес-програми не допомагали у прийнятті обґрунтованих рішень, але натомість, як похідні, використовувались програми по плануванню ресурсів підприємства.

У 1970-х і 1980-х роках, наступною проблемою у розвитку автоматизованих систем підтримки прийняття рішень було небажання з боку керівників передавати свої повноваження. Так само, як лікарі не хотіли передавати роботу з діагностики хвороб пацієнтів, керівники принципово

боялись ситуації, коли складні управлінські рішення можуть бути зведені до набору правил або змінних. Крім того, багато систем підтримки прийняття рішень є складними у використанні та важко підтримувати. Так, як мало хто в організаціях були навчені використовувати такі системи, застосування їх було обмежене.

Незважаючи на ці перешкоди, автоматизовані системи прийняття рішень набули зрілого віку. Нове покоління програмних систем підтримки прийняття рішень відрізняється від попередніх наступним:

- їх легше створювати і керувати;
- повністю автоматизовані і працюють без втручання людини (повністю, або на етапах обчислення);
- конфігуровані так, щоб перевести рішення у дію швидко, точно і ефективно.

Навіть повністю автоматизовані системи підтримки прийняття рішень, що допомагають обрати оптимальне із можливих, все рівно потребують участь експертів і менеджерів: на етапі створення, підтримки бази знань і контролю отриманих результатів. Такі системи повинні вказувати на найкращі і найгірші варіанти, але право вибору залишати за людиною.

Новий підхід до автоматизованих систем прийняття рішень диктує не тільки зміни в технологіях, а й потреби розвитку нового бізнесу. Сучасні програми можуть допомогти фінансовим установам створювати рішення, які будуть більш послідовними, ніж роблять люди, і вони можуть допомогти менеджерам швидко переходити від розуміння до вирішення і дій. Більше того, вони потенційно можуть допомогти компаніям скоротити витрати на робочу силу, підвищити якість, застосовувати політику для більш оперативного реагування на клієнтів. Для керівників та експертів стає важливим питанням, як автоматизувати все більше рішень, які рішення мають бути зроблені людьми і які можуть бути комп'ютеризовані. Швидкодія обробки інформації і прийняття рішень тісно пов'язується із продуктивністю організації. Тому, потрібно використовувати автоматизовані системи для прийняття тих рішень, які

приймаються часто і швидко, при цьому використовуючи інформацію, яка доступна в електронному вигляді. Крім того, для покращення обґрунтованості у прийнятті рішень, які робляться із використанням великої кількості даних різної природи, також потрібно використовувати автоматизовані системи [95].

Аналізуючи літературу по проблематиці, доходимо до висновку, що з 70-х років США, Великобританія, Німеччина серйозно займалися автоматизацією підтримки фінансових рішень, причому створювали і успішно впроваджували відповідні програмні продукти, які називали «Decision Support Systems» [38-39]. Програмні системи побудовані таким чином, щоб здійснювалась підтримка прийняття рішень у різних економічних сферах та у слабоструктурованих або неструктурованих проблемах [22, 30, 106].

Використання сучасних комп'ютерних засобів дозволяє:

- ОПР автоматизовано забезпечувати підтримку приймати рішення у слабоструктурованих або неструктурованих задачах;
- інтелект ОПР та результативна інформація є єдиним цілим при прийнятті рішення;
- допомагати ОПР вибрати оптимальне рішення, а не граничне серед варіантів. Контроль за прийняттям рішення залишати за людиною;
- використовувати у прийнятті рішень міркування та оцінки ОПР, а також їх пріоритети;
- підтримувати інтерактивний режим на етапах розв'язання задач;
- споживач знаходиться у безперервному діалоговому контакті з програмною системою [73].

Комп'ютеризовані засоби обробки інформації зорієнтовані на гнучкість, адаптовані для різних економічних, політичних, фінансових та інших змін, а також до різних підходів у розв'язанні задач [15]. За умов швидких змін внутрішнього і зовнішнього середовища та глобалізації фінансового сектору, такі системи є перспективною галуззю для використання математичних моделей, як на державному рівні, так і на рівні окремих суб'єктів [40].

У наукових джерелах недостатньою мірою висвітлено розробки та впровадження автоматизованих засобів (систем) обробки фінансової інформації на рівні суб'єктів господарювання для визначення їх рівня кредитоспроможності. На сучасному етапі розвитку економіки України, теоретичні дослідження в комп'ютеризованих засобах обробки інформації не висвітлюють потрібним чином, розробку програмних систем у фінансових задачах на основі математичного апарату. Відсутній системний підхід до вирішення питань управління фінансами на рівні окремого суб'єкта господарювання (підприємство або фінансова установа), що в свою чергу впливає на його фінансове становище.

Існує багато різних класифікацій моделей, які оцінюють кредитоспроможність підприємств, але найефективнішими можемо виділити ті, які здійснюють комплексне, багатофакторне оцінювання і базуються на нечіткостях. Методиками оцінки кредитоспроможності підприємств та оцінками інвестиційних проектів займаються багато вчених, серед них можемо відмітити: Азарова А.О., Е. Альтмана, Зайченко Ю.П., Ковальова В.В., Р. Ліс, Матвійчука А.В., Недосекіна А.О., Рузакова О.В., Терещенко О.О., Чернова В.Г., Шермета А.Д. та інші. Розробку прикладних програмних продуктів на основі методів фінансового аналізу здійснюють такі компанії, як: «SAS-Credit Scoring for Banking», «WARD», «EQUIS», «Camel», «Dm Score», «Hyper Logic», «BAAN», «Альт-Финансы» та інші.

Підводячи підсумок, можемо сказати, що кредитоспроможність позичальника залежить від багатьох факторів, які повинні бути оцінені і дослідженні. В активних операціях фінансові установи заробляють на маржі, тобто на проценті реальної вартості ресурсів до відсоткової ставки за кредитом. При наданні кредиту, фінансова установа бере на себе ризики його неповернення. Фінансові установи ретельно вивчають фінансовий стан підприємства, аналізують бізнес плани під кредитні кошти, передбачають обставини, які можуть вплинути на неповернення кредиту. Від правильної оцінки кредитоспроможності залежить успішність кредитної угоди, що

приведе до бажаного результату ведення бізнесу обох сторін – позичальника та фінансової установи. Отже, для ефективного управління кредитними ресурсами та отримання прибутку, банкам необхідно зважено підійти до об'єктивності оцінки фінансової стійкості підприємства та враховувати ризики при кредитних операціях.

В Україні ринок програмних продуктів у сфері кредитування лише зароджується. В більшості випадках зарубіжні представники пристосовують свої програмні продукти під український ринок. Тому, створення нових ідейних підходів до оцінки кредитоспроможності підприємств чи ранжування інвестиційних проектів і втілення їх у автоматизовану систему – є актуальною прикладною задачею [79].

1.2. Аналітичний огляд технологій оцінювання кількісних і якісних характеристик суб'єктів господарювання

Багато науковців по своєму класифікують методи кредитоспроможності, враховуючи різні фактори, підходи, основу обчислень і т.д. Розглянемо загальну класифікацію існуючих вітчизняних і зарубіжних методів кредитоспроможності суб'єктів [43]:

- класифікаційні (статистичні) методи оцінки, до яких належать рейтингові (бальні системи оцінки) та моделі прогнозування банкрутства;
- моделі комплексного аналізу (експертні оцінки).

Сучасні підходи до оцінювання кредитоспроможності підприємств базуються на комплексному аналізі підприємства зі всебічного його розгляду та використання як кількісних, так і якісних показників. Крім того, використання різних підходів дає можливість більш об'єктивно підійти до оцінювання, максимально наближуючи реальну сторону функціонування суб'єкта.

Рейтингові (бальні) системи оцінки використовують попередній досвід про знання з добрим та простроченим боргом. На основі цього, визначають

критеріальний рівень оцінки позичальника. Він розраховується шляхом множення значення показника на його вагу в інтегральному показнику. Загальний вид рейтингової оцінки визначається за формулою:

$$I = \sum_{i=1}^n w_i K_i, \quad (1.2.1)$$

де I – інтегральний показник, w_i – вагові коефіцієнти, K_i – значення i -го показника, n – кількість критеріїв.

Цінність рейтингової оцінки полягає у тому, що оцінюються не тільки кількісні показники, але і якісні. На практиці кожен банк вибирає для себе свої коефіцієнти і методику їх розрахунку [19]. Кредитоспроможність підприємств визначається у балах, які переводяться у певний клас (рейтинг). Серед вчених, які займалися рейтинговими системами, можемо виділити наступних: Дж. Шим, Дж. Сігел, Б. Нідлз, Г. Андерсон, Д. Колдвел, Е. Рід. Кожен з них виділяв різні показники з наступних груп: ліквідність, прибутковість, довгострокову платоспроможність і показники засновані на ринкових умовах. Перевагою рейтингової системи оцінки є її простота [29].

Різновидом рейтингової оцінки є кредитний скоринг, запропонований американським ученим Д. Дюраном на початку 40-х років, з метою відбору клієнтів у споживчому кредитуванні [76]. Українські банки широко використовують дану методику, як для фізичних, так і для юридичних осіб.

При застосуванні даної методики прийоми є різні, від простих формул, до складних математичних моделей. Для кожного показника визначається кілька інтервалів значень, яким приписуються бали або визначається клас. Отриманий клієнтом рейтинг співставляється із нормативами і робиться висновок, щодо можливості видачі кредиту [16]. Перевагами рейтингової моделі є нескладність використання, комплексний підхід до оцінки кредитоспроможності та можливість проводити експрес-аналіз у присутності клієнта.

Прогнозні моделі використовуються для оцінки якості потенційних позичальників і базуються на статистичних методах, таких як множинний

дискримінантний (кластерний) аналіз. Загальний вигляд дискримінантної функції наступний:

$$Z = \sum_{i=1}^n a_i f_i, \quad (1.2.2)$$

де a_i – коефіцієнти регресії, f_i – чинники, що характеризують фінансовий стан, (критерії), n – кількість показників.

Коефіцієнти регресії розраховуються статистично. Береться вибірка збанкрутілих суб'єктів і тих, які стабільно працювали протягом певного періоду. Прогнозні моделі розбивають суб'єкти на два види: ті, які стабільно будуть працювати протягом деякого періоду і ті, які збанкрутують. Отже, показник Z порівнюється із граничним значенням, який виводять на основі збанкрутілих суб'єктів.

При застосуванні даної моделі необхідна велика репрезентативна вибірка суб'єктів по різних галузях і розмірам підприємств. Трудність виникає у тому, що не завжди можна знайти достатню кількість збанкрутілих підприємств у одній і тій самій галузі та розмірах. Крім того, створення такої моделі у вітчизняній практиці є досить проблематичним. Єдина база кредитних історій зовсім молода, не всі фінансові установи подають інформацію, а якщо подають, то не завжди вона відповідає дійсності. Ці основні причини не дають можливості створення адекватної моделі для українського ринку оцінки підприємств.

Серед моделей множинного дискримінантного аналізу можемо виділити наступні: В. Ліса, моделі Тафлера і Тішоу, Спрінгейта, О. Терещенка, Давидової-Белікової, Сайфулліна-Кадикова, М. Федотової, Альтмана, Чесера та ін. [50]. Розглянемо деякі з них.

У 1977 році Альтман, Холдeman і Нарайан побудували модель другого покоління (Z -модель Альтмана) з деякими покращеннями по відношенню до оригінальної моделі « Z -Score» (1968). Метою даного дослідження було побудувати, проаналізувати і протестувати нову класифікаційну модель банкрутства, яка об'єктивно розглядає банкрутство суб'єктів. У даному

дослідженні включені уточнення використання дискримінантних статистичних методів. Нова модель для класифікації банкрутства є ефективною до п'яти років прогнозування. Точність прогнозує – 90% за рік і 70% до п'яти років [112].

Z-модель Альтмана має наступний вигляд [98]:

для суб'єктів, яких акції котуються на біржі –

$$Z = 1,2 \cdot X_1 + 1,4 \cdot X_2 + 3,3 \cdot X_3 + 0,6 \cdot X_4 + 1,0 \cdot X_5, \quad (1.2.3)$$

для невеликих суб'єктів, які не мають акцій на біржі –

$$Z = 0,717 \cdot X_1 + 0,847 \cdot X_2 + 3,107 \cdot X_3 + 0,42 \cdot X_4 + 0,995 \cdot X_5, \quad (1.2.4)$$

де X_1 – частка обігових коштів у активах; X_2 – рентабельність активів по відношенню до нерозподіленого прибутку; X_3 – рентабельність активів; X_4 – ринкова вартість акціонерного капіталу до короткострокових зобов'язань (суб'єкти, які мають акції на біржі), і відношення балансової вартості власного капіталу до залученого капіталу (для суб'єктів, які не мають акцій на біржі); X_5 – коефіцієнт фондівіддачі. Граничне значення показника Z наступне: якщо $Z < 2,675$, то суб'єкт класифікують як банкрут, $Z \geq 2,675$ – вважають, що суб'єкт успішно працює.

Альтман встановив, що при значенні показника Z менше 1,81 і більше 2,99 модель не працює [49].

Модель Чессера створена для прогнозування невиконання суб'єктом своїх зобов'язань за кредитним договором. Тобто, будь-які відхилення, які можуть вплинути на невиконання запланованих умов договору [44].

Чессер використав дані чотирьох банків за 37 кредитами, які відмінно обслуговували борг і 37 прострочених. Підставивши розрахункові показники моделі у формулу, Чессер правильно визначив три з чотирьох досліджуваних випадків [120].

Дана модель включає шість критеріїв: X_1 – відношення грошових потоків до загальної суми активів; X_2 – відношення продажів до високоліквідних активів; X_3 – відношення не оподаткованого прибутку до суми активів; X_4 –

відношення загальної заборгованості до суми активів; X_5 – відношення основних засобів до загальної суми активів; X_6 – відношення оборотного капіталу до не оподаткованого прибутку. Тоді, модель Чессера має наступний вигляд:

$$Y = -2,0434 - 5,24 \cdot X_1 + 0,0053 \cdot X_2 - 6,6507 \cdot X_3 + 4,4009 \cdot X_4 - 0,0791 \cdot X_5 - 0,102 \cdot X_6. \quad (1.2.5)$$

Змінну Y , яка є лінійною комбінацією незалежних змінних, підставляють у наступну формулу:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-Y}}. \quad (1.2.6)$$

Якщо $P \geq 0,50$, то суб'єкта відносять до категорії, що не виконає умови кредитного договору, а якщо $P < 0,50$, то навпаки, суб'єкта оцінюють, як надійного позичальника.

Розглянемо чотири факторну модель Ліса, запропоновану 1972 році у Великобританії [75]:

$$Z = 0,063 \cdot X_1 + 0,092 \cdot X_2 + 0,057 \cdot X_3 + 0,001 \cdot X_4, \quad (1.2.7)$$

де X_1 – ліквідність (співвідношення робочого капіталу і активів); X_2 – прибутковість (співвідношення прибутку до сплати податків і операційних активів); X_3 – нерозподілений прибуток (співвідношення резервів і операційних активів); X_4 – фінансова стійкість (співвідношення резервів і операційних активів). Розмежування суб'єктів, відносно банкрутства, поставлено на рівні 0,037, тому, чим більше значення, тим суб'єкт має кращий рейтинг. Модель розроблялася для Англії і зовсім не пристосована для вітчизняного ринку [71].

Гордоном Л. В. Спрінгейтом (Gordon LV Springate) в 1978 році, на підставі моделі Альтмана та покрокового дискримінантного аналізу, була розроблена модель прогнозування ймовірності банкрутства підприємства для США та Канади [90]. У процесі розробки моделі з 19 фінансових коефіцієнтів, що вважалися кращими, Спрінгейтом було відібрано чотири коефіцієнта, на

підставі яких була побудована модель Спрінгейта. Оцінка ймовірності банкрутства за моделлю Спрінгейта здійснюється за формулою:

$$Z = 1,03 \cdot X_1 + 3,071 \cdot X_2 + 0,66 \cdot X_3 + 0,4 \cdot X_4, \quad (1.2.8)$$

де X_1 – співвідношення робочого капіталу і активів; X_2 – співвідношення прибутку до сплати податків і активів; X_3 – співвідношення до сплати відсотків і короткострокової заборгованості; X_4 – співвідношення виручки і активів. Мінімальне припустиме значення – 0,862. У процесі тестування моделі Спрінгейта, на підставі даних 40 компаній, була досягнута 92,5% точність передбачення неплатоспроможності на один рік вперед.

Розглянемо модель прогнозування банкрутства підприємства за універсальною дискримінаційною функцією [68]:

$$Z = 1,5 \cdot x_1 + 0,08 \cdot x_2 + 10 \cdot x_3 + 5 \cdot x_4 + 0,3 \cdot x_5 + 0,1 \cdot x_6, \quad (1.2.9)$$

де x_1 – співвідношення грошового потоку і зобов'язань; x_2 – співвідношення активів і зобов'язань; x_3 – співвідношення прибутку і активів; x_4 – співвідношення прибутку і виручки; x_5 – співвідношення виробничих запасів і виручки; x_6 – співвідношення виручки і активів.

Якщо $Z > 2$ – підприємство є стійким, загрози банкрутства не має;

$1 < Z \leq 2$ – стійкість фінансового стану хитлива, проте, за умов антикризового управління, банкрутства можна уникнути;

$0 < Z \leq 1$ – підприємство може збанкрутіти, якщо не проведе санаційні заходи;

$Z \leq 0$ – підприємство є напівбанкрутом.

Першим російським досвідом застосування підходу Альтмана є розроблена модель Давидової-Белікова [24]:

$$Z = 8,38 \cdot x_1 + 1,0 \cdot x_2 + 0,054 \cdot x_3 + 0,63 \cdot x_4, \quad (1.2.10)$$

де x_1 – співвідношення оборотного капіталу і суми активів; x_2 – співвідношення чистого прибутку і власного капіталу; x_3 – співвідношення

обсягу продаж і суми активів; x_4 – співвідношення чистого прибутку і собівартості.

При $Z < 0$ – ймовірність банкрутства максимальна (0,9-1); при $0 < Z \leq 0,18$ – ймовірність банкрутства висока (0,6-0,8); при $0,18 < Z \leq 0,32$ – ймовірність банкрутства середня (0,35-0,5); при $0,32 < Z \leq 0,42$ – ймовірність банкрутства низька (0,15-0,20); при $Z > 0,42$ – ймовірність банкрутства незначна (до 0,1).

Всі розглянуті моделі показують реальні результати в умовах, для яких вони були розроблені. Застосування даних моделей у нашій державі не завжди дають коректні результати, оскільки, потрібно відповідність бухгалтерського обліку, фінансової звітності, стабільну діяльність суб'єктів, схеми оподаткування та інші об'єктивні і суб'єктивні причини. Є різні спроби адаптації таких моделей, але успіху вони не приносять. Тому, у 2012 році Національним банком України та О.Терещенком було побудовано багатофакторну дискримінантну модель для розрахунку інтегрального показника фінансового стану суб'єкта господарювання [101]:

$$Z = a_1 \cdot K_1 + a_2 \cdot K_2 + \dots + a_{10} \cdot K_{10} - a_0, \quad (1.2.11)$$

де K_1, K_2, \dots, K_{10} – фінансові коефіцієнти, що розраховуються на базі фінансової звітності; a_1, a_2, \dots, a_{10} – параметри, що визначаються з урахуванням вагомості та розрядності фінансових коефіцієнтів, на підставі даних фінансової звітності суб'єкта господарювання; a_0 – вільний член дискримінантної моделі.

НБУ поділяє всіх суб'єктів господарювання за розмірами (малі, середні та великі), а також за видами діяльності на 9 груп відповідно до класифікатора видів економічної діяльності [26]. В залежності від групи та розмірів побудована дискримінантна модель із виведеними параметрами та коефіцієнтами (в межах десяти). На основі інтегральної оцінки визначається клас суб'єкта, присвоюється категорія якості кредитної заборгованості і визначається показник ризику [86].

Далі, розглянемо модель класифікаційного дерева CART (Classification and Regression Trees) [115] – непараметрична модель, яка є доступною для розуміння, існує можливість широкого використання та має прості обчислення. У «класифікаційному дереві» суб'єкти розташовані на певній «гілці», в залежності від значень обраних критеріїв оцінки, далі йде розгалуження «гілок» по іншим критеріям.

Можемо виділити одну з моделей, на основі класифікаційного дерева, «рекурсивна розбивка» (recursive partitioning) запропонована М. Фрідменом, Е. Альтманом і Д. Као [116]. Ця модель дозволяє розробити правила для надання кредиту, при побудові «класифікаційного дерева», з метою відкидання збанкрутілих суб'єктів. Ці правила створюються на основі інформації, що надходить від розглядуваного суб'єкта. Модель легко регулюється за потребами цільових аналізів, наприклад для банків, яким потрібно побудувати ранжувальний ряд, або з метою різної сегментації бізнесу. Точність класифікації такого методу становить 90%.

Методика, на основі аналізу грошових потоків [31], дозволяє використовувати коефіцієнти, що розраховуються за даними по оборотах ліквідних активів, запасів та короткострокових боргових зобов'язаннях, за допомогою розрахунку чистого сальдо різних надходжень і видатків коштів за певний період. Основна мета – виявлення основних причин розбіжності між величиною чистого грошового потоку і сумою прибутку від операційної діяльності. Перевищення такої величини, за короткий період, говорить про дефіцит грошових коштів, а це свідчить про низький рейтинг суб'єкта. Часте перевищення рекомендує клієнта, як фінансово нестійкого. Сформована середня величина загального грошового потоку може встановлюватися як межі для можливості видачі нових кредитів, оскільки показує розмір коштів, за допомогою яких суб'єкт має можливість погашати кредит. За допомогою співвідношення величини загального грошового потоку і розміру боргових зобов'язань суб'єкта визначається його рейтинг кредитоспроможності. Аналіз грошового потоку дає право зробити висновок про нестійкі напрями управління

суб'єкта. При видачі кредиту на тривалий термін аналіз грошового потоку проводиться не тільки на основі даних за попередній період, а й на основі прогнозних даних на планований період.

Недоліком класифікаційних моделей є наявність тільки кількісних критеріїв оцінки, довільність вибору системи кількісних показників, висока недостовірність вхідних даних, громіздкість обчислень. У комплексних системах аналізу є можливість поєднання як кількісних, так і якісних критеріїв оцінки. Розглянемо комплексні методи, які застосовуються банками різних країн, такі як: правило шести «Сі», «СAMPARI», «PARTS», «PARSER».

У США за методикою правила шести «Сі» аналітики складають детальний звіт, який включає інформацію, крім основних характеристик, й такі, як галузь роботи суб'єкта та характер ринку збуту продукції. Методика правила шести «Сі» включає критерії оцінки, які починаються на букву «Сі»:

- Character (характер позичальника) – репутація, степінь відповідальності, бажання погасити заборгованість. При цьому вивчається кредитна історія позичальника, використовуючи всі можливі джерела інформації, включаючи дані кредитних агентств.

- Capacity (платоспроможність) – платоспроможність визначається на основі аналізу історії розвитку бізнесу і фінансових можливостей. Фінансовий стан визначається за допомогою аналізу доходів, витрат та перспективи їх поведінки в майбутньому.

- Cash (грошові кошти) – співвідношення суми боргу до розмірів активів, його оборотний капітал, дебіторська заборгованість.

- Collateral (забезпечення) – активи, які суб'єкт може надати в заставу для отримання кредиту. Вивчається все забезпечення та його оцінка.

- Conditions (умови) – розглядаються загальні економічні умови, особливості розвитку бізнесу в різних галузях та регіонах, які вплинуть на розвиток суб'єкта та банка.

- Control (контроль) – вивчається, на скільки економічні, політичні, законодавчі зміни можуть негативно вплинути на кредитоспроможність суб'єкта.

Інформація про шість факторів отримується із документально-оформленого досвіду кредитування клієнтів. Велику роль відіграє обмін інформації між банками і отриманих звітів кредитних агентств [25]. Використання такої методики дає можливість мати чітке та повне представлення про характер і особливості діяльності суб'єкта [93].

Аналіз платоспроможності суб'єкта, у відповідності до основних принципів кредитування, міститься у методиці «СAMPARI», у якій по чергово вибираються із кредитної заявки і фінансових звітів всі факти, визначаючи кредитну оцінку [5]. Назва методу складається із початкових букв наступних слів:

- C (Character) – особисті якості клієнта, його репутація, характер;
- A (Ability) – здатність повернення кредиту;
- M (Margin) – маржа кредитної операції;
- P (Purpose) – цільове призначення кредиту;
- A (Amount) – сума кредиту;
- R (Repayment) – умови погашення кредиту;
- I (Insurance) – забезпечення, страхування ризику неповернення кредиту.

В Англії в банківській практиці відмічається, що ключовим словом, в якому зосереджені вимоги по кредитуванню суб'єктів господарювання, є «PARTS» [4]:

- P (Purpose) – цільове призначення кредиту;
- A (Amount) – сума кредиту;
- R (Repayment) – умови погашення кредиту;
- T (Term) – термін надання кредиту;
- S (Security) – забезпечення погашення кредиту.

В англійських клірингових банках застосовують також систему оцінки клієнта «PARSER» [110]:

- P (Person) – інформація про репутацію суб'єкта, що подав заявку на кредит;
- A (Amount) – мотивування суми запитуваного кредиту;
- R (Repayment) – перспективи погашення кредиту;
- S (Security) – оцінка забезпечення;
- E (Expediency) – доцільність кредиту;
- R (Remuneration) – відсоткова ставка за надання кредиту.

Таким чином, у зарубіжній банківській діяльності для визначення кредитоспроможності суб'єкта, на основі комплексного аналізу, розглядають такі непорівнянні категорії як економічні інтереси банку, гарантії погашення кредиту та репутація керівного складу суб'єкта. В усіх система з одного боку, використовують спільні елементи, а з іншого є суттєві відмінності. Але ці системи схожі між собою, різні їх назви, визначені різною послідовністю розгляду цих ознак.

Далі розглянемо проблематику методик вибору інвестиційних проектів.

Прийняття інвестиційних рішень – це важкий багатоетапний процес на який впливають такі фактори [70]:

- середовище прийняття рішень;
- інформаційні обмеження;
- фактор часу;
- негативні наслідки;
- особисті оцінки і переваги керівників;
- взаємозв'язок рішень;
- фактор невизначеності.

Для порівняльного аналізу інвестиційних проектів пропонується використовувати досить широку множину різних моделей і методів: якісного або кількісного характеру; орієнтованих на одно або багатокритеріальний

вибір; забезпечують формування економічно вагомих або відносних оцінок; враховують фактор ризику і невизначеності та ін.

Якісні методи порівняльного аналізу, ранжування та вибору інвестиційних проектів передбачають проведення колективної експертизи за сукупністю виділених факторів, структурування та подання експертної інформації в табличному або графічному виді.

В [102] для порівняльної оцінки проектів використовується згортка, в якій існують наступні критерії: чистий дисконтований дохід, індекс прибутковості, внутрішня норма прибутку, період окупності і проста норма прибутку. Кожному критерію, експертом, ставиться коефіцієнт важливості. Проблема неоднорідності критеріїв вирішується шляхом приведення кожного з них до шкали потужності одиниця: найкраще значення критерію приймається за одиницю і виходячи з цього, перетворюються значення даного критерію для решти проектів з аналізованої множини.

В [111] для вибору найкращого проекту пропонується використовувати комплексний показник інтегрованої економічної ефективності спільно з умовою оптимальності терміну окупності, визначеним потенційним інвестором.

В [7] пропонується використовувати елементи нечітких множин. Вважається, що кожен проект характеризується набором абсолютних і відносних оцінок, які за певними правилами зводяться до якісних показників. Для кожного такого показника будується функція належності, з якої і формується узагальнений критерій.

Для оцінки та порівняльного аналізу інвестиційних проектів використовується технологія DEA – Data Envelopment Analysis [114]. Зручність даної технології полягає в отриманні єдиного узагальненого показника (коефіцієнта ефективності), що враховує множину критеріїв і характеризує недооціненість кожного об'єкта, щодо інших, за сукупністю показників. При реалізації даної технології використовуються досягнення в галузі математичного програмування, теорії і методів вирішення завдань оптимізації великої розмірності, а також сучасні засоби програмного забезпечення. Суть її

полягає в побудові кусково-лінійної границі ефективності (ефективної гіперповерхні). Побудова такої границі для групи об'єктів здійснюється за емпіричними даними. Кожному об'єкту ставиться у відповідність точка в багатовимірному просторі. Шляхом вирішення відповідних оптимізаційних задач розраховуються коефіцієнти ефективності кожного об'єкта щодо інших об'єктів в аналізованій групі. Межу ефективності задають об'єкти, для яких коефіцієнт ефективності дорівнює одиниці, а міра видалення інших об'єктів від межі визначає неефективність їх діяльності щодо "кращих представників".

Використання технології DEA для вибору проектів при інвестиційному аналізі може бути дуже продуктивним на кінцевій стадії вибору, коли проведено фінансово-економічний аналіз кожного проекту, виділені множини альтернативних проектів, що відповідають потрібним критеріям ефективності і необхідно побудувати ранжувальний ряд для вибору кращого з них по сукупності критеріїв. На етапі попереднього відбору інвестиційних проектів, для подальшого аналізу, доцільно застосовувати більш прості (менш трудомісткі) методи.

Відомим методом порівняльного аналізу, що дозволяє враховувати ієрархічну залежність критеріальних показників, є метод аналізу ієрархій Т. Сааті [127], що забезпечує формальну обробку суджень і переваг експертів на основі аналізу попарних переваг інвестиційних проектів по кожному з критеріальних показників. Однак, даний метод важко використовувати для великої розмірності даних.

Сформулюємо критерії оцінки придатності математичного апарату, для розв'язання інвестиційних задач:

- базові поняття використовуваного математичного апарату повинні відповідати сутності розв'язуваної задачі;
- надання експерту можливості використовувати найбільш зручні для нього форми оцінки параметрів досліджуваних процесів, включаючи лінгвістичні оцінки;

- процедури обрахунків і кінцевий результат повинні бути зрозумілі користувачу не маючи спеціальної підготовки;
- можливість реалізації сценарного аналізу.

У той же час, у ряді робіт [45, 41], триває застосування методів теорії ймовірності для оцінки інвестиційних проектів. Облік невизначеності, наприклад, при оцінці потоку платежів пропонується здійснювати, задаючи розподіл щільності ймовірностей з подальшим розрахунком математичного сподівання і дисперсії. При цьому наголошується, що об'єктивних даних по вибору закону розподілу і його параметрів може і не бути, і ці параметри визначаються експертним шляхом, тобто по суті мова може йти тільки про оцінки досліджуваних параметрів. Однак жодних спроб дослідити їх точність не робиться.

В інвестиційному аналізі поведінка різних процесів представляється часовими рядами. У реальних умовах таке подання має властивість неповноти, яка є наслідком неможливості відтворити економічні умови. Ця обставина обумовлює необхідність використання експертних суджень і оцінок, які не підкоряються аксіомам теорії ймовірностей, для складних систем, до яких, зокрема, відносяться і економічні системи.

В інвестиційному аналізі застосовують і мінімаксні методи Гурвіца, Вальда та інші, але тоді, існує можливість неприйняття інвестиційних проектів з непоганими шансами на успіх, виникають необґрунтовано завищені резерви і в гіршому випадку параліч ділової активності з деградацією інвестора як ОПР [72]. Мінімаксні методи, орієнтовані на найгірші сценарії, тому вони економічно неефективні, оскільки вимагають створення значних резервів, які можуть бути і не затребувані. Інвестиційні рішення доводиться приймати в умовах неповноти і суперечності знань, наслідком яких є порушення принципу монотонності, коли вважають, що всі твердження, продовжують залишатися істинними в процесі наступного виводу.

Тоді має місце ситуація, коли традиційні аналітичні методи підтримки прийняття рішень, або не можуть бути коректно застосовані в інвестиційному аналізі, або для їх застосування відсутні необхідні умови.

Наявність факторів слабкої структурованості задачі прийняття інвестиційних рішень, невизначеності, експертних оцінок, суб'єктивних переваг ОПР, дає підстави говорити про те, що в системі підтримки прийняття інвестиційних рішень повинні оброблятися не тільки дані, але й знання, при цьому в обох випадках повинен враховуватися фактор невизначеності.

Для створення таких систем необхідні відповідні математичні методи і моделі. Нечіткі моделі, методи та алгоритми, призначені для обробки нечітких даних і знань, можуть знайти тут саме широке застосування.

1.3. Постановка задачі. Структурно-логічна схема дослідження

Під інвестиційною діяльністю банку розуміють всі активні операції, але найбільша частина припадає на кредитування. Одне з головних завдань банку при цьому – визначення оптимальної стратегії укладення угод кредитування, що забезпечує максимальний ріст прибутку при мінімальних ризиках. На сьогоднішній день банківський кредит є головним ресурсом забезпечення грошовими коштами господарської діяльності підприємств, незалежно від їх форм власності. У зв'язку з цим виникає проблема оцінки кредитного ризику.

Ключовими елементами ефективного управління банківськими установами служать добре розвинена кредитна політика, обґрунтоване управління кредитним портфелем, ефективний контроль за кредитами та методи, за якими проводять оцінку кредитоспроможності.

Кожна кредитна установа, крім того, що регламентується нормативними документами НБУ додатково використовує власні методики для оцінки кредитоспроможності підприємств чи інвестиційних проєктів. Внутрішньобанківська методика, регламентуючись кредитною політикою, повинна бути гнучкою до умов ринку. Більшість вітчизняних банків

використовують традиційні методи оцінки, які не здатні об'єктивно давати результат за умов нечіткої інформації, а це прямо впливає на збільшення ваги проблемних кредитів у портфелі банку.

Таким чином, виникає необхідність об'єктивно оцінювати кредитоспроможність позичальника зі зменшенням упередженого фактору аналітиків і впровадження автоматизованих систем аналізу.

Визначати кредитоспроможність позичальників – суб'єктів господарювання будемо за допомогою економічних показників та апарату нечіткої логіки. Для цього необхідно розробити математичні моделі визначення категорії якості (кредитного рейтингу) позичальника.

Розв'язання задачі кредитоспроможності підприємства дозволить мінімізувати кредитний ризик та отримати запланований дохід. Розглянемо задачу визначення кредитоспроможності суб'єкта. Розв'язок такої задачі відбувається на двох, а деколи і більше етапах. На першому етапі аналітики (експерти) оцінюють багато показників, впливів, інтересів та наслідків, які характеризують варіанти рішень. На другому етапі особа, що приймає рішення, збирає оцінки аналітиків та на основі них виводить заключення для остаточного прийняття рішення.

Для оцінки кредитоспроможності суб'єкта господарювання P на першому етапі потрібно отримати множину вхідних даних $V = (V_1, V_2, \dots, V_s)$ із фінансової звітності, вимог НБУ та додаткового питальника.

На другому етапі, на основі множини вхідних даних, обчислюємо значення інформаційних критеріїв $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$, які використовуються для оцінки суб'єкта. Значення оцінок інформаційних критеріїв будемо позначати $O = \{O_1, O_2, \dots, O_m\}$ відповідно. Оскільки, вхідні дані є різної природи, несуть у собі як кількісну, так і якісну інформацію, а значення інформаційних критеріїв оцінки є кількісним, то на цьому етапі виникає задача формалізації вхідних даних. Для вирішення даної задачі буде використаний математичний

апарат нечіткої логіки і нечітких множин, що найбільш адекватно дозволить описати множину критеріальних оцінок і зробити відповідні логічні висновки.

На третьому етапі необхідно побудувати математичну модель прийняття рішень. Дана модель, на основі отриманих оцінок, повинна визначати для розглядуваного суб'єкта оцінку рівня кредитоспроможності $D = (D_1, D_2, \dots, D_i)$. Формально таку модель можемо записати у вигляді оператора:

$$M : O(V) \rightarrow D. \quad (1.3.1)$$

Даним оператором аналізується об'єкт із n входами та одним виходом.

Множину рівнів можемо співставити оцінкам одного із трьох провідних рейтингових агентств світу – Фітч Рейтинг (англ. Fitch Ratings), позначимо її $D = (AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC, C, RD, D)$ [118]. Рівні міжнародного рейтингового агентств Фітч Рейтинг, можемо поставити у відповідності до вітчизняних рейтингів – категорії якості:

- I (найвища) - немає ризику або ризик є мінімальним, відповідає рейтингам AAA, AA ;
- II - помірний ризик, відповідає рейтингам A, BBB ;
- III - значний ризик, відповідає рейтингам BB, B ;
- IV - високий ризик, відповідає рейтингу CCC ;
- V (найнижча) - реалізований ризик, відповідає рейтингам C, RD, D .

Розглянемо таблицю 1.3.1, в якій подані кредитні рейтинги агентств, що відповідають конкретним категоріям якості і рівню ризику неповернення позики [108].

Для прикладу, шкалу оцінок запропонуємо потужності одиниці і співставимо до відповідності однієї із категорій якості:

$m(a) \in (0,67; 1]$ – I категорія якості ((0,87; 1] – AAA; (0,67; 0,87] – AA);

$m(a) \in (0,47; 0,67]$ – II категорія якості ((0,57; 0,67] – A; (0,47; 0,57] – BBB);

$m(a) \in (0,36; 0,47]$ – III категорія якості ((0,42; 0,47] – BB; (0,36; 0,42] – B);

$m(a) \in (0,21; 0,36]$ – IV категорія якості (CCC);

$m(a) \in [0; 0,21]$ – V категорія якості ($(0,11; 0,21]$ – C; $(0,07; 0,11]$ – RD; $(0; 0,07]$ – D).

Таблиця 1.3.1.

Класифікація позичальників

Категорія якості	Опис	Рейтинг
I	Найвищий рівень кредитоспроможності. Дуже низькі очікування по кредитних ризиках та дуже висока здатність своєчасно погашати фінансові зобов'язання.	AAA, AA
II	Висока кредитоспроможність. Низькі очікування по кредитним ризикам. Здатність вчасно погашати фінансові зобов'язання оцінюється як адекватна, однак негативні зміни обставин і економічної кон'юнктури з більшою вірогідністю можуть знизити цю здатність.	A, BBB
III	Спекулятивний рейтинг. Існує можливість розвитку кредитних ризиків, особливо в результаті негативних економічних змін, які можуть статися з часом.	BB, B
IV	Рейтинг говорить, що дефолт видається реальною можливістю. Здатність виконувати фінансові зобов'язання цілком залежать від стійкої та сприятливої ділової або економічної кон'юнктури.	CCC
V	Дефолт неминучий.	C, RD, D

Оскільки, сьогодні попит на активи переважає можливість задоволення всіх суб'єктів, тому виникає проблема вибору підприємств для надання кредиту чи інвестиційних проектів, яка моделюється за допомогою багатокритеріальних задач вибору.

Математична модель вирішення даної проблеми може бути представлена у вигляді задачі багатокритеріального вибору і сформульована наступним чином. Нехай $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ – множина альтернатив, тобто суб'єкти господарювання, які подали заявки до фінансової установи для отримання позики чи фінансування інвестиційного проекту. Їх платоспроможність визначається по багатьох показниках, які оцінюються за допомогою множини критеріїв ефективності. Задачу вибору сформулюємо у наступному виді: проранжувати множину P , для визначення найбільш надійних суб'єктів, відносно множини критеріальних оцінок K .

Розв'язавши, таким чином, задачу вибору ми отримаємо проранжовану множину суб'єктів господарювання відносно критеріальних оцінок. Для мінімізації банківських ризиків і отримання прогнозованого доходу, ОПР має можливість вибрати найбільш надійні суб'єкти господарювання для надання позики чи фінансування інвестиційних проектів.

Структурно-логічна схема дослідження може бути представлена як послідовність таких етапів:

Етап 1. Обґрунтування теми дослідження.

1. Аналіз аспектів проблеми оцінювання кредитоспроможності підприємств.

2. Аналіз технологій оцінювання кількісних і якісних характеристик суб'єктів господарювання.

Етап 2. Технології оцінювання суб'єктів господарювання банківськими структурами.

1. Формалізація задач оцінювання господарської діяльності підприємств.

2. Аналіз багатокритеріальних технологій у прийнятті кредитних рішень.

3. Побудова нечітких множин на основі експертних даних для оцінювання об'єкта господарювання.

Етап 3. Розробка методів по оцінюванню кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів.

1. Розробка моделі для оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємству.

2. Розробка багатокритеріальних методів оцінювання і вибору підприємств для надання кредиту.

3. Розробка моделі оцінювання та вибору інвестиційних проектів.

Етап 4. Верифікація одержаних результатів.

1. Розробка принципів створення та структури інформаційно-аналітичної системи (ІАС) для оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів.

2. Експериментальна верифікація розроблених моделей і методів.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ БАНКІВСЬКИМИ СТРУКТУРАМИ

Постає актуальна задача оцінювання та вибору підприємства для надання йому кредиту, чи фінансування деякого інвестиційного проекту. Після фінансової кризи всі учасники ринку дуже обережно і обґрунтовано підходять до розподілу грошових коштів. В такому випадку, необхідні нові, сучасні теорії та концепції, які враховують теперішні умови ведення бізнесу, реагують на кон'юнктуру ринку та, в тій чи іншій мірі, усувають невизначеність або суб'єктивізм його учасників.

У другому розділі наведемо формалізацію задач оцінювання підприємств та інвестиційних проектів, дослідимо доцільність застосування нечітких множин для розкриття невизначеності вхідної інформації. Проаналізуємо багатокритеріальні технології у задачах оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів, а також важливість застосування нечітких моделей для проведеного дослідження. Наведемо множину критеріїв оцінювання кредитоспроможності підприємств і побудуємо їх функції належності.

2.1. Формалізація задач оцінювання господарської діяльності підприємств

Формальні постановки наведених задач можуть бути представлені наступним чином.

Задача (Z_1) оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємству.

Для задачі Z_1 розглянемо два методи до розкриття невизначеності у вхідній інформації.

1. Встановлення кредитного рейтингу підприємств з використанням лінгвістичних змінних.

Нехай нам задано множину критеріїв $K = (K_1, K_2, \dots, K_m)$, за якими потрібно оцінити деякий суб'єкт (підприємство). На основі даних оцінок потрібно визначити для розглядуваного суб'єкта оцінку рівня кредитоспроможності $D = (D_1, D_2, \dots, D_t)$.

Змоделюємо дану задачу наступним чином.

Аналізується об'єкт із n входами та одним виходом:

$$W = L(U_1, U_2, \dots, U_m), \quad (2.1.1)$$

де: W – вихідна лінгвістична змінна; U_1, U_2, \dots, U_m – вхідні лінгвістичні оцінки, які будуються на відповідних критеріях K_1, K_2, \dots, K_m ; L – оператор, який здійснює відображення з простору лінгвістичних оцінок U_1, U_2, \dots, U_m у лінгвістичну змінну W (правило логічного виводу) [125].

Рішення щодо поточного рівня фінансового стану підприємства обирається таке, для якого функція належності вихідної змінної буде найбільшою для заданих значень показників діяльності підприємства $U_i^*, i = \overline{1, m}$ [104]:

$$W^* = \arg \max_{D_j} [\mu^{D_j}(U_1^*, \dots, U_m^*)], \quad j = \overline{1, t}. \quad (2.1.2)$$

Де $\mu^{D_j}(U_1, U_2, \dots, U_m)$ – функція належності рівневі $D_j, j = \overline{1, t}$.

2. Встановлення кредитного рейтингу підприємству на основі функцій належності критеріїв.

Нехай для кожного показника $K_i, i = \overline{1, m}$ визначимо функцію належності $\mu(K_i) \in [0; 1]$. Далі множина показників $K_i, i = \overline{1, m}$ буде описуватись множиною $\{\mu(K_1), \mu(K_2), \dots, \mu(K_m)\}$ відповідних їм числових оцінок. Використовуючи згортку значень функцій належності критеріїв і їх вагових коефіцієнтів отримуємо оцінку кредитоспроможності.

Задача (Z_2) методи оцінювання і вибору підприємств для надання кредиту.

Для задачі Z_2 розглянемо чотири різні методи розв'язання, які будуть відрізнятися представленням вхідної інформації та процедурами прийняття рішень. Формально ці всі задачі будуть представлені у виді задач багатокритеріального вибору альтернатив, таблиця 2.1.1.

Таблиця 2.1.1.

Оцінки значень функцій належності по альтернативах

	P_1	P_2	P_3	...	P_n
K_1	O_{11}	O_{12}	O_{13}	...	O_{1n}
K_2	O_{21}	O_{22}	O_{23}	...	O_{2n}
\vdots					
K_m	O_{m1}	O_{m2}	O_{m3}	...	O_{mn}

Де: $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ – множина альтернатив; O_{ij} – це оцінка j -ї альтернативи по i -му критерію. Необхідно, на основі оцінок альтернатив по критеріям, оцінити та побудувати ранжувальний ряд альтернатив $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$.

Задача (Z_3) оцінювання та вибір інвестиційних проектів.

Інвестиційний проект відноситься до класу складних техніко-економічних об'єктів із множиною входів (витрати) і виходів (випуск продукції або послуг), що функціонують і розвиваються в конкретних умовах та визначаються станом навколишнього середовища. Тоді, формально можемо представити багатокритеріальну задачу оцінювання та вибору інвестиційних проектів наступним чином.

Нехай нам задано множину інвестиційних проектів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, які потрібно проаранжувати. Множину проектів оцінюють експерти з різних галузей E^1, E^2, \dots, E^{k-1} , а також враховуються міркування інвестора (ОПР), які позначимо – E^k . Кожен експерт та інвестор E^l , ($l = \overline{1, k}$) використовує свою множину критеріїв $I_1^l, I_2^l, \dots, I_m^l$ для оцінювання інвестиційних проектів:

$$O^l = (O_{ij}^l), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad l = \overline{1, k}. \quad (2.1.3)$$

Де O_{ij}^l – це оцінка функції належності j -ї альтернативи по i -му критерію, l -го експерта. Необхідно, на основі даних оцінок, оцінити та побудувати ранжувальний ряд інвестиційних проектів.

Проведемо аналіз релевантних технологій для можливості розв'язання сформульованих задач.

2.2. Невизначеність як головна характеристика моделі оцінювання

В останні роки, все більше уваги приділяють розподілу ресурсів, так як їх кількість знижується, а попит зростає. Відкритими залишаються проблеми енергоносіїв, які диктують економічну ситуацію в будь-якій державі. З енергоносіями тісно пов'язаний фінансовий сектор, в якому ресурсами слугують гроші. Перерозподілом грошей, як товаром, займаються фінансові установи, які з обережністю продають свій товар у вигляді кредитів, чи фінансування інвестиційних проектів.

В умовах ринку, будь-яка організація у своїй діяльності зустрічається із невизначеністю. Підприємство не в змозі спрогнозувати всі події, які відбуваються сьогодні, або в майбутньому, чи в середині або зовні нього. Кожен суб'єкт господарювання планує свою діяльність, не маючи при цьому достатньої інформації, і тому не в змозі повністю розкрити невизначеність.

Досягнення бажаного результату, при роботі в умовах невизначеності, можна здобути завдяки комплексних рішень. Такими комплексними рішеннями можуть бути економіко-математичні моделі багатокритеріального вибору, що дозволяють приймати ефективні рішення в умовах невизначеності.

Відома велика кількість різних визначень поняття «невизначеність». Сам термін «невизначеність» трактується, як «невідомий, недосліджений». Сьогодні проблема визначення змісту терміну «невизначеність» залишається не до кінця розкритою. В залежності від ситуації, чи прикладної задачі, значення змісту

невизначеність відрізняється. В економічному словнику [99] невизначеність трактують наступним чином: недостатність відомостей про умови, в яких буде протікати економічна діяльність, низька ступінь передбачуваності. Невизначеність пов'язана з ризиком планування, прийняття рішень, здійснення дій на всіх рівнях економічної системи. Невизначеність у контексті запропонованих методів розуміється, як неповнота або неточність інформацій про суб'єкт, чи невпевненість у експертних судженнях [57].

Результати бізнесу не залежать від будь-кого всередині бізнесу, або від декого у сфері його впливу [28]. Вони залежить від декого зовні – від клієнта при ринковій економіці, або від держави при плановій. Завжди знайдеться зовнішній об'єкт, який буде визначати, чи приведуть затрачені сили до очікуваного фінансового результату. Отже, саме зовні суб'єкта господарювання знаходяться ряд сил, які формують невизначеність, тому принципово неможливим є точне прогнозування продажів. Товарообмін на ринку між учасниками, яких є n -на кількість, залежить не тільки від самого суб'єкта, але і від відношення між всіма учасниками окремо.

Таким чином, кожен учасник намагається максимізувати деяке бажання (функцію), коли не всі аргументи знаходяться під його контролем. Всі учасники керуються своїми власними принципами і не один із них не встановлює значення всіх змінних, які впливають на його інтереси. Така задача не є ні задачею варіаційного числення, ні лінійного програмування, ні функціонального аналізу і т.д. Кожен учасник може задати параметри, описуючі його власні дії, але не ті, які описують дію решти. І саме такі параметри не можна описати шляхом статистичних виразів. Учасники економіки суспільного обміну зустрічаються з даними, які є продуктом дій і волевиявлень інших учасників.

В умовах стабільної економіки рішення приймаються виходячи із декількох ситуацій у зовнішніх умовах. Умови господарювання у ринковій економіці мають низький рівень відтворюваності. Оцінки можливості реалізації конкретної зовнішньої ситуації і її характеру мають принципову неповноту, яка

помітно посилюється при нестабільності ситуації в перехідних режимах функціонування економічних систем.

Розкриття невизначеності в стабільній ситуації може здійснюватись класичними ймовірно-статистичними методами, але при цьому отримують усереднені оцінки, які мають не зовсім коректний характер. В нестабільній ситуації, застосування статистичних методів не є зовсім коректним і тоді рішення повинні прийматися по правилам, які відповідають принципам ОПР, по відношенню до феномена невизначеності.

Розв'язування задач зводиться до виявлення і дослідження уявлень ОПР, а також до побудови на цій основі адекватної моделі вибору найкращої альтернативи. Важлива особливість задач прийняття рішень постає у необхідності врахування суб'єктивних суджень експертів, або ОПР при формалізації представлень і виборі найкращої альтернативи. Ця особливість означає, що різні експерти та ОПР в одній і тій самій ситуації прийняття рішень, на основі одної і тієї ж моделі, можуть отримати різні результати.

Процес прийняття рішень щодо можливості видачі кредиту, чи інвестиційного рішення в значній мірі ґрунтується на пропозиціях про майбутні значення параметрів, використовуваних в аналізі і очікуваних наслідків від реалізації прийнятого рішення. В умовах ринкової економіки має місце не відтворюваність умов господарювання, що також робить некоректне генетичне перенесення рішень, впливаючи із минулого досвіду на майбутнє.

В подібних ситуаціях прийняття рішень здійснюється на експертних оцінках, при цьому розуміється, що «раціональний експерт» здатний дати точну оцінку. Тим не менше, необхідно відмітити, що будь-який експертний висновок, навіть зроблений по точним об'єктивним даним, значно невизначений, чим висновок, який оснований на складній багатовимірній сукупності даних. Таким чином, хоч експертні висновки можуть містити практичні прогнози, але вони містять у собі невизначеність. В поставленій проблемі всі вхідні дані отримуються, в тій чи іншій мірі, експертним шляхом.

Відмітимо, що ще одним носієм невизначеності може бути ОПР [97]. Суть невизначеності ОПР полягає у нечіткості понятті, судженнях і переваг, невизначеність часового проміжку, на якому зберігається монотонність переваг і суджень ОПР [57].

Конкуренція – обов’язковий атрибут ринкової економіки, примушує суб’єкта господарювання приймати рішення в умовах невизначеності, тому що в цій економічній системі ніхто заздалегідь не знає, які рішення приймуть інші учасники. Існують і ряд інших внутрішніх і зовнішніх факторів, які перешкоджають поставленій цілі. Більше того, невизначеність може виникати навіть при явному, однозначному виборі у тому випадку, якщо рішення приймаються, коли зовнішня ринкова ситуація непередбачувана або швидко змінюється.

Обов’язковий фактор, що супроводжує інвестиційну діяльність – фактор ризику. Найбільш загальною класифікацією ризиків є поділ їх на статичні і динамічні, при цьому, що стосується прийняття рішень у інвестиційній діяльності, використовувати потрібно динамічні ризики. Адже змінюється вартість основного капіталу в результаті прийняття управлінських рішень, або непередбачених змін ринкових обставин. Так чи інакше, присутність ризику завжди обумовлено наявністю невизначеності, чим краще ми зрозуміємо такі невизначеності, тим більше можливостей для зниження ризику.

Прийняття інвестиційних рішень відбувається в умовах невизначеності, яка обумовлена різними факторами не тільки по своїй природі і характеру, але так же по степені їх прояву і рівню впливу на процес прийняття рішень.

Слід зазначити, що використання так званих «м’яких обчислень» дає одночасно з оцінкою параметрів інвестиційного проекту і оцінки ризику, оскільки оцінки параметрів представляються у вигляді нечітких множин, ступінь розмитості (нечіткості) яких можемо інтерпретувати як рівень ризику [71]. Природні формулювання, на стадії оцінювання проекту, по суті є природними конструкціями для апарату нечітких множин [47].

В таких задачах має місце неповнота знань, суб'єктивізм переваг, невизначеність у цілях і критеріях. Тому, необхідність врахування невизначеності, її розкриття потребує адекватних математичних моделей і методів [105].

2.3. Аналіз багатокритеріальних технологій у прийнятті кредитних рішень

Для аналізу багатокритеріальних технологій у прийнятті кредитних рішень, розглянемо загальну постановку та можливості розв'язання багатокритеріальних задач з врахуванням специфіки розглядуваної проблеми.

Для будь-якої складно організованої діяльності основною є задача прийняття рішень, щодо виходу з проблемних ситуацій. Чи це просте рішення, або складно організований багатоетапний план? Рішення є актом вибору на множині можливих варіантів (альтернатив). У таких задачах людина (або група осіб) наражається на необхідність вибору одного або декількох альтернативних варіантів рішень (дій, планів поведінки). Необхідність проведення вибору обумовлюється виникненням проблемної ситуації, в якій є дві складові – дійсне і бажане, причому є більше одного варіанту досягнення бажаного результату. В такій ситуації, наявна деяка «свобода вибору», тобто існує скінченна (нескінченна) кількість альтернативних варіантів рішень, вибір яких залежить від осіб, що приймають рішення. Чим більша множина альтернатив, тим вища ймовірність отримання найкращого з можливих варіантів рішень.

У загальному випадку процедура прийняття рішення має дві складові – емоційну (імпульсивні рішення) і раціональну. Домінуючою в теорії прийняття рішень є гіпотеза раціонального, зокрема, багатокритеріального вибору, коли емоційна складова не береться до уваги. У рамках гіпотези раціонального вибору розроблена досить велика множина моделей. Застосування багатьох з них вимагає від ОПР значних зусиль.

Важкість здійснення вибору в задачах прийняття рішень полягає у невизначеності поняття «найкращий альтернативний варіант». У кожній задачі

виникає питання – який це найкращий? Тому першим етапом розв’язання таких задач є чітке розмежування варіантів, коли рішення буде найкраще, а коли навпаки найгірше. Після цього, на основі такого подання, здійснити порівняння альтернативних варіантів.

Залежно від оцінок альтернатив виділяють наступні види задач:

- однокритеріальні задачі – при виборі альтернатив враховується один критерій, що є основний, а на інші критерії накладаються обмеження;
- багатокритеріальні задачі – при виборі альтернатив враховується кілька критеріїв, однакових або різних за важливістю.

Для прийняття кредитних рішень будемо застосовувати багатокритеріальні задачі.

Основним завданням багатокритеріального вибору у кредитних рішеннях є виявлення переваг ОПР на множині альтернативних варіантів рішення. Ця процедура може полягати у визначенні множини не домінуючих альтернатив – множини Парето, а в простому випадку складається з однієї – найкращої альтернативи. Досить прозорим для ОПР є підхід, в рамках якого потрібно визначити найкраще рішення шляхом послідовного порівняння альтернатив. Це може бути процедура на дереві рішень, або попарні порівняння альтернатив на матриці парних порівнянь (по суті, матрицю парних порівнянь можна представити у вигляді графа, і навпаки). У всіх випадках відношення порядку на множині альтернатив встановлюється або в результаті послідовного попарного порівняння альтернатив, або встановленням порядку на основі порівняння значень багатокритеріальних функцій корисності. Більш м’яким є побудова відносин порядку на множині альтернатив шляхом вербального аналізу, тобто встановлення переваг з використанням словесних градацій якості.

Аналіз багатокритеріального вибору є одним з видів інструменту аналізу прийняття рішень, що особливо застосовано до випадків, коли обмежитися

одним критерієм неможливо. При багатокритеріальному виборі ОПР дозволяє включати повний спектр критеріїв різної природи.

Кожен метод, який базується на багатокритеріальному виборі для прийняття кредитних рішень повинен мати три категорії: формальний підхід, наявність декількох критеріїв, рішення приймається однією особою, або групою осіб.

Всі методи багатокритеріального прийняття рішень мають спільні властивості:

- об'єднують множину суперечливих критеріїв;
- дозволяють структурувати проблему управління;
- процес прийняття зводиться до раціональних, виправданих і пояснюваних рішень.

Методи багатокритеріального вибору можуть застосовуватись до розв'язання наступних типів задач [37]:

- добре структуровані проблеми. Істотні залежності між основними характеристиками можуть бути виражені кількісно (наприклад, задачі дослідження операцій);
- неструктуровані проблеми. Характеризуються тим, що в їх описі переважають якісні фактори, що важко піддаються формалізації, а кількісні залежності між цими факторами зазвичай не визначені;
- слабо структуровані проблеми поєднують кількісні та якісні залежності, причому недостатньо визначені сторони проблеми мають тенденцію домінувати.

Залежно від умов, в яких приймається рішення, виділяють наступні види задач:

- задачі, які розв'язуються в умовах визначеності, тобто, коли рішення приймається при наявності повної і достовірної інформації;
- задачі, які розв'язуються в умовах невизначеності (ризик).

Задача оцінки кредитоспроможності підприємств відноситься до слабо структурованих та задач, які розв'язуються в умовах невизначеності.

В залежності, яким повинно бути остаточне рішення, задачі багатокритеріального вибору у прийнятті кредитних рішень можемо класифікувати:

- визначити одну найкращу альтернативу;
- проранжувати наявні альтернативи;
- розділити альтернативи на класи за певними ознаками.

Загальні методи розв'язання задач багатокритеріального вибору відрізняються способами отримання, обробки і класифікації інформації про властивості об'єктів дослідження, а також переваг ОПР. Застосовуються, коли існує важкість порівнянь і класифікації об'єктів, що описуються великою кількістю різноманітних ознак, а особливо якісних. Для застосування методів багатокритеріального вибору над великою множиною критеріїв та альтернатив необхідно розробляти спеціальні методи обробки інформації, забезпечуючи їх узгодженість, можливість порівнянь та обчислень.

Аналізуючи наукові джерела, загальні методи багатокритеріального вибору можемо класифікувати наступним чином:

- методи, засновані на кількісних змінних. Багатокритеріальна теорія корисності (MAUT) [38];
- методи, засновані на якісних характеристиках, результати яких переводяться у кількісний вигляд (методи аналітичної ієрархії (АНР) [94], методи засновані на теорії нечітких множин [33]);
- методи, засновані на кількісних змінних, але використовують кілька індикаторів при порівнянні альтернатив (група методів Електра (ELECTRE) [126]);
- методи, засновані на якісних змінних, без будь-якого переходу до кількісних (вербальний аналіз рішень (ВАР) [51, 52, 77]).

Недоліки методів багатокритеріального вибору:

- великі затрати ОПР (наприклад, при побудові функції корисності, виявленні ваг критеріїв, попарному порівнянні альтернатив);

- неможливість дати пояснення отриманих результатів, при застосуванні методів, що використовують зважену згортку критеріїв, оскільки неможливо відновити вихідні дані по агрегованих показниках;
- переклад вербальних змінних в числа не має достатнього обґрунтування;
- зростання числа непорівнянних альтернатив (повнота відносин) і поява циклів (порушення транзитивності).

Ефективність вирішення задачі у сфері кредитування багато в чому залежить від правильного вибору методу. Для вибору потрібно чітко усвідомлювати всі особливості сформульованої задачі і зіставити їх з методами, які, на перший погляд, можуть використовуватися для розв'язання. Існує велика кількість класифікацій методів прийняття рішень, які засновані на використанні різних критеріїв оцінки. З множини відомих методів і підходів до багатокритеріального прийняття рішень, великий інтерес представляють ті, які дають можливість враховувати невизначеність, а також дозволяють здійснювати вибір оптимального рішення з критеріями різної природи [32]. Саме ці методи застосовуються при прийнятті кредитних рішень.

У табл. 2.3.1 приведемо ще одну з можливих класифікацій, ознаками якої є зміст і тип одержуваної експертної інформації в нечітких умовах задання інформацій [78].

У свою чергу, серед методів можемо виділити декомпозиційні методи теорії очікуваної корисності, методи аналізу ієрархій і теорії нечітких множин, що отримали велику популярність. Такий вибір визначений тим, що ці методи найкраще задовольняють вимоги універсальності, враховують багатокритеріальний вибір в умовах невизначеності з дискретною або неперервною множиною альтернатив, а також виділяються простотою подання експертної інформації.

Класифікація методів багатокритеріального вибору

№	Тип інформації	Методи
1	Відсутність інформації про переваги; кількісна та/або інтервальна інформація про наслідки. Якісна інформація про переваги і кількісна про наслідки.	1. Методи з дискретизацією невизначеності. 2. Стохастичне домінування. 3. Методи прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності на основі глобальних критеріїв. 4. Метод аналізу ієрархій. 5. Методи теорії нечітких множин.
2	Якісна інформація про переваги і наслідки.	6. Метод практичного прийняття рішень. 7. Методи вибору статистично-ненадійних рішень.
3	Кількісна інформація про переваги і наслідки.	8. Методи кривих байдужості для прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності. 9. Методи дерев рішень.

Отже, питання розробки методів багатокритеріального вибору альтернатив залишається відкритим. Застосування таких методів дозволить внести раціональність і підвищити обґрунтованість у прийнятті кредитних рішень, чи оцінки інвестиційних проектів [122, 56].

2.4. Нечіткі моделі як інструмент для багатокритеріального оцінювання кредитоспроможності підприємств

Має місце ситуація, коли традиційні аналітичні методи підтримки прийняття рішень, або не можуть бути коректно застосовані при оцінці кредитоспроможності, або для їх застосування принципово відсутні необхідні умови.

Історично першими способами обліку невизначеності пов'язують з теорією ймовірності. Але розглядати економічні процеси як випадкові некоректно, оскільки в їх основі лежать цілком цілеспрямовані осмислені дії і

їх учасники при формуванні своїх політичних поведінки навряд чи керуються механізмами випадкового вибору. Вони керуються раціональними принципами, а не випадковими. Кожен учасник може задати параметри, що описують його дії, але не ті, які описують дії інших, і ці параметри не можна описати шляхом статистичних припущень. Все це ставить під сумнів коректність застосування методів теорії ймовірностей для економічних задач.

У такому випадку, значно кращу ситуацію займає теорія нечітких множин, що спершу створювалась для того, щоб нечітким, якісним судженням і оцінкам дати класичні математичні представлення без строгих нормативних обмежень на їх характер. Строгі поняття в математичному відношенні представлені у виді функцій належності, що дозволяють виконувати однозначні математичні перетворення і знаходити однозначні рішення [2].

Сучасна наука розрізняє два типи нечітких множин [6].

1. Нечіткі множини, які визначені на деякій числовій шкалі. Наприклад, на інтервалі дійсних чисел. У таких випадках нечіткі множини це нечіткі величини. Прикладами нечітких величин є нечіткі числа і нечіткі інтервали.

2. Нечіткі множини визначені на нечисловій множині. Наприклад, на множині цілей і альтернатив, експертних оцінок, бінарних відносин між об'єктами. Нечіткі множини такого типу – це множини нечітких об'єктів і записуються у вигляді $A = \{x, \mu(x)\}$, де x – множина об'єктів, $\mu(x)$ – функція належності цієї множини [34].

У дійсності функція належності визначає порядок елементів. Для більш складних категорій, які визначаються на декартовому добутку лінійних шкал, функція належності може бути отримана за рахунок згортання інформації простих категорій.

В теорії нечітких множин відсутні умови необхідності статистичної однорідності змінних досліджуваного процесу і однорідності використовуваних для них функцій належності. Експерт у відповідності з загальними правилами побудови функцій належності для різних змінних процесу, відповідно до своїх

суб'єктивних суджень, може в загальному випадку вибирати різні по виду і параметрам функції належності. Особливість даної теорії є те, що функції належності експерт може будувати сам, так, як вони не визначаються самою теорією нечітких множин. В даній теорії поняття «середнє значення» використовується не в розумінні статистичного середнього, а лише як лінгвістичне значення деякої змінної [46, 54, 105].

Також, важливим є те, що процедура переведення нечітких даних не залежать від виду функцій належності. Тому, в теорії нечітких множин допускається, що експерти можуть мати різні представлення видів функцій належності і базових множин, на яких вони визначені, а це не впливає на кінцевий результат. При використанні теорії нечітких множин у оцінці кредитоспроможності підприємств чи інвестиційних проектів, разом із отриманою оцінкою ми отримаємо степінь ризику операцій, оскільки оцінки параметрів є нечіткими. Ще однією перевагою використання даної теорії є те, що формулювання природною мовою на стадії оцінки є природними конструкціями для апарату нечітких множин.

Введення теорії нечітких множин усуває сумніви, що «раціональний» експерт повинен давати тільки точні оцінки. Появляється можливість задавати інтервал допустимих значень, при цьому, на відміну від методів інтервальної математики, на такому інтервалі задається розподіл можливостей реалізації того, чи іншого значення у виді функцій належностей [1].

Результат обчислень також представляється нечітким числом і при цьому отримуємо не менше, як три оцінки: найбільш раціональну (очікувану), оптимістичну і песимістичну. Крім цього, експерт взагалі може відмовитись від задання числових оцінок і користуватись лінгвістичними, які за допомогою задання функцій належності отримують строге математичне представлення. Далі, методи теорії нечітких множин дозволяють змоделювати правдоподібні судження, а це дає можливість подолати проблему не монотонності.

2.5. Критерії оцінювання

Запропоновано множину критеріїв оцінювання, які доцільно використовувати для визначення кредитоспроможності підприємств різних галузей. Різні автори використовують різну кількість показників. Використовуючи мінімальну кількість критеріїв, можна класифікувати їх наступними групами (рис. 2.5.1):



Рис. 2.5.1. Групи критеріїв оцінки кредитоспроможності підприємств

Показники групи фінансової стійкості підприємств [3, 20, 42].

1. Коефіцієнт миттєвої ліквідності K'_{11} (співвідношення поточних фінансових інвестицій та всіх грошових коштів до поточних зобов'язань), розраховується за формулою:

$$K'_{11} = \frac{Kв + I}{З}, \quad (2.5.1)$$

де $Kв$ – грошові кошти в національній валюті та еквіваленти грошових коштів в іноземній валюті, I – поточні фінансові інвестиції, $З$ – поточні зобов'язання.

Даний коефіцієнт характеризується тим, як швидко короткострокові зобов'язання можуть бути погашені високоліквідними активами. Тобто, здатність підприємства негайно ліквідувати короткострокову заборгованість [53].

Побудуємо функцію K_{11} наступним чином:

$$K_{11} = \begin{cases} K'_{11} * 0,9; & \text{якщо } K'_{11} \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{11}; & \text{якщо } K'_{11} \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{11} * 1,1; & \text{якщо } K'_{11} \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

Дана функція буде визначатись, порівнюючись із середнім значенням коефіцієнта миттєвої ліквідності по галузі функціонування розглядуваного підприємства. Таке значення береться із статистичної звітності [26].

2. Коефіцієнт поточної ліквідності K'_{12} (відношення всієї дебіторської заборгованості, поточних фінансових інвестицій та всіх грошових коштів до поточних зобов'язань) обчислюється згідно рівності:

$$K'_{12} = \frac{Д + Kв + I}{З}, \quad (2.5.2)$$

де $Д$ – дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги, їх чиста реалізаційна вартість, дебіторська заборгованість за розрахунками та інша поточна дебіторська заборгованість.

Бажано, щоб цей коефіцієнт був більшим за одиницю. Таким чином, визначають, чи вистачить у підприємства всіх оборотних активів для повної ліквідації своїх боргових зобов'язань. При цьому, за умови низько ліквідних

активів, може погіршитися фінансовий стан підприємства, а надто висока ліквідність буде свідчити про недолік у використанні поточних активів [109].

Коефіцієнт поточної ліквідності, за звичай, є задовільним, якщо його значення більше двох. Рівень цього показника залежить від сфери діяльності, структури і якості активів, тривалості операційного циклу, швидкості погашення кредиторської заборгованості. Зміна рівня коефіцієнта поточної ліквідності може мати місце у зв'язку зі збільшенням або зменшенням величини за кожною статтею поточних активів і пасивів.

Позначимо величину K_{12} наступним чином:

$$K_{12} = \begin{cases} K'_{12} * 0,9; & \text{якщо } K'_{12} \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{12}; & \text{якщо } K'_{12} \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{12} * 1,1; & \text{якщо } K'_{12} \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

3. Коефіцієнт загальної ліквідності K'_{13} (визначається, як оборотні активи розділені на поточні зобов'язання) розраховується за формулою:

$$K'_{13} = \frac{A_0}{3}, \quad (2.5.3)$$

де A_0 – оборотні активи.

Позначимо величину K_{13} наступним чином:

$$K_{13} = \begin{cases} K'_{13} * 0,9; & \text{якщо } K'_{13} \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{13}; & \text{якщо } K'_{13} \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{13} * 1,1; & \text{якщо } K'_{13} \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

4. Коефіцієнт фінансової незалежності K'_{14} характеризує ступінь незалежності підприємства від зовнішніх запозичень. Визначається, як відношення забезпечення наступних витрат і цільове фінансування, довгострокові зобов'язання та поточні зобов'язання до власного капіталу. Цей коефіцієнт характеризує частку власного капіталу в загальній сумі засобів авансованих у його діяльність. Коефіцієнт обчислюється згідно наступної формули:

$$K'_{14} = \frac{Знв + Дз + З}{Вк}, \quad (2.5.4)$$

де $Знв$ – забезпечення наступних витрат і цільове фінансування, $Дз$ – довгострокові зобов'язання, $Вк$ – власний капітал.

Позначимо величину K_{14} наступним чином:

$$K_{14} = \begin{cases} K'_{14} * 0,9; & \text{якщо } K'_{14} \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{14}; & \text{якщо } K'_{14} \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{14} * 1,1; & \text{якщо } K'_{14} \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

5. Коефіцієнт маневреності власних коштів K'_{15} (різниця між власним капіталом та необоротними активами розділена на власний капітал) [48]. Наведений показник показує, наскільки мобільні власні джерела засобів з фінансової точки зору. Він є одним з головних показників впливу структури капіталу на прибутковість підприємства і може варіювати залежно від структури капіталу та галузевої належності підприємства. Бажано, щоб коефіцієнт маневреності дещо зростав, але не доцільно допускати різке його збільшення, оскільки автоматично зменшуються інші показники, наприклад, коефіцієнт автономії, що призводить до більшої залежності підприємства від кредиторів.

Коефіцієнт можемо розрахувати за наступною формулою:

$$K'_{15} = \frac{Вк - Ан}{Вк}, \quad (2.5.5)$$

де $Ан$ – необоротні активи.

Позначимо величину K_{15} наступним чином:

$$K_{15} = \begin{cases} K'_{15} * 0,9; & \text{якщо } K'_{15} \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{15}; & \text{якщо } K'_{15} \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K'_{15} * 1,1; & \text{якщо } K'_{15} \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

6. Коефіцієнт фінансового левериджу [48, 103, 107] K'_{16} (співвідношення позикового і власного капіталу підприємства). Ефект фінансового левериджу – це збільшення рентабельності власних коштів внаслідок використання кредиту, незважаючи на платність останнього.

Формула фінансового левериджу наступна:

$$K'_{16} = \frac{Пк}{Вк}, \quad (2.5.6)$$

де $Пк$ – позиковий капітал підприємства.

Цей коефіцієнт показує, скільки одиниць власних коштів приходиться на кожну одиницю запозичених. Оптимальне значення цього коефіцієнта менше або дорівнює 0,5. Його критичне значення дорівнює одиниці.

Друга група критеріїв – аналіз обсягів реалізації продукції, яка складається із наступних критеріїв [96].

1. Динаміка виручки від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) K_{21} .

Динаміку виручки від реалізації продукції визначимо у процентному відношенні, порівнюючи з відповідним періодом минулого року. Якщо вона зменшилась, у порівнянні з відповідним періодом минулого року, то відлік процентного відношення ведемо у від'ємній частині осі абсцис, і навпаки, якщо динаміка виручки від реалізації продукції збільшується, тоді значення ставимо додатні.

2. Критерій обсягу реалізації продукції на експорт K_{22} .

Якщо підприємство експортує продукцію, тоді у цьому критерії визначимо, у процентному відношенні, яка частка реалізованої продукції приходиться на експорт.

У групі, аналізу оборотів за рахунками позичальника, критерії наступні:

1. Коефіцієнт надходжень коштів на поточні рахунки позичальника K_{31} (співвідношення надходжень на всі поточні рахунки позичальника в Банку і загальної суми заборгованості за кредитом, отриманим в Банку, та відсотками за ним. Банком будемо вважати оцінюючу фінансову установу). Формула, для обчислення критерію наступна:

$$K_{31} = \frac{Нсм \cdot n}{Ск}, \quad (2.5.7)$$

де $Нсм$ – середньомісячні надходження на рахунки позичальника в Банку (за винятком кредитних коштів), розраховані, як середнє значення за попередні 12

місяців; n – кількість місяців до дати погашення кредиту за угодою; C_k – сума загальної заборгованості за кредитами і відсотками, що підлягають сплаті до визначеної кредитною угодою дати погашення кредитів.

В разі переводу рахунків позичальника на обслуговування з іншого банку: 1) якщо позичальник обслуговується в Банку менше 3-х місяців, враховується також середньомісячні надходження по рахунках, що діяли раніше в інших банках; 2) якщо позичальник обслуговується в Банку від 3 до 12 місяців, середньомісячні надходження розраховуються, як середнє значення за всі місяці обслуговування в Банку. Крім того, в разі наявності декількох діючих кредитних угод, враховується найдовший до погашення термін.

2. Критерій наявності поточних рахунків в національній та іноземній валюті K_{32} (співвідношення між кількістю всіх поточних рахунків відкритих клієнтом та кількістю рахунків відкритих у Банку). Формула для критерію наступна:

$$K_{32} = \frac{Pr}{BPr}, \quad (2.5.8)$$

де Pr – загальна кількість всіх поточних рахунків клієнта; BPr – кількість поточних рахунків відкритих у оцінюючому Банку.

3. Критерій наявності заборгованості за кредитами в інших банках K_{33} . Використовується, якщо заборгованість за кредитами в інших банках наявна. Критерій якісного характеру – обирається одне із значень: відсутня заборгованість, строкова або прострочена.

4. Критерій наявності спеціального режиму розрахунків для погашення кредитів K_{34} . Якщо наявне рішення, щодо державної підтримки галузі та/або підприємства зокрема, щодо стабілізації діяльності, компенсації процентів за користування банківськими кредитами, фінансовому оздоровленні та інше. У даному критерії вказується наявність такого рішення.

Наступна група критеріїв – аналіз складу та динаміки дебіторської і кредиторської заборгованості [14].

1. Коефіцієнт періоду обороту дебіторської заборгованості K_{41} , показує середнє число днів, необхідних для стягнення заборгованості. Чим менший цей показник, тим скоріше дебіторська заборгованість перетворюється в кошти, а таким чином, піднімається ліквідність оборотних коштів підприємства.

Формула для обчислення критерію наступна:

$$K_{41} = \frac{Dc \cdot m}{Чв}, \quad (2.5.9)$$

де Dc – середнє між дебіторською заборгованістю на початок звітного періоду та дебіторською заборгованістю на кінець звітного періоду; m – кількість днів у звітному періоді; $Чв$ – чиста виручка від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг).

2. Коефіцієнт питомої ваги простроченої дебіторської заборгованості K_{42} (співвідношення простроченої дебіторської заборгованості до дебіторської заборгованості). Формула даного коефіцієнта наступна:

$$K_{42} = \frac{Дп \cdot 100}{Д}, \quad (2.5.10)$$

де $Дп$ – прострочена дебіторська заборгованість.

3. Коефіцієнт періоду обороту кредиторської заборгованості K_{43} показує, через скільки днів у середньому підприємство погашає свою заборгованість перед постачальниками.

Коефіцієнт періоду обороту кредиторської заборгованості обчислюється за допомогою формули і визначається у днях:

$$K_{43} = \frac{Kc \cdot m}{Чв}, \quad (2.5.11)$$

де Kc – середнє між кредиторською заборгованістю на початок звітного періоду та кредиторською заборгованістю на кінець звітного періоду.

4. Коефіцієнт питомої ваги простроченої кредиторської заборгованості K_{44} (співвідношення простроченої кредиторської заборгованості до кредиторської заборгованості). Формула даного коефіцієнта наступна:

$$K_{44} = \frac{Kn \cdot 100}{K}, \quad (2.5.12)$$

де K – кредиторська заборгованість; Kn – прострочена кредиторська заборгованість.

У наступній групі, аналіз прибутків та збитків, проаналізуємо діяльність підприємства на рівень прибутковості [23].

1. Коефіцієнт діяльності минулих років K_{51} . Даний коефіцієнт містить якісну інформацію про прибуткову діяльність підприємства, яку можемо розкрити за допомогою нечітких чисел [12, 46].

Для аналізу прибутків та збитків введемо наступну градацію:

- (0; 1] – збиткова діяльність за два минулі роки або звіт за попередній звітний рік не наданий;
- (1; 2] – збиткова діяльність за минулий рік;
- (2; 3] – діяльність за відсутності прибутків та збитків, або відсутності діяльності;
- (3; 4] – прибуткова за минулий рік;
- (4; 5] – прибуткова за два минулих роки.

2. Коефіцієнт рентабельності виробництва K_{52} (співвідношення чистого прибутку підприємства та всіх витрат діяльності) характеризує ефективність вкладення коштів у дане виробництво. Формула для розрахунку наступна:

$$K_{52} = \frac{Чп}{Вт}, \quad (2.5.13)$$

де $Чп$ – чистий прибуток; $Вт$ – матеріальні затрати, витрати на оплату праці, амортизація, відрахування на соціальні заходи та інші операційні витрати.

3. Коефіцієнт обслуговування (покриття) боргу K_{53} (відношення чистого доходу до суми вартості обслуговування кредиту). Формула наступна:

$$K_{53} = \frac{Чд}{См}, \quad (2.5.14)$$

де $Чд$ – чистий дохід; $См$ – платежі за кредитом та витрати по відсоткам, заплановані за аналогічний період наступний за періодом, за який взято до розрахунку фінансові результати до оподаткування від звичайної діяльності.

У шостій групі – кредитна історія клієнта. Розглянемо критерії, що пов'язані із здатністю позичальника у минулому виконання взятих на себе зобов'язань по погашенню основної частини кредиту і відсотків. Для цього запропонуємо наступні критерії:

1. Критерій кредитна історія (з врахуванням поточної заборгованості за кредитом) по погашенню основної суми боргу K_{61} . Даний критерій задамо за допомогою нечіткого числа, який буде характеризувати підприємство, як позичальника в минулому по погашенню основного боргу кредиту (при наявності). Для критерію кредитна історія введемо наступну градацію:

- (0; 1] – погашав кредит з порушенням терміну більше 180 днів;
- (1; 2] – погашав кредит з порушенням терміну 91 - 180 днів;
- (2; 3] – погашав кредит з порушенням терміну 31 - 90 днів;
- (3; 4] – погашення в звітному періоді непередбачено;
- (4; 5] – погашав кредит з порушенням терміну 1-30 днів, але своєчасно сплачував відсотки;
- (5; 6] – погашав своєчасно.

2. Критерій кредитна історія (з врахуванням поточної заборгованості за кредитом) по погашенню відсотків K_{62} . Критерій аналогічний попередньому, але оцінює якість погашення відсотків за користування кредитом. Введемо наступну градацію:

- (0; 1] – погашав відсотки з порушенням терміну більше 60 днів;
- (1; 2] – погашав відсотки з порушенням терміну 31 - 60 днів;
- (2; 3] – погашення в звітному періоді непередбачено, або погашав своєчасно.

3. Коефіцієнт найбільшої суми раніше повернутого кредиту K_{63} (співвідношення найбільшої суми отриманого і повернутого кредиту до суми запитуваного кредиту).

Рівень забезпечення власним майном позичальника оцінюють критерії групи – оцінка майнового стану позичальника.

1. Коефіцієнт питомої ваги реальної вартості основних засобів у валюті балансу K_{71} . Показує питому вагу залишкової вартості основних засобів у загальній вартості майна підприємства і визначається, як відношення залишкової вартості основних засобів до валюти балансу. Формула наступна:

$$K_{71} = \frac{Zв}{Ba}, \quad (2.5.15)$$

де $Zв$ – залишкова вартість; Ba – вартість активів.

2. Коефіцієнт зносу основних засобів K_{72} . Відображає рівень зносу основних засобів і визначається, як відношення суми зносу основних засобів до їх балансової вартості. Коефіцієнт зносу основних засобів визначається за формулою:

$$K_{72} = \frac{Zo}{Bв}, \quad (2.5.16)$$

де Zo – сума зносу основних засобів; $Bв$ – балансова вартість основних засобів.

3. Коефіцієнт наявності власного ліквідного майна K_{73} , тобто такого, яке вільне від зобов'язань, а також за винятком майна, яке пропонується в забезпечення по новому кредиту. Даний коефіцієнт обчислюється, як співвідношення вартості власного ліквідного майна підприємства до суми запитуваного кредиту.

Наступна група критеріїв – ефективність управління підприємством.

У даній групі розглянемо наступні якісні критерії.

1. Термін існування підприємства K_{81} (вказуються скільки років функціонує).

2. Питома вага власних коштів підприємства у вартості кредитного проекту K_{82} (вказується у відсотковому відношенні кількість власних коштів в інвестицію та суми кредиту).

3. Критерій – репутація якості продукції, робіт та послуг торгової марки K_{83} . Для критерію введемо таку градацію:

- (0; 1] – наявність штрафних санкції за порушення якості продукції, наявність претензій з боку контрагентів (оцінюється в залежності від кількості штрафів, або претензій, відповідно, чим менше їх, тим більша градація);
- (1; 2] – позичальником не надані документи та інформація, яка характеризує якість продукції (сертифікати якості, документи, що засвідчують наявність торгової марки тощо);
- (2; 3] – наявність сертифікатів якості, патентів, ліцензій на виробництво, позитивної репутації в торгових фірмах тощо.

4. Критерій оцінки ділових якостей керівництва позичальника K_{84} . Керівник має досвід керівної роботи на підприємстві (або підприємствах), яке успішно співпрацювало з Банком. Даний критерій вимірюється у роках.

5. Аудиторські висновки K_{85} .

Введемо наступну градацію:

- позитивні за останні 3 роки – оцінку ставимо 5 і більше;
- позитивні за останні 2 роки – від 4 до 5;
- позитивні за останній рік – від 3 до 4;
- відсутні – від 2 до 3;
- негативні – менше 2.

Запропонована, таким чином, множина критеріїв оцінювання кредитоспроможності підприємств може використовуватись для різних галузей: видавничо-поліграфічної, деревообробної та целюлозно-паперової, сільського господарства, фармацевтичної та ін.

2.6. Методи побудови нечітких множин на основі експертних даних для оцінювання суб'єкта господарювання

Наведено моделі щодо подання, визначених критеріїв кредитоспроможності підприємств за допомогою апарату нечітких множин і функцій належності. Розглядається варіант існування кількісних і якісних критеріїв оцінювання. Запропоновано методику формалізації критеріїв оцінювання за допомогою функцій належності. Приведено найбільш поширені види функції належності, які можуть ідентифікувати множину критеріїв досліджуваної задачі. Представлено визначену множину критеріїв за групами відносно описання їх різними видами функцій належності.

Експертно визначимо множину якісних і кількісних критеріїв, які, на нашу думку, характеризують стабільність функціонування підприємства. Всі критерії визначаються і оцінюються експертами, тому вони несуть у собі певний суб'єктивізм, невизначеність даних та інформації і необхідність об'єднання кількісної та якісної інформації. В результаті цього, стає можливим використовувати апарат нечітких множин для розкриття невизначеності і формалізації якісної інформації. Тому, технологія побудови функцій належності для кожного критерію дасть можливість більш адекватно підійти до проблеми оцінювання.

Проаналізувавши кожен запропонований критерій оцінювання суб'єктів господарювання і підібравши до них відповідну функцію належності, множина функцій належності зводиться до наступних видів [2]:

1. трикутну;
2. s-подібну;
3. лінійну s-подібну;
4. лінійну z-подібну.

Далі, визначену множину критеріїв оцінювання розділимо по групах, у відповідності до виду функції належності.

I. Група критеріїв, яка описується за допомогою трикутної функції належності.

Найбільш характерним прикладом кусково-лінійної функції належності – трикутні функції належності. У нашому випадку, кожна з розглянутих функцій належності буде задаватися на інтервалі значень тих чи інших коефіцієнтів.

В загальному випадку, задамо трикутну функцію належності наступним аналітичним виразом [2]:

$$\mu_1(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \\ 0, & x \geq c \end{cases} \quad (2.6.1),$$

де a , b , c – числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: $a \leq b \leq c$. Параметри a і c характеризують основу трикутника, а параметр b – його вершину. Графік трикутної функції належності буде мати вигляд (рис. 2.6.1).

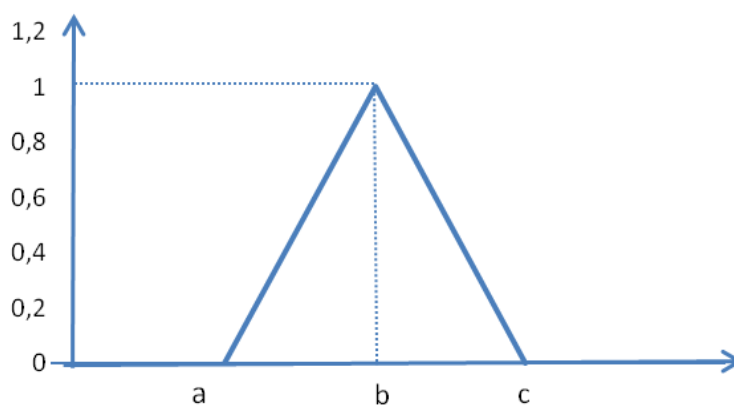


Рис. 2.6.1. Графік трикутної функції належності

Запишемо всі критерії оцінювання суб'єктів, що відносяться до даної групи [60].

1. Коефіцієнт загальної ліквідності.

$$\mu(K_{13}; 1; 1,75; 2,5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{13} \leq 1; \\ \frac{4(K_{13} - 1)}{3}, & \text{якщо } 1 < K_{13} \leq 1,75; \\ \frac{10 - 4K_{13}}{3}, & \text{якщо } 1,75 < K_{13} < 2,5; \\ 0, & \text{якщо } K_{13} \geq 2,5. \end{cases}$$

2. Коефіцієнт фінансової незалежності.

$$\mu(K_{14}; 0; 1; 2) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{14} \leq 0; \\ K_{14}, & \text{якщо } 0 < K_{14} \leq 1; \\ 2 - K_{14}, & \text{якщо } 1 < K_{14} < 2; \\ 0, & \text{якщо } K_{14} \geq 2. \end{cases}$$

3. Коефіцієнт маневреності власних коштів.

$$\mu(K_{15}; 0; 0,5; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{15} \leq 0; \\ 2K_{15}, & \text{якщо } 0 < K_{15} \leq 0,5; \\ 2 - 2K_{15}, & \text{якщо } 0,5 < K_{15} < 1; \\ 0, & \text{якщо } K_{15} \geq 1. \end{cases}$$

4. Коефіцієнт фінансового левериджу.

$$\mu(K_{16}; 0; 0,7; 1,4) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{16} \leq 0; \\ \frac{10K_{16}}{7}, & \text{якщо } 0 \leq K_{16} \leq 0,7; \\ \frac{14 - 10K_{16}}{7}, & \text{якщо } 0,7 \leq K_{16} < 1,4; \\ 0, & \text{якщо } K_{16} \geq 1,4. \end{cases}$$

II. Група критеріїв, яка описується за допомогою s-подібної функції належності.

Дана функція належності дістала свою назву по виду кривої, яка представляє її графік. В загальному випадку s-подібна функція належності задана наступним аналітичним виразом [2]:

$$\mu_2(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2\left(\frac{b-x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2.6.2),$$

де a, b – числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: $a < b$. Дані функції належності утворюють нормальні випуклі нечіткі множини з ядром $[b; +\infty)$ і носієм $(a; +\infty)$. Графік s-подібної функції належності наступний (рис. 2.6.2).

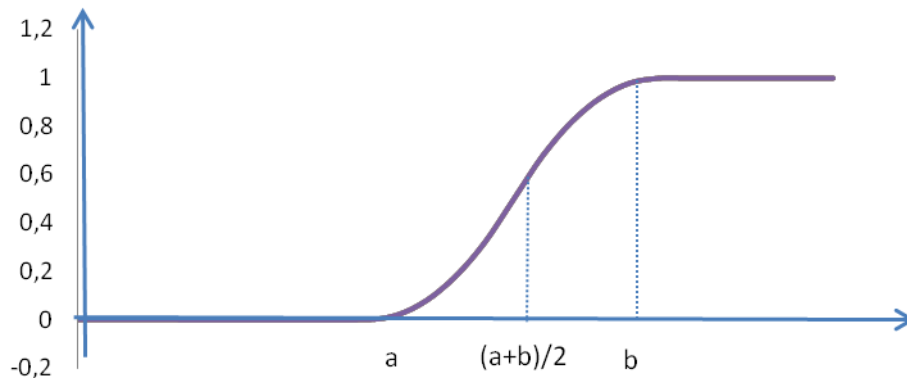


Рис. 2.6.2. Графік s-подібної функції належності

Запишемо критерії оцінювання суб'єктів, що відносяться до групи s-подібної функції належності.

1. Коефіцієнт миттєвої ліквідності.

$$\mu(K_{11}; 0,2; 0,25) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{11} \leq 0,2; \\ 32(5K_{11} - 1)^2, & \text{якщо } 0,2 < K_{11} \leq 0,225; \\ 1 - 50(1 - 4K_{11})^2, & \text{якщо } 0,225 < K_{11} < 0,25; \\ 1, & \text{якщо } K_{11} \geq 0,25. \end{cases}$$

2. Коефіцієнт поточної ліквідності.

$$\mu(K_{12}; 0,5; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{12} \leq 0,5; \\ 2(2K_{12} - 1)^2, & \text{якщо } 0,5 < K_{12} \leq 0,75; \\ 1 - 8(1 - K_{12})^2, & \text{якщо } 0,75 < K_{12} < 1; \\ 1, & \text{якщо } K_{12} \geq 1. \end{cases}$$

3. Коефіцієнт надходжень коштів на поточні рахунки позичальників.

$$\mu(K_{31}; 1,5; 3) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{31} \leq 1,5; \\ \frac{2(2K_{31} - 3)^2}{9}, & \text{якщо } 1,5 < K_{31} \leq 2,25; \\ 1 - \frac{8(3 - K_{31})^2}{9}, & \text{якщо } 2,25 < K_{31} < 3; \\ 1, & \text{якщо } K_{31} \geq 3. \end{cases}$$

4. Коефіцієнт діяльності минулих років.

$$\mu(K_{51}; 1; 5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{51} \leq 1; \\ \frac{(K_{51} - 1)^2}{8}, & \text{якщо } 1 < K_{51} \leq 3; \\ 1 - \frac{(5 - K_{51})^2}{8}, & \text{якщо } 3 < K_{51} < 5; \\ 1, & \text{якщо } K_{51} \geq 5. \end{cases}$$

5. Коефіцієнт рентабельності виробництва.

$$\mu(K_{52}; 0,05; 0,1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{52} \leq 0,05; \\ 2(20K_{52} - 1)^2, & \text{якщо } 0,05 < K_{52} \leq 0,075; \\ 1 - 8(1 - 10K_{52})^2, & \text{якщо } 0,075 < K_{52} < 0,1; \\ 1, & \text{якщо } K_{52} \geq 0,1. \end{cases}$$

6. Критерій кредитна історія (з врахуванням поточної заборгованості за кредитом) по погашенню основної суми боргу.

$$\mu(K_{61}; 1; 6) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{61} \leq 1; \\ \frac{2(K_{61} - 1)^2}{25}, & \text{якщо } 1 < K_{61} \leq 3,5; \\ 1 - \frac{2(6 - K_{61})^2}{25}, & \text{якщо } 3,5 < K_{61} < 6; \\ 1, & \text{якщо } K_{61} \geq 6. \end{cases}$$

7. Критерій кредитна історія (з врахуванням поточної заборгованості за кредитом) по погашенню відсотків.

$$\mu(K_{62}; 1; 3) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{62} \leq 1; \\ \frac{(K_{62}-1)^2}{2}, & \text{якщо } 1 < K_{62} \leq 2; \\ 1 - \frac{(3-K_{62})^2}{2}, & \text{якщо } 2 < K_{62} < 3; \\ 1, & \text{якщо } K_{62} \geq 3. \end{cases}$$

8. Коефіцієнт найбільшої суми раніше повернутого кредиту.

$$\mu(K_{63}; 0,8; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{63} \leq 0,8; \\ 2(5K_{63}-4)^2, & \text{якщо } 0,8 < K_{63} \leq 0,9; \\ 1 - 2(5-5K_{63})^2, & \text{якщо } 0,9 < K_{63} < 1; \\ 1, & \text{якщо } K_{63} \geq 1. \end{cases}$$

9. Коефіцієнт питомої ваги реальної вартості основних засобів у валюті балансу.

$$\mu(K_{71}; 0,3; 0,5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{71} \leq 0,3; \\ \frac{(10K_{71}-3)^2}{2}, & \text{якщо } 0,3 < K_{71} \leq 0,4; \\ 1 - \frac{(5-10K_{71})^2}{2}, & \text{якщо } 0,4 < K_{71} < 0,5; \\ 1, & \text{якщо } K_{71} \geq 0,5. \end{cases}$$

10. Коефіцієнт зносу основних засобів.

$$\mu(K_{72}; 0,25; 0,85) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{72} \leq 0,25; \\ \frac{25(4K_{72}-1)^2}{72}, & \text{якщо } 0,25 < K_{72} \leq 0,55; \\ 1 - \frac{(17-20K_{72})^2}{72}, & \text{якщо } 0,55 < K_{72} < 0,85; \\ 1, & \text{якщо } K_{72} \geq 0,85. \end{cases}$$

11. Коефіцієнт наявності власного ліквідного майна.

$$\mu(K_{73}; 0,25; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{73} \leq 0,25; \\ \frac{2(4K_{73}-1)^2}{9}, & \text{якщо } 0,25 < K_{73} \leq 0,625; \\ 1 - \frac{32(1-K_{73})^2}{9}, & \text{якщо } 0,625 < K_{73} < 1; \\ 1, & \text{якщо } K_{73} \geq 1. \end{cases}$$

12. Термін існування підприємства.

$$\mu(K_{81}; 1; 5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{81} \leq 1; \\ \frac{(K_{81} - 1)^2}{8}, & \text{якщо } 1 < K_{81} \leq 3; \\ 1 - \frac{(5 - K_{81})^2}{8}, & \text{якщо } 3 < K_{81} < 5; \\ 1, & \text{якщо } K_{81} \geq 5. \end{cases}$$

13. Критерій репутація якості продукції, робіт та послуг торгової марки.

$$\mu(K_{83}; 1; 2) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{83} \leq 1; \\ 2(K_{83} - 1)^2, & \text{якщо } 1 < K_{83} \leq 1,5; \\ 1 - 2(2 - K_{83})^2, & \text{якщо } 1,5 < K_{83} < 2; \\ 1, & \text{якщо } K_{83} \geq 2. \end{cases}$$

14. Критерій оцінки ділових якостей керівництва позичальника.

$$\mu(K_{84}; 3; 5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{84} \leq 3; \\ \frac{(K_{84} - 3)^2}{2}, & \text{якщо } 3 < K_{84} \leq 4; \\ 1 - \frac{(5 - K_{84})^2}{2}, & \text{якщо } 4 < K_{84} < 5; \\ 1, & \text{якщо } K_{84} \geq 5. \end{cases}$$

15. Аудиторські висновки.

$$\mu(K_{85}; 2; 5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{85} \leq 2; \\ \frac{2(K_{85} - 2)^2}{9}, & \text{якщо } 2 < K_{85} \leq 3,5; \\ 1 - \frac{2(5 - K_{85})^2}{9}, & \text{якщо } 3,5 < K_{85} < 5; \\ 1, & \text{якщо } K_{85} \geq 5. \end{cases}$$

III. Група критеріїв, яка описується за допомогою лінійної s-подібної функції належності.

Лінійну s-подібну функцію належності задамо наступним аналітичним виразом [2]:

$$\mu_3(x, a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x - a}{b - a}, & a < x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2.6.3),$$

де a, b – числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: $a < b$. Графік лінійної s-подібної функції належності буде мати вигляд (рис. 2.6.3).

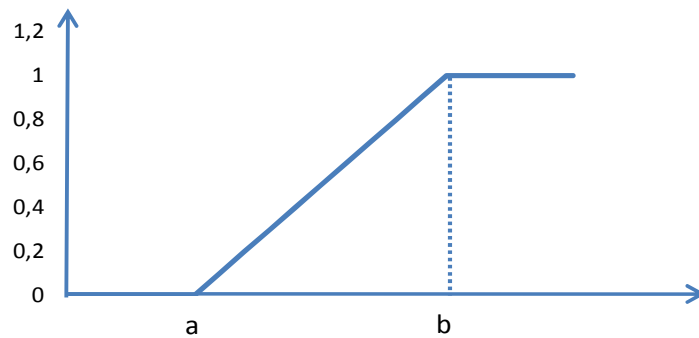


Рис. 2.6.3. Графік лінійної s-подібної функції належності

Запишемо всі критерії оцінювання суб'єктів, що відносяться до групи лінійної s-подібної функції належності.

1. Динаміка виручки від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг).

$$\mu(K_{21}; -20; 20) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{21} \leq -20; \\ \frac{K_{21} + 20}{40}, & \text{якщо } -20 < K_{21} < 20; \\ 1, & \text{якщо } K_{21} \geq 20. \end{cases}$$

2. Критерій обсягу реалізації продукції на експорт.

$$\mu(K_{22}; 10\%; 50\%) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{22} \leq 10\%; \\ \frac{K_{22} - 10\%}{40\%}, & \text{якщо } 10\% < K_{22} < 50\%; \\ 1, & \text{якщо } K_{22} \geq 50\%. \end{cases}$$

3. Коефіцієнт обслуговування (покриття) боргу.

$$\mu(K_{53}; 0,5; 1,5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{53} \leq 0,5; \\ \frac{2K_{53} - 1}{2}, & \text{якщо } 0,5 < K_{53} < 1,5; \\ 1, & \text{якщо } K_{53} \geq 1,5. \end{cases}$$

4. Питома вага власних коштів підприємства у вартості кредитного проекту.

$$\mu(K_{82}; 0,2; 0,4) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_{82} \leq 0,2; \\ 5K_{82} - 1, & \text{якщо } 0,2 < K_{82} < 0,4; \\ 1, & \text{якщо } K_{82} \geq 0,4. \end{cases}$$

IV. Група критеріїв, яка описується за допомогою лінійної z-подібної функції належності.

Лінійну z-подібну функцію належності задамо наступним аналітичним виразом [2]:

$$\mu_4(x, a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & b \leq x \end{cases} \quad (2.6.4),$$

де a, b – числові параметри, $a < b$. Графік лінійної z-подібної функції належності наступний (рис. 2.6.4).

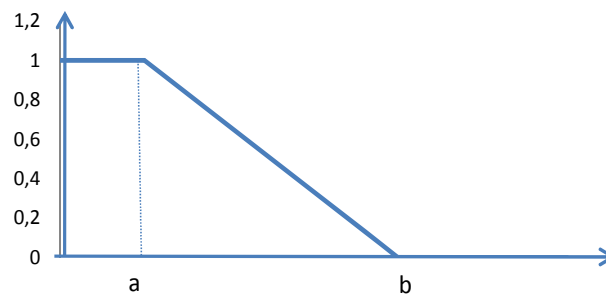


Рис. 2.6.4. Графік лінійної z-подібної функції належності

Критерії та їх функції належності для даної групи наступні.

1. Коефіцієнт періоду обороту дебіторської заборгованості.

$$\mu(K_{41}; 30; 120) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{41} \leq 30; \\ \frac{120 - K_{41}}{90}, & \text{якщо } 30 < K_{41} < 120; \\ 0, & \text{якщо } K_{41} \geq 120. \end{cases}$$

2. Коефіцієнт питомої ваги простроченої дебіторської заборгованості.

$$\mu(K_{42}; 0,05; 0,2) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{42} \leq 0,05; \\ \frac{4(1-5K_{42})}{3}, & \text{якщо } 0,05 < K_{42} < 0,2; \\ 0, & \text{якщо } K_{42} \geq 0,2. \end{cases}$$

3. Коефіцієнт періоду обороту кредиторської заборгованості

$$\mu(K_{43}; 30; 120) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{43} \leq 30; \\ \frac{120-K_{43}}{90}, & \text{якщо } 30 < K_{43} < 120; \\ 0, & \text{якщо } K_{43} \geq 120. \end{cases}$$

4. Коефіцієнт питомої ваги простроченої кредиторської заборгованості.

$$\mu(K_{44}; 0,05; 0,2) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{44} \leq 0,05; \\ \frac{4(1-5K_{44})}{3}, & \text{якщо } 0,05 < K_{44} < 0,2; \\ 0, & \text{якщо } K_{44} \geq 0,2. \end{cases}$$

Крім запропонованих вище типів функцій належності, для решти визначених критеріїв побудуємо наступні функції належності.

1. Критерій наявності поточних рахунків в національній та іноземній валюті.

$$\mu(K_{32}) = \begin{cases} 1, & \text{якщо всі рахунки відкриті у Банку;} \\ \frac{Bпр}{Pr}, & \text{якщо деякі рахунки відкриті в іншому Банку;} \\ 0, & \text{якщо всі рахунки відкриті в іншому Банку.} \end{cases}$$

2. Критерій наявності заборгованості за кредитами в інших банках.

Якщо заборгованість за кредитами в інших банках наявна, тоді коефіцієнт наявності заборгованості за кредитами визначимо наступним чином:

$$\mu(K_{33}) = \begin{cases} 1, & \text{якщо заборгованість відсутня;} \\ 0,5, & \text{якщо заборгованість строкова;} \\ 0, & \text{якщо заборгованість прострочена.} \end{cases}$$

3. Критерій наявності спеціального режиму розрахунків для погашення кредитів.

$$\mu(K_{34}) = \begin{cases} 1, & \text{наявне рішення;} \\ 0, & \text{відсутнє рішення.} \end{cases}$$

РОЗДІЛ 3. НЕЧІТКІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ТА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Проблема прийняття рішень – є однією із основних у сучасній теорії і практики управління. Відомий американський спеціаліст по управлінню Герберт Саймон назвав прийняття рішень – «суттю управлінської діяльності» [13]. Рациональне рішення – це вибір, який базується на здоровому глузді, інтуїції, накопиченому практичному і життєвому досвіді.

Розв'язання практичних задач не завжди вимагає єдиного рішення, а сукупності вибору, які можна впорядкувати. У задачах впорядкування об'єктів (альтернатив) використовується різний характер вихідних даних, що обумовлює відмінність у постановках задач по їх ранжуванням. Обробка такої інформації пов'язана з двома принциповими питаннями. По-перше, з визначенням способу врахування багатокритеріальності. По-друге, необхідно визначити спосіб порівняння альтернатив за одним критерієм для випадку, коли оцінка альтернатив є нечіткою.

У даному розділі будуть запропоновані математичні методи та моделі розв'язання задач сформульованих у розділі 2.

Для розв'язання задачі оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємству удосконалено методи з використання апарату нечіткої логіки і лінгвістичних змінних та інтегральну модель, на основі функцій належності критеріїв. Обидва методи дозволять визначити фінансовий стан і категорію якості підприємств у ринкових умовах функціонування, коли не можливо уникнути невизначеності.

Для розв'язання другого типу задач Z_2 – оцінювання і вибору підприємств для надання кредиту, запропонуємо ряд багатокритеріальних методів, враховуючи специфіку проблематики:

- дворівнева модель нечіткого раціонального багатокритеріального вибору підприємств;
- багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту відносно уявної альтернативи;
- багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту на основі множення матриць;
- двоступенева модель багатокритеріального вибору із використанням динамічних критеріїв ефективності, враховуючи їх тенденцію;
- використання динамічних критеріїв у моделях багатокритеріального вибору, враховуючи їх тенденцію та темп зростання.

Результатом для всіх наведених методів будуть оцінки підприємств та на їх основі побудований ранжувальний ряд.

Для розв'язання третього типу задач Z_3 – оцінювання та вибір інвестиційних проектів, наведена модель, що дасть змогу проранжувати інвестиційні проекти в залежності від цілі інвестора.

Особливостями описаних методів є можливість роботи з якісними даними та обробки експертної інформації. Дані методи розкривають невизначеність аналітиків у своїх судженнях і підвищують об'єктивність оцінюваного суб'єкта.

3.1. Моделі оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємству

3.1.1. Встановлення кредитного рейтингу підприємству з використанням лінгвістичних змінних

Наведемо метод щодо моделювання кредитоспроможності підприємства на основі інструменту нечіткої логіки [60]. Розглядається випадок, коли існує невпевненість експерта у своїх висновках, або неможливість чітко оцінити за певним критерієм. У такому випадку, запропонуємо метод формалізації причинно-наслідкових зв'язків між змінними входу і виходу, коли вхідні дані є

нечіткими. Суть його полягає у описі цих зв'язків природною мовою з використанням теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних [128]. Виходом моделі є рейтинг кредитоспроможності суб'єктів.

Постановка задачі: нехай нам задано множину критеріїв $U = (U_1, U_2, \dots, U_n)$, за якими потрібно оцінити деякий суб'єкт (підприємство). На основі даних оцінок потрібно визначити для розглядуваного суб'єкта оцінку рівня кредитоспроможності $D = (D_1, D_2, \dots, D_t)$.

Змоделюємо дану задачу за допомогою наступного підходу.

Аналізується об'єкт із n входами та одним виходом:

$$W = L(U_1, U_2, \dots, U_n), \quad (3.1.1)$$

де: W – вихідна лінгвістична змінна; U_1, U_2, \dots, U_n – вхідні лінгвістичні оцінки.

L – оператор, що ставить у відповідність вихідну змінну W , при вхідних змінних U_1, U_2, \dots, U_n (правило логічного виводу) [125].

Позначимо через $U^* = (U_1^*, U_2^*, \dots, U_n^*)$ – вектор фіксованих значень вхідних змінних розглядуваного об'єкта, для прийняття рішення.

Щоб оцінити лінгвістичні змінні U_i , $i = \overline{1, n}$ і визначити W , використовуємо якісні терми з таких терм-множин:

$$A_i = (a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{l_i}), \quad (3.1.2)$$

- терм-множина вхідної змінної U_i , $i = \overline{1, n}$, a_i^p – p -й компонент лінгвістичного терму змінної U_i , $p = \overline{1, l_i}$, $i = \overline{1, n}$;

$$D = (D_1, D_2, \dots, D_t), \quad (3.1.3)$$

- терм-множина вихідної змінної W , D_j – j -й компонент лінгвістичного терму змінної W , $j = \overline{1, t}$. Терм-множину вихідної змінної будемо називати рівнем.

Наступним етапом є розбиття змінних, які у нас виступають критеріями, на групи впливу – від найважливіших критеріїв, до таких, які відіграють незначну роль у оцінці. Для цього розіб'ємо множину U , на підмножини

U^1, U^2, \dots, U^l за рівнем впливу критеріїв, $U = U^1 \cup U^2 \cup \dots \cup U^l$,
 $U^1 \succ U^2 \succ \dots \succ U^l$.

Далі експерт, чи група експертів, для кожного рівня D_j , $j = \overline{1, t}$ буде правила належності результуючих термів для кожної підмножини U^k , $k = \overline{1, l}$. Ці правила можуть бути побудовані у відсотковому відношенні належності тих чи інших термів вхідної змінної, по групах впливів U^k , $k = \overline{1, l}$. Згідно цих правил експерт, чи група експертів, оцінює підприємство.

Наступним етапом створення моделі є побудова нечіткої бази знань.

Припустимо, що маємо N вхідних даних, які зв'язують входи і виходи об'єкта ідентифікації.

Нехай $N = k_1 + k_2 + \dots + k_m$, де k_j – кількість можливих комбінацій, що відповідають виходу D_j , $j = \overline{1, t}$, t – кількість можливих градацій рівнів.

Позначимо, через $p_1^1, p_2^1, \dots, p_{k_1}^1$ – номери комбінацій вхідних змінних для виходу D_1 ;

$p_1^2, p_2^2, \dots, p_{k_2}^2$ – номери комбінацій вхідних змінних для виходу D_2 ;

і т. д.;

$p_1^t, p_2^t, \dots, p_{k_t}^t$ – номери комбінацій вхідних змінних для виходу D_t .

Матрицею знань [92] називається матриця, яка сформована за такими правилами (табл. 3.1.1).

1) Розмірність матриці – $(n+1) \times N$, де $(n+1)$ – кількість стовпців, а N – кількість рядків матриці.

2) Перші n стовпців матриці відповідають вхідним змінним U_i , $i = \overline{1, n}$, а $(n+1)$ -й стовпець відповідає значенням D_j , $j = \overline{1, t}$ вихідної змінної W .

3) Кожний рядок матриці є певною комбінацією значень вхідних змінних, для якої ОПР вказує одне із можливих значень вихідної змінної W . Перші k_1 рядків

відповідають значенню вихідної змінної $W = D_1$, і так далі, k_t – значенню $W = D_t$.

4) Елемент a_i^{jp} , який стоїть на перетині i -го стовпця та jp -го рядка є лінгвістичною оцінкою критерію U_i і обирається із відповідної терм-множини змінної U_i , тобто $a_i^{jp} \in A, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, t}, p = \overline{1, k_j}$.

Таблиця 3.1.1 .

Матриця знань

№ вхідної комбінації значень	Вхідні змінні				Вихідна змінна
	U_1	U_2	...	U_n	W
p_1^1	a_1^{11}	a_2^{11}		a_n^{11}	D_1
p_2^1	a_1^{12}	a_2^{12}	...	a_n^{12}	
...	
$p_{k_1}^1$	a_1^{1k}	a_2^{1k}		a_n^{1k}	
...
p_1^j	a_1^{j1}	a_2^{j1}		a_n^{j1}	D_j
p_2^j	a_1^{j2}	a_2^{j2}	...	a_n^{j2}	
...	
$p_{k_j}^j$	a_1^{jk}	a_2^{jk}		a_n^{jk}	
...
p_1^t	a_1^{t1}	a_2^{t1}		a_n^{t1}	D_t
p_2^t	a_1^{t2}	a_2^{t2}	...	a_n^{t2}	
...	
$p_{k_t}^t$	a_1^{tk}	a_2^{tk}		a_n^{tk}	

Введена матриця знань визначає систему логічних висловлювань – “Якщо, Тоді, Інакше” [36], які пов’язують значення вхідних змінних U_1, U_2, \dots, U_n з одним із можливих значень $D_j, j = \overline{1, t}$.

Якщо $U_1 = a_1^{11}$ та $U_2 = a_2^{11}$ та ... та $U_n = a_n^{11}$

Або $U_1 = a_1^{12}$ та $U_2 = a_2^{12}$ та ... та $U_n = a_n^{12}$

Або ... Або $U_1 = a_1^{1k}$ та $U_2 = a_2^{1k}$ та ... та $U_n = a_n^{1k}$

Тоді $W = D_1$, Інакше.... (3.1.4)

Подібним чином утворюються всі функціональні залежності, які втілюють у математичній формі правила прийняття рішень зведені до бази знань.

Лінгвістичні оцінки a_i^{jp} змінних U_1, U_2, \dots, U_n , що належить до логічних висловлювань (3.1.4), розглядаються як нечіткі множини з функціями належності $\mu^{a_i^{jp}}(U_i)$, тобто це функції належності критерію U_i до нечіткого терму $a_i^{jp} \in A, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, t}, p = \overline{1, k_j}$; $\mu^{D_j}(U_1, U_2, \dots, U_n)$ – функція належності рівневі $D_j, j = \overline{1, t}$.

Введемо систему логічних рівнянь:

$$\begin{aligned} \mu^{D_j}(U_1, U_2, \dots, U_n) = & \omega_{j1} [\mu^{a_1^{j1}}(U_1) \wedge \mu^{a_2^{j1}}(U_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_n^{j1}}(U_n)] \vee \\ & \omega_{j2} [\mu^{a_1^{j2}}(U_1) \wedge \mu^{a_2^{j2}}(U_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_n^{j2}}(U_n)] \vee \dots \vee \\ & \omega_{jk_j} [\mu^{a_1^{jk_j}}(U_1) \wedge \mu^{a_2^{jk_j}}(U_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_n^{jk_j}}(U_n)], \end{aligned} \quad (3.1.5)$$

де \wedge – логічне “Та”, \vee – логічне “Або”, $\omega_{jk_j}, j = \overline{1, t}$ – вага правила.

Вага правила є числом з інтервалу $[0;1]$, що характеризує впевненість експерта у вибраному правилі (на практиці усі ваги правил спочатку прирівнюються до одиниці, в результаті оптимізації моделі на реальних даних вони зменшуються, якщо правило не відповідає дійсності).

Рішення щодо поточного рівня фінансового стану підприємства обирається таке, для якого функція належності вихідної змінної буде найбільшою для заданих значень показників діяльності підприємства $U_i^*, i = \overline{1, n}$ [87]:

$$W^* = \arg \max_{D_j} [\mu^{D_j}(U_1^*, \dots, U_n^*)], j = \overline{1, t}. \quad (3.1.6)$$

Оскільки, функції належності вихідної змінної за кожним правилом розраховують, як добуток функцій належності всіх вхідних змінних, а для

визначення терма результативного показника W^* застосовують максимальний вихід з усіх правил, то можна також вихідну змінну моделі розрахувати за наступною функцією [67]:

$$W^* = \arg \max_{a_i^{jp}} \{ \omega_i \prod_{j=1}^t \mu^{a_i^{jp}}(U_i^*) \}, \quad i = \overline{1, n}, \quad p = \overline{1, k_j}. \quad (3.1.7)$$

Результат є лінгвістичний опис діяльності підприємства та прийняття рішення, щодо можливості кредитування підприємства.

Побудова вхідної множини даних та груп впливу критеріїв.

Для побудови моделі, на першому етапі, потрібно визначити перелік критеріїв U_1, U_2, \dots, U_n , по яких будемо оцінювати кредитоспроможність підприємств.

Для оцінювання всіх показників U_i , $i = \overline{1, n}$, що характеризують фінансовий стан підприємства, можемо сформулювати наступні терми: $ДН$ — дуже низький рівень показника, $Н$ — низький рівень показника, $С$ — середній рівень показника та $В$ — високий рівень показника. Терм-множина вхідної змінної має вигляд – $A_i = (ДН, Н, С, В)$, $i = \overline{1, n}$.

Побудуємо три підмножини U^1, U^2, U^3 , такі, що $U = U^1 \cup U^2 \cup U^3$, і $U^1 \succ U^2 \succ U^3$ за наступним правилом – експерт проранжує критерії оцінки по впливу на три групи. Такі групи можуть бути наступними:

1. дуже важлива група впливу критеріїв;
2. важлива група впливу критеріїв;
3. менш важлива група впливу критеріїв.

Далі, будемо розглядати запропоновані нами критерії кредитоспроможності підприємств (розділ 2), які розіб'ємо по групам впливу. Підмножини U^1, U^2, U^3 розмістимо відповідно по групам впливів.

До дуже важливої групи впливу U^1 віднесемо наступні критерії:

1. коефіцієнт діяльності минулих років (K_{51});
2. коефіцієнт надходжень коштів на поточні рахунки позичальника (K_{31});

3. критерій наявності спеціального режиму розрахунків для погашення кредитів (K_{34});
4. критерій кредитна історія (з врахуванням поточної заборгованості за кредитом) по погашенню основної суми боргу (K_{61});
5. критерій кредитна історія (з врахуванням поточної заборгованості за кредитом) по погашенню відсотків (K_{62});
6. коефіцієнт питомої ваги простроченої дебіторської заборгованості (K_{42});
7. коефіцієнт питомої ваги простроченої кредиторської заборгованості (K_{44});
8. коефіцієнт наявності власного ліквідного майна (K_{73}).

Отже, підмножина U^1 складається із восьми критеріїв, які будемо позначати відповідно – U_1, U_2, \dots, U_8 , $U^1 = (U_1, U_2, \dots, U_8)$.

До групи важливого впливу U^2 віднесемо наступні критерії:

1. коефіцієнт фінансової незалежності (K_{14});
2. коефіцієнт маневреності власних коштів (K_{15});
3. коефіцієнт фінансового левериджу (K_{16});
4. динаміка виручки від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) (K_{21});
5. коефіцієнт періоду обороту дебіторської заборгованості (K_{41});
6. коефіцієнт періоду обороту кредиторської заборгованості (K_{43});
7. коефіцієнт миттєвої ліквідності (K_{11});
8. коефіцієнт поточної ліквідності (K_{12});
9. коефіцієнт загальної ліквідності (K_{13});
10. критерій обсягу реалізації продукції на експорт (K_{22});
11. коефіцієнт обслуговування (покриття) боргу (K_{53});
12. коефіцієнт питомої ваги реальної вартості основних засобів у валюті балансу (K_{71});
13. коефіцієнт зносу основних засобів (K_{72});
14. аудиторські висновки (K_{85}).

Підмножина U^2 складається із 14 критеріїв, які будемо позначати відповідно – $U_9, U_{10}, \dots, U_{22}$, $U^2 = (U_9, U_{10}, \dots, U_{22})$.

До групи менш важливого впливу U^3 віднесемо такі критерії:

1. критерій наявності поточних рахунків в національній та іноземній валюті (K_{32});
2. критерій наявності заборгованості за кредитами в інших банках (K_{33});
3. коефіцієнт рентабельності виробництва (K_{52});
4. термін існування підприємства (K_{81});
5. критерій оцінки ділових якостей керівництва позичальника (K_{84});
6. питома вага власних коштів підприємства у вартості кредитного проекту (K_{82});
7. критерій репутація якості продукції, робіт та послуг торгової марки (K_{83});
8. коефіцієнт найбільшої суми раніше повернутого кредиту (K_{63}).

Підмножина U^3 складається із 8 критеріїв, які будемо позначати відповідно – $U_{23}, U_{24}, \dots, U_{30}$, $U^3 = (U_{23}, U_{24}, \dots, U_{30})$.

Далі, для формування бази знань використаємо не більше чотирьох термів для кожної змінної. Для оцінювання всіх показників, що характеризують фінансовий стан підприємства, формуємо наступні терми: *ДН* – дуже низький рівень показника, *Н* – низький рівень показника, *С* – середній рівень показника та *В* – високий рівень показника.

Необхідно побудувати функції належності вхідних і результируючих змінних термів, щоб здійснити класифікацію рівнів усіх показників.

Задаємо орієнтовані межі змін усіх термів для кожної змінної U_i , $i = \overline{1, n}$, відповідно до нормативних значень і шляхом порівняння даних показників за різними підприємствами. Встановлюємо рівні показники, які дорівнюють своїм лінгвістичним термам, щоб вони досить точно узгоджувалися з правилами оцінки кредитоспроможності.

Рівні показників запишемо у наступну таблицю 3.1.2.

Розмежування між термами

Змінні	Між ДН та Н	Між Н та С	Між С та В
U_1	1	3	5
U_2	1,5	2,25	3
U_4	1	3,5	6
U_5	1	2	3
U_6	-	0,2	0,05
U_7	-	0,2	0,05
U_8	0,25	0,625	1
U_{12}	-	-20%	20%
U_{13}	-	120 днів	30 днів
U_{14}	-	120 днів	30 днів
U_{15}	0,2	0,225	0,25
U_{16}	0,5	0,75	1
U_{19}	-	0,5	1,5
U_{20}	0,3	0,4	0,5
U_{21}	0,25	0,55	0,85
U_{22}	2	3,5	5
U_{24}	-	0,5	1
U_{25}	0,05	0,075	0,1
U_{26}	1	3	5
U_{27}	3	4	5
U_{28}	-	0,2	0,4
U_{29}	1	1,5	2
U_{30}	0,8	0,9	1

Для критеріїв U_9 , U_{10} , U_{11} , U_{17} встановимо наступні розмежування (таблиця 3.1.3).

Таблиця 3.1.3.

Розмежування між термами критеріїв U_9 , U_{10} , U_{11} , U_{17}

Змінні	В	С	Н	ДН
U_9	[0,8; 1,2]	[0,5; 0,8)U(1,2; 1,5]	[0,1; 0,5)U(1,5; 1,9]	все інше
U_{10}	[0,4; 0,6]	[0,2; 0,4)U(0,6; 0,8]	[0,1; 0,2)U(0,8; 0,9]	все інше

Змінні	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>H</i>	ДН
U_{11}	[0,6; 0,8]	[0,4; 0,6)U(0,8; 1,0]	[0,2; 0,4)U(1,0; 1,2]	все інше
U_{17}	[1,5; 2]	[1,25; 1,5)U(2; 2,25]	[1; 1,25)U(2,25; 2,5]	все інше

Для критерію обсягу реалізації продукції на експорт U_{18} розмежування між термами *H* і *B* на рівні 50%.

Для критерію наявності рахунків U_{23} встановимо наступне розмежування між термами:

H – якщо всі рахунки відкриті в іншому банку;

C – якщо деякі рахунки відкриті в іншому банку;

B – якщо всі рахунки відкриті в банку.

Для критерію наявності спеціального режиму розрахунків U_3 встановимо наступне розмежування між термами:

B – якщо наявне рішення;

H – якщо відсутнє рішення.

Терм-множини вихідної змінної визначимо, як Фітч рейтинги, наступним чином: $D = (AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC, C, RD, D)$.

Далі, побудуємо правила належності матриці знань.

Як показує практичний досвід, можемо побудувати для кожного рівня правила належності результируючих термів по групах важливості.

Рівень кредитоспроможності AAA.

Щоб отримати оцінку AAA підприємство повинно задовольняти наступним вимогам. У дуже важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом повинна становити не менше 87%, а решту 13% терми на рівні не нижче середнього від всіх запропонованих критеріїв. У важливій групі впливу ми повинні спостерігати мінімальну кількість критеріїв із високим термом, які повинні становити не менше 80% від всіх існуючих критеріїв, а решту 20% терми не нижче середнього. Для менш важливої групи

критеріїв, терми високого рівня не нижче – 75%, а середнього – 25%.

Рівень кредитоспроможності AA.

Щоб отримати оцінку AA викладемо наступні вимоги суб'єкту. У дуже важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом, на наш погляд, повинна становити не менше 75%, а решту 25% – терми на рівні не нижче середнього від всіх запропонованих критеріїв. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом повинна становити не менше 60% від всіх існуючих критеріїв, а решту 40% може складатись із середніх термів. Для менш важливої групи критеріїв, терми високого рівня можемо віднести на рівні не нижче 50%, а середнього – 50%.

Рівень кредитоспроможності A.

Щоб отримати оцінку A необхідно, на нашу думку, у дуже важливій групі впливу, набрати мінімальну кількість критеріїв із високим термом не менше 60% і 20% - середніх термів. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом повинна спостерігатися на рівні не менше 60% від всіх існуючих критеріїв, а 40% повинно складатись із середніх термів. Для менш важливої групи критеріїв, терми високого рівня, на наш погляд, повинно міститись не нижче 50%, а середнього – 37%.

Рівень кредитоспроможності BBB.

Щоб отримати оцінку BBB підприємство повинно задовольняти наступним вимогам. У дуже важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв, на нашу думку, повинна становити не менше 50% – із високих термів і 13% – середніх термів. У важливій групі впливу мінімальну кількість критеріїв із високим термом можемо встановити на рівні не менше 40%, від всіх існуючих критеріїв і середніх на тому ж самому рівні – 40%. Для менш важливої групи критеріїв, терми високого рівня можемо покласти не нижче 37% і середнього – 37%.

Рівень кредитоспроможності BB.

Щоб отримати оцінку BB, на нашу думку, необхідно у дуже важливій

групі впливу набрати мінімальну кількість критеріїв із високим термом не менше 33% і 33% – середніх термів. У важливій групі впливу, як показує практика, мінімальна кількість критеріїв із високим термом повинна становити не менше 35% від всіх існуючих критеріїв, а 35% повинно складатись із середніх термів. Для менш важливої групи критеріїв терми високого рівня маємо спостерігати не нижче 25% або середнього – 37%.

Рівень кредитоспроможності В.

Щоб отримати оцінку В у дуже важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом, на нашу думку, повинна становити не менше 25%, а решту 33% – терми на рівні не нижче середнього від всіх запропонованих критеріїв. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із високим термом, на нашу думку, повинна становити не менше 20% від всіх існуючих критеріїв, а решту 40% повинно складатись із середніх термів. Для менш важливої групи критеріїв, терми низького рівня повинні становити не нижче 37%.

Рівень кредитоспроможності ССС.

Щоб отримати оцінку ССС необхідно, на нашу думку, у дуже важливій групі впливу, набрати мінімальну кількість критеріїв із середнім термом не менше 33%. У важливій групі впливу мінімальна кількість критеріїв із середнім термом повинна становити не менше 40% від всіх існуючих критеріїв.

Все, що нижче вказаних результатів, без розмежування, будемо вважати, що суб'єкт відноситься до рівня кредитоспроможності С, RD і D.

Побудова бази знань та прийняття рішення.

Експертна система на базі нечіткої логіки має містити механізм прийняття рішень, щодо кредитоспроможності, на основі інформації аналітика. В основу системи потрібно покласти знання, які відповідають фінансовій, управлінській та господарській частині діяльності підприємства та сформуванню систему нечітких логічних правил. У таблиці 3.1.4 наведено базу знань.

Таблиця 3.1.4.

Нечітка база знань

№	Дуже важлива група впливу критеріїв								Важлива група впливу критеріїв														Менш важлива група впливу критеріїв								D		
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U24	U25	U26	U27	U28	U29	U30			
	K51	K31	K34	K61	K62	K42	K44	K73	K14	K15	K16	K21	K41	K43	K11	K12	K13	K22	K53	K71	K72	K85	K32	K33	K52	K81	K84	K82	K83	K63			
1	C	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	-	B	B	B	C	C	B	B	B	C	B	B	B	AAA	I	
2	B	B	-	B	B	B	B	B	B	-	B	B	B	C	B	B	B	-	B	B	B	B	B	C	-	B	B	B	B	B	AAA	I	
3	B	C	B	B	B	B	B	B	C	B	C	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	C	B	C	B	AAA	I	
4	C	B	B	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	C	B	B	C	B	C	B	B	B	C	C	C	B	B	AA	I	
5	B	C	B	C	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	C	C	AA	I	
6	B	B	B	B	C	B	в	C	B	B	C	C	B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	C	C	C	B	B	AA	I	
7	B	C	B	B	B	B	H	C	B	B	B	C	B	B	C	C	C	B	C	B	H	B	C	C	C	H	B	B	B	B	A	II	
8	B	B	B	B	C	C	C	B	C	C	C	B	B	B	C	C	H	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	H	B	B	A	II	
9	C	C	H	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	н	B	B	C	C	B	B	B	C	C	C	B	C	A	II	
10	C	C	H	B	B	B	B	-	C	C	C	C	B	B	B	B	B	H	B	C	C	C	C	C	C	B	B	B	ДН	C	BBB	II	
11	B	B	-	C	C	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B	C	C	H	-	C	C	C	C	B	H	B	C	C	C	B	C	BBB	II
12	B	B	-	B	C	C	C	B	C	C	C	C	C	B	C	B	B	B	B	-	H	B	C	B	C	B	C	B	C	H	BBB	II	
13	C	C	H	B	B	C	C	B	C	C	B	C	B	C	C	B	B	H	-	B	C	H	B	B	C	C	C	C	H	C	BB	III	
14	B	B	-	C	B	C	H	C	B	B	B	B	B	C	C	C	C	-	C	C	C	C	C	H	H	C	C	C	B	B	BB	III	
15	H	B	H	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	C	H	H	B	B	C	C	C	C	H	C	BB	III	
16	C	C	H	H	B	B	C	H	C	C	C	B	B	B	B	H	H	H	C	C	C	C	C	B	C	C	-	H	H	C	B	III	
17	H	C	-	C	C	C	B	B	B	B	C	B	C	C	B	C	-	H	H	C	C	-	B	C	H	-	C	C	H	C	B	III	
18	C	B	B	C	C	H	H	C	C	C	C	C	C	B	B	B	B	H	H	C	-	C	C	B	-	C	C	-	-	H	B	III	
19	C	C	H	C	-	H	H	-	H	H	H	H	C	H	H	H	H	H	C	C	C	C	H	C	-	C	C	H	H	ДН	CCC	IV	
20	H	C	H	H	H	H	C	C	ДН	H	ДН	H	C	C	C	C	C	-	H	-	-	-	-	C	C	C	H	-	H	H	CCC	IV	
21	H	H	H	C	C	C	-	-	C	C	C	C	C	H	H	H	ДН	H	-	-	H	H	-	H	-	H	C	C	C	H	CCC	IV	

Правила прийняття рішень, що свідчать про рівень кредитоспроможності ААА і записані у перших трьох рядках бази знань (таблиця 3.1.4), у термінах висловлювань нечіткої логіки означатимуть:

Якщо для дуже важливої групи коефіцієнтів значення показника U_1 для розглядуваного підприємства є середнім та показник U_2 високий, та U_3 високий, та U_4 високий, та U_5 високий, та U_6 високий, та U_7 високий, та U_8 високий;

І для важливої групи коефіцієнтів значення показника U_9 для підприємства є високим та показник U_{10} середній, та U_{11} високий, та U_{12} високий, та U_{13} високий, та U_{14} високий, та U_{15} високий, та U_{16} високий, та U_{17} високий, та U_{19} високий, та U_{20} високий, та U_{21} високий, та U_{22} середній;

І для менш важливої групи коефіцієнтів значення показника U_{23} для розглядуваного підприємства є середнім та показник U_{24} високий, та U_{25} високий, та U_{26} високий, та U_{27} середній, та U_{28} високий, та U_{29} високий, та U_{30} високий;

АБО Якщо для дуже важливої групи коефіцієнтів значення показника U_1 для розглядуваного підприємства є високим та показник U_2 високий, та U_4 високий, та U_5 високий, та U_6 високий, та U_7 високий, та U_8 високий;

І для важливої групи коефіцієнтів значення показника U_9 для підприємства є високим та показник U_{11} високий, та U_{12} високий, та U_{13} високий, та U_{14} середній, та U_{15} високий, та U_{16} високий, та U_{17} високий, та U_{19} високий, та U_{20} високий, та U_{21} високий, та U_{22} високий;

І для менш важливої групи коефіцієнтів значення показника U_{23} для розглядуваного підприємства є високим та показник U_{24} середній, та U_{26} високий, та U_{27} середній, та U_{28} високий, та U_{29} високий, та U_{30} високий;

АБО Якщо для дуже важливої групи коефіцієнтів значення показника U_1 для розглядуваного підприємства є високим та показник U_2 середній, та U_3

високий, та U_4 високий, та U_5 високий, та U_6 високий, та U_7 високий, та U_8 високий;

I для важливої групи коефіцієнтів значення показника U_9 для підприємства є середнім та показник U_{10} високий, та U_{11} середній, та U_{12} високий, та U_{13} середній, та U_{14} високий, та U_{15} високий, та U_{16} високий, та U_{17} високий, та U_{18} високий, та U_{19} високий, та U_{20} високий, та U_{21} високий, та U_{22} високий;

I для менш важливої групи коефіцієнтів значення показника U_{23} для розглядуваного підприємства є середнім та показник U_{24} високий, та U_{25} високий, та U_{26} високий, та U_{27} середній, та U_{28} високий, та U_{29} середній, та U_{30} високий;

ТОДІ підприємство отримало найвищий рівень кредитоспроможності ААА та відноситься до першої категорії якості.

Представимо, за допомогою функції належності та вагових коефіцієнтів, аналітичну форму запису вирішального правила:

$$\mu^{AAA}(U^*) = \omega_1[\mu^C(U_1) \wedge \mu^B(U_2) \wedge \mu^B(U_3) \wedge \mu^B(U_4) \wedge \mu^B(U_5) \wedge \mu^B(U_6) \wedge \mu^B(U_7) \wedge \mu^B(U_8) \wedge \mu^B(U_9) \wedge \mu^C(U_{10}) \wedge \mu^B(U_{11}) \wedge \mu^B(U_{12}) \wedge \mu^B(U_{13}) \wedge \mu^B(U_{14}) \wedge \mu^B(U_{15}) \wedge \mu^B(U_{16}) \wedge \mu^B(U_{17}) \wedge \mu^B(U_{19}) \wedge \mu^B(U_{20}) \wedge \mu^B(U_{21}) \wedge \mu^C(U_{22}) \wedge \mu^C(U_{23}) \wedge \mu^B(U_{24}) \wedge \mu^B(U_{25}) \wedge \mu^B(U_{26}) \wedge \mu^C(U_{27}) \wedge \mu^B(U_{28}) \wedge \mu^B(U_{29}) \wedge \mu^B(U_{30})] \vee$$

$$\omega_2[\mu^B(U_1) \wedge \mu^B(U_2) \wedge \mu^B(U_4) \wedge \mu^B(U_5) \wedge \mu^B(U_6) \wedge \mu^B(U_7) \wedge \mu^B(U_8) \wedge \mu^B(U_9) \wedge \mu^B(U_{11}) \wedge \mu^B(U_{12}) \wedge \mu^B(U_{13}) \wedge \mu^C(U_{14}) \wedge \mu^B(U_{15}) \wedge \mu^B(U_{16}) \wedge \mu^B(U_{17}) \wedge \mu^B(U_{19}) \wedge \mu^B(U_{20}) \wedge \mu^B(U_{21}) \wedge \mu^B(U_{22}) \wedge \mu^B(U_{23}) \wedge \mu^C(U_{24}) \wedge \mu^B(U_{26}) \wedge \mu^B(U_{27}) \wedge \mu^B(U_{28}) \wedge \mu^B(U_{29}) \wedge \mu^B(U_{30})] \vee$$

$$\omega_3[\mu^B(U_1) \wedge \mu^C(U_2) \wedge \mu^B(U_3) \wedge \mu^B(U_4) \wedge \mu^B(U_5) \wedge \mu^B(U_6) \wedge \mu^B(U_7) \wedge \mu^B(U_8) \wedge \mu^C(U_9) \wedge \mu^B(U_{10}) \wedge \mu^C(U_{11}) \wedge \mu^B(U_{12}) \wedge \mu^C(U_{13}) \wedge \mu^B(U_{14}) \wedge \mu^B(U_{15}) \wedge \mu^B(U_{16}) \wedge \mu^B(U_{17}) \wedge \mu^B(U_{18}) \wedge \mu^B(U_{19}) \wedge \mu^B(U_{20}) \wedge \mu^B(U_{21}) \wedge \mu^B(U_{22}) \wedge \mu^C(U_{23}) \wedge \mu^B(U_{24}) \wedge \mu^B(U_{25}) \wedge \mu^B(U_{26}) \wedge \mu^C(U_{27}) \wedge \mu^B(U_{28}) \wedge \mu^C(U_{29}) \wedge \mu^B(U_{30})].$$

Де $\mu^{d_j}(U_1, U_2, \dots, U_{30})$ – функція належності вектора вхідних змінних значенню вихідної змінної d_j з множини $\{ДН, Н, С, В\}$; $\mu^{AAA}(U^*)$ – функція належності вхідної змінної U_i^* лінгвістичному терму AAA , $i = \overline{1,30}$, $\omega_i, i = \overline{1,3}$ – вага правила.

Подібним чином утворюються всі функціональні залежності, які втілюють у математичній формі правила прийняття рішень, зведені до бази знань. Щоб при розрахунку функції належності вихідної змінної за кожним правилом враховувались значення всіх вхідних змінних, операцію мінімізації функцій належності всіх вхідних змінних замінимо на операцію добутку.

Після вибору вхідних значень, побудови терм-множин вихідної змінної, побудови груп впливу критеріїв, правил належності та бази знань оцінюють поточний рівень W фінансового стану суб'єкта на основі вибраних критеріїв U_1, U_2, \dots, U_{30} .

Остаточне рішення, щодо кредитоспроможності підприємства, обирається таке, для якого функція (3.1.7) належності вихідної змінної W^* буде найбільшою для заданих значень критеріїв $U_1^*, U_2^*, \dots, U_{30}^*$.

Приклад 3.1.1.

Визначимо кредитоспроможність підприємства за допомогою побудованої моделі. Нехай маємо множину із десяти критеріїв кредитоспроможності підприємства U : коефіцієнт миттєвої ліквідності (U_{15}); коефіцієнт поточної ліквідності (U_{16}); коефіцієнт загальної ліквідності (U_{17}); коефіцієнт фінансової незалежності (U_9); коефіцієнт маневреності власних коштів (U_{10}); коефіцієнт діяльності минулих років (U_1); критерій кредитна історія (U_5); коефіцієнт наявності власного ліквідного майна (U_8); термін існування підприємства (U_{26}); критерій оцінки ділових якостей керівництва позичальника (U_{27}).

На першому етапі обчислюємо показники множини U на основі фінансової звітності і експертних оцінок. Результат запишемо у таблицю 3.1.5.

Показники, значення оцінок та лінгвістичних термів

Показники	Значення	Значення лінгвістичних термів
U_{15}	0,985	В
U_{16}	1,164	В
U_{17}	1,25	С
U_9	0,65	С
U_{10}	0,48	В
U_1	5	В
U_5	6	В
U_8	1,2	В
U_{26}	5	В
U_{27}	5	В

У другому стовпчику – значення показників розглядуваного підприємства, у третьому – лінгвістичні терми.

На другому етапі, згідно отриманих результатів розіб'ємо критерії по групам впливу: $U^1 = (B, B, B), U^2 = (C, B, B, B, C), U^3 = (B, B)$.

Далі, за допомогою логічних рівнянь (3.1.5) та правил належності, представимо аналітичну форму запису у вигляді:

$$\mu(W^*) = \omega_1[\mu^B(U_1^*) \cdot \mu^B(U_5^*) \cdot \mu^B(U_8^*) \cdot \mu^C(U_9^*) \cdot \mu^B(U_{10}^*) \cdot \mu^B(U_{15}^*) \cdot \mu^B(U_{16}^*) \cdot \mu^C(U_{17}^*) \cdot \mu^B(U_{26}^*) \cdot \mu^B(U_{27}^*)].$$

Зробивши аналіз даної форми, а також порівняння з логічною базою знань, можемо сформулювати наступний висновок. Розглядуване підприємство за функцією належності (3.1.7) вихідної змінної W^* відноситься до рівня кредитоспроможності АА, для заданих значень показників U^* діяльності суб'єкта господарювання. Це означає, що розглядуване підприємство має

високий рівень кредитоспроможності та високу здатність своєчасно погасити фінансові зобов'язання.

3.1.2. Оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємству на основі функцій належності критеріїв

Розробимо інтегральну модель, яка буде визначати рейтинг позичальника на основі функцій належності [57, 61, 82-83].

Нехай $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ – множина визначених критеріїв, які використовуються для оцінювання деякого підприємства P . Шкалу вимірювань визначимо інтервалом $[0; 1]$ і для кожного показника K_i ($i = \overline{1, m}$) визначили функції належності $\mu(K_i) \in [0; 1]$. Далі кожен показник K_i буде описуватись множиною $\{\mu(K_1), \mu(K_2), \dots, \mu(K_m)\}$ відповідних їм числових оцінок.

Якщо серед оцінок $\mu(K_i)$ існують від'ємні значення, тоді множину $\{\mu(K_1), \mu(K_2), \dots, \mu(K_m)\}$ нормалізуємо за допомогою формули [69]:

$$\mu'(K_i) = \mu(K_i) - \min \mu(K_i), \quad i = \overline{1, m}. \quad (3.1.8)$$

Нехай ОПР відомі або може задати вагові коефіцієнти кожному критерію ефективності $\{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ із інтервалу $[0; l]$, $l \in N$ (на розгляд експерта і як йому зручно, наприклад від 0 до 10, або від 0 до 100). Тоді можна визначити нормовані вагові коефіцієнти для кожного критерію:

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i}, \quad i = \overline{1, m}; \quad w_i \in [0; 1]; \quad (3.1.9)$$

які відповідають умові $\sum_{i=1}^m w_i = 1$.

Розглянемо загальний випадок. Нехай нам задано n – підприємств $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, для яких потрібно визначити рейтинг кредитоспроможності.

Оцінку кредитоспроможності визначимо за допомогою наступної формули [17]:

$$m(P_j) = \sum_{i=1}^m w_i \cdot \mu_{P_j}(K_i), \quad j = \overline{1, n}. \quad (3.1.10)$$

Отже, якщо $w = [w_1, w_2, \dots, w_m]^T$ – вектор коефіцієнтів вагомості,

$$M = \begin{bmatrix} \mu_{P_1}(K_1) & \dots & \mu_{P_1}(K_m) \\ \dots & \dots & \dots \\ \mu_{P_n}(K_1) & \dots & \mu_{P_n}(K_m) \end{bmatrix} \quad - \quad \text{матриця значень функцій належності для}$$

підприємств P_1, P_2, \dots, P_n , то M' – вектор елементів $m(P_1), m(P_2), \dots, m(P_n)$, які визначають кредитний рейтинг того чи іншого підприємства і він має вигляд:

$$M' = M \cdot W. \quad (3.1.11)$$

Отже, отримана оцінка зіставляється згідно рівнів кредитоспроможності (розділ 1) і визначається рейтинг кредитоспроможності та категорія якості підприємства.

Приклад 3.1.2.

Розглянемо підприємство ТОВ «Єврофойл» і визначимо його оцінку кредитоспроможності. Спочатку визначимо критерії оцінки за фінансовими результатами, далі для кожного з критеріїв побудуємо функцію належності. Все це запишемо у вигляді таблиці 3.1.6.

Значення функції належності запишемо у вигляді вектора: $M = [0; 1; 0; 0; 0,619; 0,024; 0,871; 1; 0; 1; 0,714; 1; 0; 0; 1; 0; 1; 0,969; 1; 1; 0,98; 1; 1; 0; 0,996; 0; 1; 0,25; 1; 1; 0,036]$.

Вектор коефіцієнтів вагомості має наступний вигляд: $B = [0,052; 0,031; 0,046; 0,031; 0,044; 0,031; 0,031; 0,02; 0,026; 0,031; 0,037; 0,014; 0,034; 0,028; 0,034; 0,028; 0,034; 0,034; 0,031; 0,048; 0,048; 0,031; 0,042; 0,029; 0,022; 0,055; 0,026; 0,026; 0,032; 0,027]^T$.

За допомогою формули (3.1.11) отримаємо – $M' = 0,623722$. Отже, розглядуване підприємство має високу кредитоспроможність відноситься до другої категорії якості та рейтингу А.

Вхідні дані підприємства

Критерій	Експертна оцінка вагомості	Коефіцієнт вагомості	Значення критерію K_i	Функція належності $\mu(K_i)$
K_{11}	85	0,052	0,131	0
K_{12}	50	0,031	0,922	1
K_{13}	75	0,046	0,84	0
K_{14}	50	0,031	6,882	0,619
K_{15}	72	0,044	0,898	0,024
K_{16}	50	0,031	1,016	0,871
K_{21}	50	0,031	99	1
K_{22}	32	0,02	0	0
K_{31}	42	0,026	12,599	1
K_{32}	50	0,031	5	0,714
K_{33}	60	0,037	0	1
K_{34}	23	0,014	0	0
K_{41}	56	0,034	146,618	0
K_{42}	46	0,028	0	1
K_{43}	56	0,034	164,747	0
K_{44}	46	0,028	0	1
K_{51}	55	0,034	4,5	0,969
K_{52}	56	0,034	0,174	1
K_{53}	50	0,031	222,512	1
K_{61}	79	0,048	5,5	0,98
K_{62}	78	0,048	3	1
K_{63}	51	0,031	1	1
K_{71}	69	0,042	0,017	0
K_{72}	48	0,029	0,823	0,996
K_{73}	36	0,022	0,2	0
K_{81}	90	0,055	0	1
K_{82}	43	0,026	0,25	0,25
K_{83}	43	0,026	3	1
K_{84}	53	0,032	0	1
K_{85}	45	0,027	2,4	0,036

3.2. Методи оцінювання та вибору підприємств для надання кредиту

3.2.1. Дворівнева модель нечіткого раціонального багатокритеріального вибору підприємств для надання кредиту

Розглянемо дворівневу модель нечіткого раціонального багатокритеріального вибору підприємства для надання кредиту [64]. Раціональний вибір базується на пошуку прийняттого рішення, а не екстремального.

Нехай об'єкти (альтернативи) для вибору утворюють множину $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ (надалі не будемо розрізняти альтернативу і її номер). Кожна альтернатива оцінюється по скінченній множині критеріїв $K' = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$, причому кожен i -й критерій задається за допомогою функції належності нечіткої множини.

Для будь-якої альтернативи $P_j \in P$ чітко визначені значення, які переводяться в нечіткі оцінки $\mu_{P_j}(K_i)$. Величина $\mu_{P_j}(K_i)$ визначається як ступінь достовірності оцінки j -ої альтернативи за i -м критерієм.

Отже, вихідною інформацією для вибору альтернатив є:

- $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ – множина альтернатив;
- $K' = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ – множина критеріїв;
- звітні дані (значення) по кожному критерію;
- нечіткі множини, описуючі критерії.

Задача полягає у визначенні підмножини альтернатив із P , які можна завжди впорядкувати.

Означення 3.2.1. «Точкою задоволення» називається уявна альтернатива, в якій оцінки за всіма критеріями могли б задовольняти особу, що приймає рішення [57].

Розглянемо задачу вибору найкращого підприємства, чи групи підприємств, для інвестиційних цілей по тих критеріях $K' = \{K_1, K_2, \dots, K_p\}$, для яких задано «точку задоволення» $T = \{t_1, t_2, \dots, t_p\}$ [84].

Ідея розв'язку наступна. Побудуємо нечітку множину A відносно «точки задоволення» – $A = \{A_1, A_2, \dots, A_s\}$.

Далі, розглянемо нечітку множину, на прикладі трьох елементів – $A = \{A_1, A_2, A_3\}$.

Наприклад, $A_1 = \{\text{Краще відносно «точки задоволення»}\}$. До таких критеріїв, що описують нечітку множину A_1 , можемо віднести коефіцієнт фінансової незалежності. Коефіцієнт фінансової незалежності характеризує ступінь незалежності підприємства від зовнішніх запозичень. Чим вище значення коефіцієнта, тим підприємство фінансово стійке і незалежне від зовнішніх кредиторів та інвесторів.

Іншим таким критерієм можемо вказати – коефіцієнт маневреності власних коштів. Бажано, щоб коефіцієнт маневреності дещо зростав.

У таких випадках ОПР буде задовольняти ті підприємства, які мають кращі оцінки за деяке еталонне значення.

Наступну нечітку множину можемо описати наступним чином – $A_2 = \{\text{Близько до «точки задоволення»}\}$.

Для прикладу, можемо навести критерій – коефіцієнт поточної ліквідності, що є важливим у фінансовій діяльності підприємств і за структурою може бути описаний нечіткою множиною A_2 . За умови низько ліквідних активів може погіршитися фінансовий стан підприємства, а надто висока ліквідність буде свідчити про недолік у використанні поточних активів.

Нечітка множина – $A_3 = \{\text{Гірше відносно «точки задоволення»}\}$.

Дана нечітка множина може описуватись такими критеріями, як наприклад, коефіцієнт періоду обороту кредиторської чи дебіторської

заборгованості. Період обороту визначається у днях i , чим менший період, тим краща оцінка. Наприклад, якщо «точка задоволення» відповідає 50 днів, то всі підприємства, які мають гірші оцінки будуть задовольняти ОПР.

Множину критеріїв K' розіб'ємо на підмножини K'' за означенням нечіткої множини $K' = \{K_1'', K_2'', K_3''\}$.

Наприклад:

$K_1'' = \{K_i\}$ – множина критеріїв, значення яких краще відносно «точки задоволення», тобто описують нечітку множину A_1 ;

$K_2'' = \{K_j\}$ – множина критеріїв, значення яких близькі до «точки задоволення», описують нечітку множину A_2 ;

$K_3'' = \{K_l\}$ – множина критеріїв, значення яких можуть бути гіршими відносно «точки задоволення», описують нечітку множину A_3 .

$$K_i \cup K_j \cup K_l = K'; \quad K_i \cap K_j \cap K_l = \emptyset; \quad i = \overline{1, p}; j = \overline{1, p}; l = \overline{1, p}; i \neq j \neq l.$$

Далі розглянемо поняття нечітких множин A_1, A_2, A_3 .

Нехай задано «точку задоволення» T для певного критерію i відповідно $\mu^* = \mu(T)$. Якщо критерії для множини A_1 задаються за допомогою трикутного нечіткого числа, тоді функція належності для цієї множини буде більше нуля і її значення за даним критерієм попадають в інтервал $[t_1; t_2]$ (рис.3.2.1).

При s -подібної функції належності, в якій T – «точка задоволення», інтервал – $[T; \max_j K_i^{P_j}]$ буде описувати нечітку множину A_1 , де $K_i^{P_j}$ – значення j -го підприємства за даним критерієм (рис.3.2.2).

Опишемо визначення функції належності для нечітких множин з A . Для нечіткої множини A_1 визначимо функцію належності наступним чином:

$$Z_{K_i^{P_j}}^1 = \begin{cases} \frac{|\mu(t_i) - \mu_{P_j}(K_i)|}{\max_j \mu_{P_j}(K_i) - \mu(t_i)}, & \mu_{P_j}(K_i) \geq \mu(t_i), \\ 0, & \mu_{P_j}(K_i) < \mu(t_i), \end{cases} \quad (3.2.1)$$

де $\mu(t_i)$ – значення функції належності «точки задоволення» для i -го критерію,
 $\mu_{p_j}(K_i)$ – функція належності i -го критерію для j -го підприємства,
 $i = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}$.

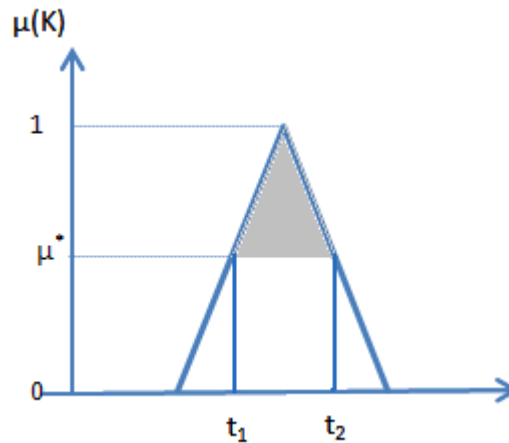


Рис.3.2.1. Трикутна функція належності

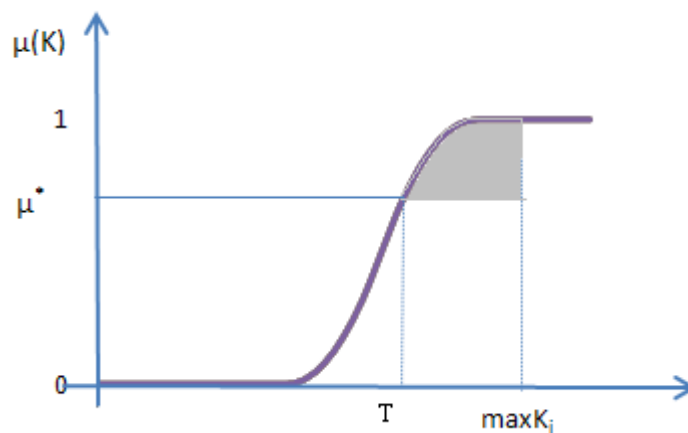


Рис. 3.2.2. S-подібна функція належності

Для нечіткої множини A_2 функція належності знаходиться в деякому ε -околі, щодо заданої «точки задоволення». Наприклад, для трикутної функції належності інтервал значень оцінок наступний – $[t_1 - \varepsilon; t_1 + \varepsilon] \cup [t_2 - \varepsilon; t_2 + \varepsilon]$. Аналогічно для лінійних функцій належності запишемо інтервал значень оцінок – $[T - \varepsilon; T + \varepsilon]$.

Далі для нечіткої множини A_2 визначимо функцію належності наступним чином:

$$Z'_{K_i P_j} = 1 - \frac{|\mu(t_i) - \mu_{P_j}(K_i)|}{\max\{\mu(t_i) - \min_j \mu_{P_j}(K_i); \max_j \mu_{P_j}(K_i) - \mu(t_i)\}}. \quad (3.2.2)$$

$$Z^2_{K_i P_j} = \begin{cases} Z'_{K_i P_j}, & Z'_{K_i P_j} > \alpha, \\ 0, & Z'_{K_i P_j} \leq \alpha, \end{cases} \quad (3.2.3)$$

де α – поріг, $\alpha \in [0;1]$.

Кожна така величина є відносною оцінкою близькості значення «точки задоволення» до значення відповідного критерію. Поріг встановлює ОПР.

Нечітка множина A_3 описується аналогічно A_1 по множині критеріїв K_3'' , для яких оцінки значень можуть бути гірше, відносно значення «точки задоволення». Нижню межу вибираємо мінімальне значення по всіх підприємствах в конкретному критерію. Для трикутної функції належності інтервал значень оцінок наступний – $[\min_j K_i^{P_j}; t_1] \cup [t_2; \max_j K_i^{P_j}]$, для лінійної функції належності інтервал значень оцінок буде $-\lbrack \min_j K_i^{P_j}; T \rbrack$.

Визначимо функцію належності для нечіткої множини A_3 :

$$Z^3_{K_i P_j} = \begin{cases} \frac{|\mu(t_i) - \mu_{P_j}(K_i)|}{\mu(t_i) - \min_j \mu_{P_j}(K_i)}, & \mu_{P_j}(K_i) \leq \mu(t_i), \\ 0, & \mu_{P_j}(K_i) > \mu(t_i). \end{cases} \quad (3.2.4)$$

На підставі величин $Z^1_{K_i P_j}, Z^2_{K_i P_j}, Z^3_{K_i P_j}$, вибираємо підприємства в порядку спадання значень цих величин, відкидаючи ті, які отримали нульові значення, формуючи відповідні множини $P^1 = \{P_1, P_2, \dots, P_i\}$, $P^2 = \{P_1, P_2, \dots, P_j\}$, $P^3 = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}$. Перетин множин об'єктів (що залишилися) по множині критеріїв K_1'', K_2'', K_3'' і буде утворювати множину тих, які задовольняють ОПР для подальшого його ранжування.

Приклад 3.2.1.

Нехай маємо множину підприємств $P = (P_1, P_2, \dots, P_5)$, яких потрібно оцінити, наприклад по наступній множині критеріїв – $K' = (K_{14}, K_{15}, K_{12}, K_{41}, K_{43})$ (розділ 2).

Для кожного з критеріїв ОПР визначив «точки задоволення» – $T = (t_1, t_2, t_3, t_4, t_5)$. Множину критеріїв K' розіб'ємо на підмножини K'' за означенням нечіткої множини $A = \{A_1, A_2, A_3\}$: $K_1'' = \{K_{14}, K_{15}\}$, $K_2'' = \{K_{12}\}$, $K_3'' = \{K_{41}, K_{43}\}$.

Значення оцінок підприємств по кожному критерію та значення «точок задоволення» запишемо у таблицю 3.2.1:

Таблиця 3.2.1.

Значення оцінок підприємств

K'	K''	T	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
K_{14}	K_1''	0,5 або 1,5	0,4	1,2	0,7	1,6	0,8
K_{15}		0,3 або 0,7	1	0,35	0,4	0,2	0,55
K_{12}	K_2''	0,9	0,95	0,93	0,81	0,77	1
K_{41}	K_3''	50	45	40	50	90	30
K_{43}		50	60	25	45	60	35

Наступним кроком, за допомогою функцій належності обчислимо значення для «точок задоволення» по всім критеріям $\mu(t_i), i = \overline{1,5}$, та значення підприємств по кожному з критерію $\mu_{P_j}(K), j = \overline{1,5}$. Результат обчислень запишемо у таблицю 3.2.2.

Таблиця 3.2.2.

Оцінки функцій належності критеріїв

	$\mu(T)$	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
$\mu(K_{14})$	0,5	0,4	0,8	0,7	0,4	0,8
$\mu(K_{15})$	0,6	0	0,7	0,8	0,4	0,9
$\mu(K_{12})$	0,92	0,98	0,96	0,71	0,58	1
$\mu(K_{41})$	0,22	0,17	0,11	0,22	0,67	0
$\mu(K_{43})$	0,22	0,33	0	0,17	0,6	0,06

Далі, обчислюємо множину значень величин за формулами (3.2.1)-(3.2.4) відповідно по множині критеріїв K_1'' , K_2'' , K_3'' , і нехай покладемо значення $\alpha = 0,7$, таблиця 3.2.3.

Таблиця 3.2.3.

Оцінки функцій належності критеріїв другого рівня

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
$Z_{K_{14}}^1$	0	1	0,67	0	1
$Z_{K_{15}}^1$	0	0,33	0,67	0	1
$Z_{K_{12}}^2$	0,82	0,88	0	0	0,76
$Z_{K_{41}}^3$	0,23	0,5	0	0	1
$Z_{K_{43}}^3$	0	1	0,23	0	0,73

Відносно отриманих оцінок будуюмо множини $Z_{k_{14}}^1, Z_{k_{15}}^1, Z_{k_{12}}^2, Z_{k_{41}}^3, Z_{k_{43}}^3$, які містять підприємства у порядку їх спадання: $Z_{k_{14}}^1 = \{P_2, P_5, P_3\}$, $Z_{k_{15}}^1 = \{P_5, P_3, P_2\}$, $Z_{k_{12}}^2 = \{P_2, P_1, P_5\}$, $Z_{k_{41}}^3 = \{P_5, P_2, P_1\}$, $Z_{k_{43}}^3 = \{P_2, P_5, P_3\}$. Далі, візьмемо перетин цих множин $Z_{k_{14}}^1 \cap Z_{k_{15}}^1 \cap Z_{k_{12}}^2 \cap Z_{k_{41}}^3 \cap Z_{k_{43}}^3 = \{P_2, P_5\}$. Отримані підприємства P_2, P_5 –

які по своїх фінансових показниках задовольняють ОПР. Упорядкувати їх можна, щодо інтегральної функції належності, використовуючи одну із згорток (песимістична, обережна, середня, оптимістична).

3.2.2. Багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту відносно уявної альтернативи

Розглянемо метод моделювання задачі багатокритеріального вибору за допомогою апарату нечітких множин, для побудови ранжувального ряду підприємств при наданні кредиту [122].

Нехай множину альтернатив позначимо через P , ця множина може бути як скінченою, тобто допустимі альтернативи можна перерахувати, так і неперервною, заданою умовами-обмеженнями. Позначимо $K = \{(K_i, \mu(K_i)), i = 1, 2, \dots, m\}$ нечітку множину критеріїв ефективності, за допомогою яких проводиться оцінювання кожної альтернативи із множини P . Де K_i – значення i -го критерію, а $\mu(K_i), i = 1, 2, \dots, m$ – функція належності відповідного критерію.

Таким чином, задачу вибору можна сформулювати наступним чином: вибрати найкращу альтернативу із множини P , коли відомі на цій множині оцінки $(K_i, \mu(K_i)), i = 1, 2, \dots, m$, де m – кількість оцінок.

Далі будемо розглядати задачі вибору, у яких множина допустимих альтернатив дискретна і скінчена, тоді оцінки значень функцій належності по альтернативах можуть бути представлена у вигляді таблиці 3.2.4.

Або матриці рішень:

$$O = (O_{ij}), i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (3.2.5)$$

де O_{ij} – це оцінка j -ї альтернативи по i -му критерію.

Функцію належності для відповідних критеріїв будемо вибирати одну із запропонованих нами видів.

Оцінки значень функцій належності по альтернативах

	P_1	P_2	P_3	...	P_n
$\mu(K_1)$	O_{11}	O_{12}	O_{13}	...	O_{1n}
$\mu(K_2)$	O_{21}	O_{22}	O_{23}	...	O_{2n}
\vdots					
$\mu(K_m)$	O_{m1}	O_{m2}	O_{m3}	...	O_{mn}

Введемо в розгляд точку $T = \{(t_i, \mu(t_i)), i = 1, 2, \dots, m\}$, $\forall t \in T \subset R_{++}^m$, що представляє собою замкнуті випуклі підмножини на півосі R_{++}^m . Далі візьмемо за множину точок множину альтернатив P , а функцію належності позначимо через $\mu_A(P_j), j = 1, 2, \dots, n$. Задачу багатокритеріального вибору можна описати за допомогою розмитої моделі – вибрати найкращу (ефективну) альтернативу із нечіткої множини:

$$A_T = \{P_j, \mu_A(P_j)\}, \forall P_j \in P, j = 1, 2, \dots, n, \quad (3.2.6)$$

де A_T – множина точок, близьких до заданої точки T , $\mu_A(P_j), j = 1, 2, \dots, n$ характеризує «ступінь належності» елементів P_j точці $T \in R_{++}^m$, тобто це функція належності – твердження «точка P_j близька до точки T ».

Множину «точок задоволення» $T = \{(t_i, \mu(t_i)), i = 1, 2, \dots, m\}$ експерт буде вибирати самостійно, аналізуючи кожен критерій і обираючи оптимальне значення.

Питання побудови функцій належності є одним із найважливіших питань у теорії нечітких множин. Опишемо підхід побудови функції належності $\mu_A(P_j), j = 1, 2, \dots, n$ [57]. Припустимо, що нам відома матриця рішень (3.2.5) і задана «точка задоволення» T . Визначимо множину величин, які є відносною оцінкою близькості елемента матриці (3.2.5) до відповідного елемента «точки задоволення»:

$$z_{ij} = 1 - |t_i - O_{ij}| / \max\{t_i - \min_j O_{ij}, \max_j O_{ij} - t_i\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (3.2.7)$$

Оскільки кожна альтернатива є точкою простору R^m , то визначена таким чином матриця $Z = \{z_{ij}\}$ характеризує по стовпцях відносні оцінки близькості альтернативи x_j до «точки задоволення» T по кожному конкретному критерію і знімає питання різних шкал оцінювання.

Наступним кроком є побудова ранжувального ряду альтернатив. Для цього будемо функцію належності, як одну із запропонованих згорток, в залежності від психосоматичного настрою ОПР:

$$1. \mu_A^2(P_j) = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{w_i}{z_{ij}}} - \text{песимістична}; \quad (3.2.8)$$

$$2. \mu_A^3(P_j) = \prod_{i=1}^m (z_{ij})^{w_i} - \text{обережна}; \quad (3.2.9)$$

$$3. \mu_A^4(P_j) = \sum_{i=1}^m w_i z_{ij} - \text{середня}; \quad (3.2.10)$$

$$4. \mu_A^5(P_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m w_i (z_{ij})^2} - \text{оптимістична}. \quad (3.2.11)$$

Де w_i ($i = \overline{1, n}$) нормовані вагові коефіцієнти для кожного критерію.

Між ними існує наступна субординація [74]: $\mu_A^2(P) \leq \mu_A^3(P) \leq \mu_A^4(P) \leq \mu_A^5(P)$.

Отже, вибір найкращої альтернативи в загальному залежить від психосоматичного настрою ОПР.

Приклад 3.2.2.

Нехай у банк поступило шість заявок від підприємств для отримання позики. Підприємства будемо розглядати як альтернативи, які ОПР має проранжувати. Множина критеріїв по яких будемо визначати ефективність роботи підприємства наступна: $K = (K_{11}, K_{12}, K_{13}, K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{21}, K_{51}, K_{52}, K_{61})$ (розділ 2).

Критеріальні оцінки та оцінки функцій належності подано у вигляді таблиці 3.2.5.

Таблиця 3.2.5.

Критеріальні оцінки по підприємствах

i	P_1		P_2		P_3		P_4		P_5		P_6	
	K_i	$\mu(K_i)$	K_i	$\mu(K_i)$	K_i	$\mu(K_i)$	K_i	$\mu(K_i)$	K_i	$\mu(K_i)$	K_i	$\mu(K_i)$
11	0,26	1	0,11	0	0,21	0,08	0,23	0,28	0,22	0,32	0,25	1
12	0,4	0	1,1	1	0,6	0,08	0,7	0,32	0,65	0,18	0,8	0,28
13	1,1	0,13	1,7	0,93	2,4	0,13	2,2	0,4	1,9	0,8	1,5	0,67
14	1,1	0,9	2,3	0	0,5	0,5	1,7	0,3	0,9	0,9	2,1	0
15	0,1	0,2	0,9	0,2	0,8	0,4	0,5	1	0,2	0,4	1,1	0
16	0	0	0,6	0,43	0,8	0,86	1,4	0	0,7	0,5	1	0,57
21	3,3	0,34	3,1	0,45	1,7	0,06	0,4	0	2,7	0,36	2,9	0,45
51	0,9	0	5,5	1	3,8	0,02	3,5	0,22	2,2	0,18	1,9	0,1
52	0,04	0	0,06	0,01	0,09	0,87	0,12	1	0,05	0	0,07	0,03
61	0,3	0	2,3	0,14	3,8	0,37	4	0,28	2,5	0,18	1,9	0,06

Множину «точок задоволення» визначимо наступним чином відповідно по критеріях: $T = ((0,25; 1), (0,8; 0,28), (2; 0,66), (0,9; 0,9), (0,4; 0,8), (0,6; 0,43), (3,5; 0,22), (3,5; 0,22), (0,1; 1), (4,5; 0,02))$. Ваги критеріїв експерт оцінив у числах із інтервалу $[0,10]$ відповідно, наприклад: $\{8, 10, 9, 8, 7, 6, 7, 5, 8, 9\}$. Тоді нормовані вагові коефіцієнти $w_i, i=1,2,\dots,10$ обчислимо за формулою (3.1.9) і запишемо як множину: $\{0,10; 0,13; 0,12; 0,10; 0,09; 0,08; 0,09; 0,06; 0,10; 0,12\}$.

Проранжуємо альтернативи відносно «точки задоволення» та обчислимо величини за допомогою формули (3.2.7). Результат запишемо у вигляді матриці Z :

$$Z = \begin{pmatrix} 1,0000 & 0,0000 & 0,0800 & 0,2800 & 0,3200 & 1,0000 \\ 0,6111 & 0,0000 & 0,7222 & 0,9444 & 0,8611 & 1,0000 \\ 0,0000 & 0,4906 & 0,0000 & 0,5094 & 0,7358 & 0,9811 \\ 1,0000 & 0,0000 & 0,5556 & 0,3333 & 1,0000 & 0,0000 \\ 0,2500 & 0,2500 & 0,5000 & 0,7500 & 0,5000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 1,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,8372 & 0,6744 \\ 0,4783 & 0,0000 & 0,3043 & 0,0435 & 0,3913 & 0,0000 \\ 0,7179 & 0,0000 & 0,7436 & 1,0000 & 0,9487 & 0,8462 \\ 0,0000 & 0,0100 & 0,8700 & 1,0000 & 0,0000 & 0,0300 \\ 0,9429 & 0,6571 & 0,0000 & 0,2571 & 0,5429 & 0,8857 \end{pmatrix}$$

Для вибору найкращої альтернативи обчислимо середню та оптимістичну згортки за допомогою формул (3.2.10)-(3.2.11) і запишемо їх у вигляді таблиці 3.2.6.:

Таблиця 3.2.6.

Результуючі оцінки по підприємствах

	Середня	Оптимістична
P_1	0,5102	0,6482
P_2	0,2358	0,4028
P_3	0,3716	0,4961
P_4	0,5169	0,6275
P_5	0,6063	0,6770
P_6	0,5626	0,7211

Якщо вибирати середню згортку, то підприємства проаранжуються наступним чином: $\{P_5, P_6, P_4, P_1, P_3, P_2\}$ і найкраща альтернатива буде P_5 . Для оптимістичної згортки найкраща альтернатива буде P_6 , оскільки ранжувальний ряд наступний: $\{P_6, P_5, P_1, P_4, P_3, P_2\}$. Обидва альтернативні варіанти показали хороші значення.

3.2.3. Багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту на основі множення матриць

Запропонуємо метод, який дасть можливість проаранжувати альтернативний ряд рішень, при цьому не потребує попарних порівнянь альтернатив [80].

Задачу вибору можна сформулювати наступним чином: вибрати найкращу альтернативу із множини P , коли відомі на цій множині оцінки

$K_i, i = 1, 2, \dots, m$, де m – кількість оцінок. Модель задачі може бути представлена у вигляді таблиці 3.2.4 або матриці рішень (3.2.5).

Кожен стовпець матриці – це вектор, що характеризує альтернативу, а кожен рядок матриці – критерій. Аналогічним чином, нормалізацію оцінок будемо проводити за допомогою апарату нечіткої логіки і функцій належності [61]. Надалі будемо вважати, що матриця O нормалізована.

Опишемо алгоритм розв'язку задачі вибору найкращої альтернативи за допомогою наступних кроків.

1. Побудуємо матрицю A таким чином:

$$A = O \times O^T, \quad (3.2.12)$$

де O^T – матриця транспонована до матриці O . Дана матриця буде розмірності $m \times m$ і характеризуватиме важливість критеріїв відносно альтернатив [66]. Елементи матриці A будемо позначати $a_{kr}, k = \overline{1, m}, r = \overline{1, m}$. Крім того, матриця A буде симетричною.

Елементи матриці O нормовані, тобто їх значення із інтервалу $[0;1]$. Добуток будь-яких двох елементів буде меншим одиниці, але при матричному множині елементи матриці A будуть із інтервалу $[0; m]$, оскільки виникає сума m елементів. Тоді постає задача нормування елементів утвореної матриці. Пропонуємо узгодити елементи матриці A наступним чином:

$$A' = \begin{pmatrix} a_{11}/m & a_{12}/m & \dots & a_{1m}/m \\ a_{21}/m & a_{22}/m & \dots & a_{2m}/m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}/m & a_{m2}/m & \dots & a_{mm}/m \end{pmatrix}. \quad (3.2.13)$$

Елементи матриці A' позначимо $a'_{kr}, k = \overline{1, m}, r = \overline{1, m}$.

2. На другому кроці, за допомогою матриці A' , будемо знаходити важливість критеріїв. Для елементів матриці A' визначимо середнє порядку t , або t -норму ($t \in R$) наступним чином:

$$M_t(v_k) = \sqrt[t]{\frac{\sum_{r=1}^m (a'_{kr})^t}{m}}. \quad (3.2.14)$$

Для $t > 0$ виконується нерівність: $\min_r(a'_{kr}) \leq M_t(v_k) \leq \max_r(a'_{kr})$ [8].

Нехай, поставимо у формулу (3.2.14) замість t , кількість критеріїв – m , отримаємо:

$$M_m(v_k) = \sqrt[m]{\frac{\sum_{r=1}^m (a'_{kr})^m}{m}}. \quad (3.2.15)$$

Оскільки, коли $\lim_{m \rightarrow \infty} \sqrt[m]{m} = 1$, тоді, не зменшуючи загальності, формулу (3.2.15) можемо представити у вигляді:

$$M_m(v_k) = \sqrt[m]{\sum_{r=1}^m (a'_{kr})^m}. \quad (3.2.16)$$

У нашому випадку елементи матриці A' не перевищують одиниці, тоді величина $M_m(v_k)$ також буде з інтервалу $[0;1]$. У частинних випадках із формули (3.2.14), через граничний перехід, можна до визначати такі величини [8]:

$$M_{-1}(v_k) = \frac{m}{\sum_{r=1}^m \frac{1}{a'_{kr}}} \text{ – середнє гармонійне;}$$

$$M_0(v_k) = \sqrt[m]{\prod_{r=1}^m a'_{kr}} \text{ – середнє геометричне;}$$

$$M_1(v_k) = \frac{\sum_{r=1}^m a'_{kr}}{m} \text{ – середнє арифметичне;}$$

$$M_2(v_k) = \sqrt{\frac{\sum_{r=1}^m (a'_{kr})^2}{m}} \text{ – середнє квадратичне.}$$

$$\min_r(a'_{kr}) \leq M_{-1}(v_k) \leq M_0(v_k) \leq M_1(v_k) \leq M_2(v_k) \leq \max_r(a'_{kr}).$$

Оскільки кожна величина $M_t(v_k) \geq 0$, тоді покладемо:

$$w_k = M_t(v_k) / \sum_{h=1}^m M_t(v_h), \quad (3.2.17)$$

так, що $\sum_{k=1}^m w_k = 1$.

В результаті ми отримали вектор нормалізованих оцінок важливості критеріїв $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$, або ваговий вектор.

3. Далі утворимо матрицю B , помноживши кожен стовпець матриці O , що характеризує оцінки альтернатив по критеріях на вектор оцінок їх важливості $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$:

$$B = \begin{pmatrix} o_{11} \cdot w_1 & o_{12} \cdot w_1 & \dots & o_{1n} \cdot w_1 \\ o_{21} \cdot w_2 & o_{22} \cdot w_2 & \dots & o_{2n} \cdot w_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ o_{m1} \cdot w_m & o_{m2} \cdot w_m & \dots & o_{mn} \cdot w_m \end{pmatrix}. \quad (3.2.18)$$

Матриця B містить у собі отримані оцінки альтернатив по критеріях з врахуванням їх важливості.

4. На наступному кроці, будемо матрицю C , елементи якої характеризують деяку комплексну оцінку альтернатив (пари альтернатив) із врахуванням важливості критеріїв. Матрицю C отримаємо, перемноживши транспоновану матрицю O^T на матрицю B :

$$C = O^T \times B. \quad (3.2.19)$$

Утворена матриця буде розмірності $n \times n$, $C = (c_{ij}), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$. Елемент матриці c_{ij} відповідає парі альтернатив P_i, P_j , відповідно для будь-яких $i, j = \overline{1, n}$. Максимальний елемент матриці C характеризує найкращу комбінацію пари альтернатив. Таким чином, побудована матриця C містить важливу інформацію, щодо оцінок альтернатив, і містить у собі рекомендації для прийняття рішень.

Для ранжування окремих альтернатив переходимо до наступного кроку.

5. Приймати рішення щодо вибору альтернативи будемо наступним чином. Для кожної альтернативи просумуємо елементи матриці C по рядку i утворені оцінки нормалізуємо:

$$s_i = \sum_{j=1}^n c_{ij}, i = \overline{1, n}. \quad (3.2.20)$$

$$Z_i = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^n s_i}, \sum_{i=1}^n s_i = 1. \quad (3.2.21)$$

Таким чином, вектор $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$ – утворений ранжувальний ряд оцінок альтернатив. Найкращу альтернативу будемо вибирати як максимальну оцінку – $Z^* = \max_i Z_i$.

Отже, показано метод, за допомогою якого можна будувати ранжувальний ряд альтернатив. Даний метод відрізняється від інших тому, що не потребує багато обчислень, сам будує оцінки важливостей критеріїв, на основі заданих альтернатив, що дозволяє знизити суб'єктивізм експертів.

Приклад 3.2.3.

Нехай у банк поступило шість заявок від підприємств для надання кредиту. Підприємства будемо розглядати як альтернативи, серед яких ОПР має обрати одне для видачі кредиту. Їх критеріальні оцінки подано у вигляді таблиці 3.2.7.

Таблиця 3.2.7.

Критеріальні оцінки по підприємствах

i	P_1		P_2		P_3		P_4	
	K_i	K_i – нормоване	K_i	K_i – нормоване	K_i	K_i – нормоване	K_i	K_i – нормоване
1	0,26	1	0,11	0	0,21	0,08	0,23	0,28
2	0,4	0	1,1	1	0,6	0,08	0,7	0,32
3	1,1	0,13	1,7	0,93	2,4	0,13	2,2	0,4
4	1,1	0,9	2,3	0	0,5	0,5	1,7	0,3
5	0,1	0,2	0,9	0,2	0,8	0,4	0,5	1

Тоді матриця рішень O наступна:

$$O = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0,08 & 0,28 \\ 0 & 1 & 0,08 & 0,32 \\ 0,13 & 0,93 & 0,13 & 0,4 \\ 0,9 & 0 & 0,5 & 0,3 \\ 0,2 & 0,2 & 0,4 & 1 \end{pmatrix}.$$

На першому етапі побудуємо матрицю за формулою (3.2.12):

$$A = O \times O^T = \begin{pmatrix} 1,08 & 0,10 & 0,25 & 1,02 & 0,51 \\ 0,10 & 1,11 & 1,07 & 0,14 & 0,55 \\ 0,25 & 1,07 & 1,06 & 0,30 & 0,66 \\ 1,02 & 0,14 & 0,30 & 1,15 & 0,68 \\ 0,51 & 0,55 & 0,66 & 0,68 & 1,24 \end{pmatrix}.$$

За формулою (3.2.13) знаходимо матрицю A' :

$$A' = \begin{pmatrix} 0,22 & 0,02 & 0,05 & 0,20 & 0,10 \\ 0,02 & 0,22 & 0,21 & 0,03 & 0,11 \\ 0,05 & 0,21 & 0,21 & 0,06 & 0,13 \\ 0,20 & 0,03 & 0,06 & 0,23 & 0,14 \\ 0,10 & 0,11 & 0,13 & 0,14 & 0,25 \end{pmatrix}.$$

Далі знаходимо значення ваг параметрів за відповідними формулами (3.2.16) і (3.2.17):

$$v = (0,243; 0,251; 0,247; 0,254; 0,254), \quad w = (0,195; 0,201; 0,198; 0,203; 0,203).$$

Після цього утворимо матрицю B за формулою (3.2.18):

$$B = \begin{pmatrix} 0,195 & 0,000 & 0,016 & 0,055 \\ 0,000 & 0,201 & 0,016 & 0,064 \\ 0,026 & 0,184 & 0,026 & 0,079 \\ 0,183 & 0,000 & 0,102 & 0,061 \\ 0,041 & 0,041 & 0,081 & 0,203 \end{pmatrix}.$$

На наступному етапі знаходимо комплексну оцінку альтернатив із врахуванням важливості критеріїв, формула (3.2.19):

$$C = O^T \times B = \begin{pmatrix} 0,37 & 0,03 & 0,13 & 0,16 \\ 0,03 & 0,38 & 0,06 & 0,18 \\ 0,13 & 0,06 & 0,09 & 0,13 \\ 0,16 & 0,18 & 0,13 & 0,29 \end{pmatrix}.$$

На останньому кроці будемо ранжувальний ряд за формулою (3.2.21):
 $Z = (0,276; 0,259; 0,161; 0,304)$. Альтернативи упорядковуємо по спаданню:
 $P_4; P_1; P_2; P_3$. Робимо висновок, що найкраще підприємство – P_4 .

3.2.4. Двоступенева модель багатокритеріального вибору з використанням динамічних критеріїв ефективності враховуючи їх тенденцію

У даному методі розглянемо випадок, коли із побудованого ранжувального ряду альтернатив не можна чітко визначити їх переваги. Тоді введемо в розгляд динамічні критерії, на основі яких будемо будувати новий ранжувальний ряд, із застосуванням прогнозованих значень [81]. Динамічні критерії – це ті критерії, оцінки яких показує якість роботи підприємства, а їх значення змінювалося або змінюється в часі та в процесі функціонування підприємства.

Розглянемо задачу вибору, яку опишемо за допомогою наступної математичної моделі [124]. Множину альтернатив позначимо через P , і припустимо, що вона скінченна, тобто допустимі альтернативи можна перерахувати. Позначимо $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ множину критеріїв ефективності, за допомогою яких оцінюється кожна альтернатива із множини P . Задачу вибору можна сформулювати наступним чином: вибрати найкращу альтернативу із множини P , коли відомі на цій множині оцінки критеріїв. Модель задачі може бути представлена у вигляді таблиці 2.1.1, або матриці рішень:

$$O = (O_{ij}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad (3.2.22)$$

де O_{ij} – це оцінка j -ї альтернативи по i -му критерію. Кожен стовпець матриці – це вектор оцінок, що характеризує альтернативу, а кожен рядок матриці – критерій.

Нехай за допомогою вищенаведених методів [124, 64, 80] побудовано ранжувальний ряд оцінок альтернатив $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$ по спаданню значень. За його допомогою впорядкуємо вектор альтернатив. Розглянемо випадок, коли побудований ранжувальний ряд оцінок альтернатив $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$, за своїми значеннями близький один до одного на деяку величину $d = Z_{j+1} - Z_j$, на перших p місцях. Тоді, існує неоднозначність і невпевненість вибору ОПР найкращої альтернативи. ОПР не знає, як себе поведе перше, друге, ..., p -те альтернативне рішення у майбутньому. Можливо, при таких оцінках p -те альтернативне рішення буде краще першого.

Таким чином, постає нова задача: яку з альтернатив ранжувального ряду $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ вибрати для прийняття рішення. Побудуємо новий ранжувальний ряд з відібраних альтернатив $\{P_1, P_2, \dots, P_p\}$, використовуючи динамічні критерії, які дозволять спрогнозувати поведінку альтернативних рішень у майбутньому.

Розглянемо множину критеріїв $\{K_1, K_2, \dots, K_h\} \subseteq K$, за допомогою яких можна прослідкувати динаміку критеріальних оцінок за l періодів. Значення критеріїв по всіх періодах представимо у вигляді таблиці 3.2.8, окремо для кожної альтернативи ($i = 1, 2, \dots, p$), де ε_l – періоди.

Таблиця 3.2.8.

Оцінки за динамічними критеріями

P_i	ε_1	ε_2	...	ε_l
K_1	Q_{11}^i	Q_{12}^i	...	Q_{1l}^i
K_2	Q_{21}^i	Q_{22}^i	...	Q_{2l}^i
\vdots				
K_h	Q_{h1}^i	Q_{h2}^i	...	Q_{hl}^i

Спрогнозуємо оцінки Q_{hl}^i по всіх критеріях для періоду $s = l + 1$, на основі парної лінійної регресії [100]:

$$Y(s) = a + bs, \quad (3.2.23)$$

де значення коефіцієнтів a , b будемо обчислювати методом найменших квадратів.

У такому випадку необхідно побудувати $h \cdot p$ рівнянь, для кожної альтернативи по кожному критерію. Після цього, на основі даних рівнянь, побудуємо матрицю рішень, наприклад, для періоду $l + 1$, по кожній альтернативі. Таким чином рівняння лінійної регресії переписеться у вигляді:

$$Y_g^i(s) = a_g^i + b_g^i s, \quad i = \overline{1, p}, \quad g = \overline{1, h}. \quad (3.2.24)$$

Коефіцієнти b_g^i , a_g^i обчислюються згідно формул [44]:

$$b_g^i = \frac{l \cdot \sum_{k=1}^l \varepsilon_k \cdot Q_{gk}^i - \sum_{k=1}^l \varepsilon_k \cdot \sum_{k=1}^l Q_{gk}^i}{l \cdot \sum_{k=1}^l \varepsilon_k^2 - \left(\sum_{k=1}^l \varepsilon_k \right)^2}, \quad (3.2.25)$$

$$a_g^i = \overline{d_g^i} - b_g^i \cdot \overline{q}, \quad (3.2.26)$$

де $\overline{d_g^i} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l Q_{gk}^i$, $\overline{q} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \varepsilon_k$, $i = \overline{1, p}$, $g = \overline{1, h}$.

Після виведення регресійних рівнянь, запишемо вектори утворених оцінок альтернатив по критеріях ефективності, для $s = l + 1$ періоду, таблиця 3.2.9.

Таблиця 3.2.9.

Прогнозовані оцінки на майбутній період

	P_1	P_2	...	P_p
K_1	Y_1^1	Y_1^2	...	Y_1^p
K_2	Y_2^1	Y_2^2	...	Y_2^p
\vdots				
K_h	Y_h^1	Y_h^2	...	Y_h^p

Або матрицю рішень вигляду:

$$L = (Y_g^i), i = \overline{1, p}; g = \overline{1, h}. \quad (3.2.27)$$

Дана матриця буде характеризувати агреговані оцінки альтернатив по динамічним критеріям, прогнозованих на наступний період. Побудувати ранжувальний ряд альтернатив матриці (3.2.27), можемо аналогічними підходами, як для матриці (3.2.22). Розглянемо один із випадків.

Введемо в розгляд «точку задоволення» [57] $T = (t_1, t_2, \dots, t_h)$, тобто уявну альтернативу, в якій оцінки по всіх критеріях могли б задовольняти ОПР.

Оскільки, нам відома матриця рішень (3.2.27) і задана «точка задоволення» T , визначимо множину величин, які є відносними оцінками близькості елемента матриці (3.2.27) до відповідного елемента «точки задоволення»:

$$z_{gi} = 1 - \frac{|t_g - Y_g^i|}{\max\{t_g - \min_i Y_g^i; \max_i Y_g^i - t_g\}}, \quad g = \overline{1, h}; \quad i = \overline{1, p}. \quad (3.2.28)$$

Визначена, таким чином, матриця $Z = \{z_{gi}\}$, характеризує по стовпцях відносні оцінки близькості альтернатив до «точки задоволення» по кожному конкретному критерію і знімає питання різних шкал оцінювання.

Далі, потрібно вибрати найкращу альтернативу. Для цього беремо одну із згортку для побудови агрегованої оцінки [74]. Наприклад, візьмемо середньо зважену згортку:

$$A(P_i) = \sum_{g=1}^h w_g z_{gi}, i = \overline{1, p}; \quad (3.2.29)$$

де $w_g, g = \overline{1, h}$ – нормовані вагові коефіцієнти, які обчислюються згідно (3.1.9).

На основі $A(P_i)$ будемо новий ранжувальний ряд:

$$A = (A_1, A_2, \dots, A_p). \quad (3.2.30)$$

Таким чином, приведено методику, за допомогою якої можна будувати ранжувальний ряд альтернатив, на основі динамічних критеріїв ефективності.

Приклад 3.2.4.

Розглянемо приклад вибору підприємства для надання кредиту з трьох аналізованих. Оцінимо підприємства P_1, P_2, P_3 і проранжуємо їх на основі наступних динамічних критеріїв ефективності, за період 2014-2017 рр., таблиця 3.2.10.

Таблиця 3.2.10.

Критерії оцінки, вагові коефіцієнти та «точка задоволення»

Критерій	Назва критерію	Вага (p)	Точка задоволення (T)
K_1	Коефіцієнт поточної ліквідності	8	0,9
K_2	Коефіцієнт загальної ліквідності	9	1,5
K_3	Коефіцієнт фінансової незалежності	7	2
K_4	Рентабельність виробництва	10	0,09

На основі фінансової звітності обчислюємо критерії ефективності таблиця 3.2.11.

Таблиця 3.2.11.

Вхідні дані по підприємствах

P_1	2014	2015	2016	2017	P_2	2014	2015	2016	2017	P_3	2014	2015	2016	2017
K_1	0,6	1,2	0,8	0,9	K_1	0,4	1,3	1,4	1	K_1	0,4	0,2	0,8	0,9
K_2	0,8	1	1,1	1,3	K_2	0,9	1	1,3	1	K_2	1,5	1	1,6	1,4
K_3	0,95	2,8	4,7	1,9	K_3	0,6	1	2,2	1,2	K_3	1,9	3	3,1	2
K_4	0,07	0,09	0,14	0,07	K_4	0,07	0,08	0,07	0,06	K_4	0,1	0,05	0,05	0,06

На другому етапі, на основі даних побудуємо регресійні рівняння для кожної альтернативи по кожному критерію.

Побудуємо регресійні рівняння (3.2.24)-(3.2.26) і обчислюємо прогнозоване значення на 2018 рік. Результат прогнозованого значення запишемо у таблицю 3.2.12.

Таблиця 3.2.12.

Прогнозоване значення діяльності підприємств на 2018 рік

	P_1	P_2	P_3
K_1	1	1,4	0,75
K_2	1,45	1,2	1,45
K_3	3,788	2	2,6
K_4	0,093	0,07	0,04

На третьому етапі, використовуючи формулу (3.2.28) обчислюємо значення матриці $Z = \{z_{gi}\}$:

$$Z = \begin{pmatrix} 0,83 & 0,00 & 0,67 \\ 0,83 & 0,00 & 0,83 \\ 0,00 & 1,00 & 0,66 \\ 0,94 & 0,60 & 0,00 \end{pmatrix}$$

На основі формули (3.1.9) обчислюємо нормовані вагові коефіцієнти $\alpha = (0,24; 0,26; 0,21; 0,29)$. На останньому етапі обчислимо агреговані оцінки за формулою (3.2.29): $A = (0,69; 0,38; 0,52)$. Альтернативи упорядковуємо по спаданню: P_1, P_3, P_2 . Робимо висновок, що найкраще підприємство за період роботи 2014-2017 рр. – P_1 .

3.2.5. Використання динамічних критеріїв у моделях багатокритеріального вибору, враховуючи їх тенденцію та темп зростання

Розглянемо метод для задачі багатокритеріального вибору альтернатив, який базується на використанні динамічних критеріїв ефективності, враховуючи їх тенденцію змін оцінок та темп зростання. Суть даного методу

полягає в тому, що якщо існують критерії ефективності для яких значення оцінок альтернатив відомі за деякі попередні періоди, то можливо спрогнозувати їх оцінки на подальші періоди. Таким чином, при прийнятті рішення є можливість врахувати передбачувану поведінку.

Множину альтернатив позначимо через $P = \{P_1, P_2, \dots, P_p\}$, і припустимо, що вона скінченна, $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ – множина критеріїв ефективності, за допомогою яких оцінюється кожна альтернатива із множини P . Задачу вибору сформулюємо аналогічно попередній: вибрати найкращу альтернативу із множини P , коли відомі на цій множині оцінки критеріїв. Модель задачі може бути представлена у вигляді таблиці 2.1.1, або матриці рішень (3.2.22), де кількість альтернатив $n = p$.

Побудуємо ранжувальний ряд з альтернатив $\{P_1, P_2, \dots, P_p\}$, використовуючи динамічні критерії, які дозволять спрогнозувати поведінку альтернативних рішень у майбутньому. Аналогічно попередньому методу, розглянемо множину критеріїв $\{K_1, K_2, \dots, K_h\} \subseteq K$, за допомогою яких можна прослідкувати динаміку за l періодів. Значення критеріїв по всіх періодах представлено у таблиці 3.2.2.

Спрогнозуємо оцінки Q_{hl}^i по всіх критеріях для періодів $s = l + 1$, $s = l + 2$, $s = l + 3$ на основі парної лінійної регресії (3.2.24).

У такому випадку необхідно побудувати $h \cdot p$ рівнянь, для кожної альтернативи по кожному критерію. Після цього, на основі даних рівнянь, побудуємо матриці рішень, для періодів $l + 1$, $l + 2$, $l + 3$ по кожній альтернативі.

Після виведення регресійних рівнянь, запишемо вектори утворених критеріальних оцінок для періодів $s = l + 1$, $s = l + 2$, $s = l + 3$ по кожній альтернативі, у вигляді таблиці 3.2.13.

Попередню таблицю можемо представити у вигляді наступної матриці:

$$L_i = \left(Y_g^i(l+k) \right), i = \overline{1, p}; g = \overline{1, h}; k = \{1; 2; 3\}. \quad (3.2.31)$$

Прогнозовані оцінки на три майбутні періоди

P_i	$l+1$	$l+2$	$l+3$
K_1	$Y_1^i(l+1)$	$Y_1^i(l+2)$	$Y_1^i(l+3)$
K_2	$Y_2^i(l+1)$	$Y_2^i(l+2)$	$Y_2^i(l+3)$
\vdots			
K_h	$Y_h^i(l+1)$	$Y_h^i(l+2)$	$Y_h^i(l+3)$

Далі, щоб перейти до агрегованої однієї матриці рішень, побудуємо наступну математичну модель. Схематично її можемо зобразити у вигляді рис. 3.2.3.

Для кожної матриці альтернатив, розмірності $(3 \times h)$, по прогнозованих оцінках критеріїв знаходимо темп рівня зростання критеріальних оцінок за наступними формулами [88]:

$$T_g^i(1) = \frac{Y_g^i(l+2)}{Y_g^i(l+1)}, \quad (3.2.32)$$

$$T_g^i(2) = \frac{Y_g^i(l+3)}{Y_g^i(l+2)}, \quad (3.2.33)$$

де $i = \overline{1, p}$, $g = \overline{1, h}$.

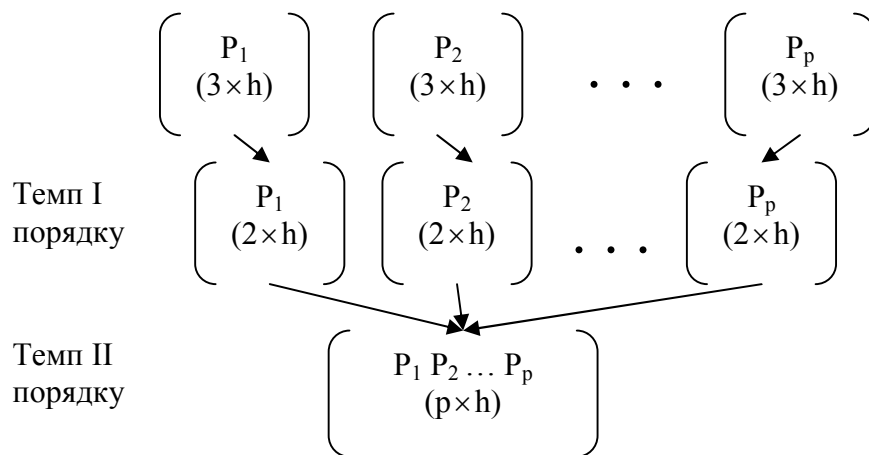


Рис. 3.2.3. Схема моделі агрегування матриць альтернатив по динамічним критеріям

В результаті отримаємо матриці розмірності $(2 \times h)$ темпів по всіх альтернативах:

$$T_i = (T_g^i(\alpha)), i = \overline{1, p}; g = \overline{1, h}; \alpha = \{1; 2\}. \quad (3.2.34)$$

Дані матриці запишемо у вигляді таблиці 3.2.14.

Таблиця 3.2.14.

Оцінки темпів зростання

P_i	$T(1)$	$T(2)$
K_1	$T_1^i(1)$	$T_1^i(2)$
K_2	$T_2^i(1)$	$T_2^i(2)$
\vdots		
K_h	$T_h^i(1)$	$T_h^i(2)$

Побудована, таким чином, таблиця буде показувати, на скільки рівень одного періоду збільшився стосовно рівня іншого, тобто показники матриці будуть характеризувати відносну величину приросту. Далі, для отриманих матриць (3.2.34), шукаємо «темп другого порядку» (прискорення), як темп середнього зростання, за наступною формулою [88]:

$$A_g^i = \sqrt{T_g^i(1) \cdot T_g^i(2)}, \quad (3.2.35)$$

де $i = \overline{1, p}$, $g = \overline{1, h}$.

В результаті отримаємо вектори оцінок альтернатив за критеріями, значення яких будуть характеризувати середню швидкість зміни оцінок на прогнозовані три наступні періоди. Дані вектори представимо у вигляді таблиці 3.2.15.

Або у вигляді матриці рішень:

$$A = (A_g^i), i = \overline{1, p}; g = \overline{1, h}. \quad (3.2.36)$$

Дана матриця характеризує агреговані прогнозовані оцінки альтернатив за динамічними критеріями на наступні три періоди, представлені у вигляді їх

рівня зростання. Таким чином, ми перейшли до однієї агрегованої матриці рішень.

Таблиця 3.2.15.

Агреговані оцінки темпів зростання другого порядку

	P_1	P_2	...	P_p
K_1	A_1^1	A_1^2	...	A_1^p
K_2	A_2^1	A_2^2	...	A_2^p
\vdots				
K_h	A_h^1	A_h^2	...	A_h^p

Розв'яжемо задачу багатокритеріального вибору, описану у вигляді матриці рішень (3.2.36), використовуючи метод описаний в роботах [62, 65], який базується на теорії обмеженої раціональності з використанням нечітких множин.

Введемо в розгляд «точку задоволення» $T = (t_1, t_2, \dots, t_h)$ і визначимо множину нечітких величин, які є відносною оцінкою близькості елемента матриці (3.2.26) до відповідного елемента «точки задоволення», з наступною функцією належності:

$$z_{gi} = 1 - \frac{|t_g - A_g^i|}{\max\{t_g - \min_i A_g^i; \max_i A_g^i - t_g\}}, \quad g = \overline{1, h}; \quad i = \overline{1, p}. \quad (3.2.37)$$

Наступним кроком є побудова деякої згортки нечітких числових оцінок.

Використаємо одну із згорток для побудови агрегованої оцінки [74]. Наприклад, візьмемо середньо зважену згортку:

$$A(P_i) = \sum_{g=1}^h w_g z_{gi}, \quad i = \overline{1, p}; \quad (3.2.38)$$

де $w_g, g = \overline{1, h}$ – нормовані вагові коефіцієнти, які обчислюються згідно (3.1.9).

На основі значень величин $A(P_i)$ будемо ранжувальний ряд альтернатив у порядку їх спадання:

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_p\}. \quad (3.2.39)$$

Таким чином, ми привели методика, за допомогою якої можна будувати ранжувальний ряд альтернатив, на основі динамічних критеріїв ефективності по прогнозованих їх значеннях на майбутні періоди.

Приклад 3.2.5.

Розглянемо приклад вибору підприємства для надання кредиту з трьох аналізованих підприємств використовуючи вхідні дані прикладу 3.2.4. На першому етапі аналогічно будуємо регресійні рівняння, але прогнозуємо значення на три майбутні періоди 2018, 2019 та 2020 роки, результат запишемо у таблицю 3.2.16.

Таблиця 3.2.16.

Таблиця прогнозованих оцінок для підприємств

P_1	2018	2019	2020	P_2	2018	2019	2020	P_3	2018	2019	2020
K_1	1	1,05	1,1	K_1	1,5	1,69	1,88	K_1	1,1	1,31	1,52
K_2	1,45	1,61	1,77	K_2	1,2	1,26	1,32	K_2	1,45	1,48	1,51
K_3	3,775	4,25	4,725	K_3	2	2,3	2,6	K_3	2,6	2,64	2,68
K_4	0,105	0,11	0,115	K_4	0,06	0,056	0,052	K_4	0,035	0,02	0,01

Для кожної альтернативи по прогнозованих оцінках критеріїв знаходимо темп зростання, за формулами (3.2.32) і (3.2.33), результат запишемо у зведену таблицю 3.2.17.

Далі, для отриманих темпів першого порядку для всіх альтернатив шукаємо темп другого порядку (прискорення) за формулою (3.2.35), результат запишемо у агреговану таблицю 3.2.18.

Таблиця 3.2.17.

Оцінки темпів зростання

	P_1		P_2		P_3	
K_1	1,050	1,048	1,127	1,112	1,191	1,160
K_2	1,110	1,099	1,050	1,048	1,021	1,020
K_3	1,126	1,112	1,150	1,130	1,015	1,015
K_4	1,048	1,045	0,933	0,929	0,657	0,478

Таблиця 3.2.18.

Агреговані оцінки темпів зростання другого порядку

	P_1	P_2	P_3
K_1	1,049	1,120	1,176
K_2	1,105	1,049	1,020
K_3	1,119	1,140	1,015
K_4	1,047	0,931	0,561

Далі, використовуючи формулу (3.2.37) обчислюємо значення матриці

$$Z = \{z_{gi}\}: \quad Z = \begin{pmatrix} 0,892 & 0,952 & 1,000 \\ 1,000 & 0,949 & 0,924 \\ 0,981 & 1,000 & 0,890 \\ 1,000 & 0,890 & 0,536 \end{pmatrix}.$$

На основі формули (3.1.9) обчислюємо нормовані вагові коефіцієнти:
 $\alpha = (0,24; 0,26; 0,21; 0,29)$.

На останньому етапі обчислимо агреговані оцінки за формулою (3.2.38):
 $A = (0,971; 0,943; 0,821)$. Альтернативи упорядковуємо по спаданню:
 P_1, P_2, P_3 . Робимо висновок, що найкраще підприємство за період роботи 2014-
 2017рр., по прогнозованих наступних трьох періодах – P_1 .

3.3. Метод оцінювання та вибору інвестиційних проектів

Інвестиційна діяльність – важлива складова розвитку економіки. Недостатність інвестицій – болюче питання розвитку економіки будь-якої країни світу. Поряд з тим, інвестиційних проектів існує дуже багато, таких як оновлення матеріально-технічної бази, нарощення об'ємів виробництва, освоєння нових видів діяльності і т.д. Для реалізації таких проектів потрібні ресурси, яких на сьогоднішній день мало. Тому, інвестори дуже обережно підходять до прийняття рішень, щодо інвестування у той чи інший проект. У такому разі, задача вибору інвестиційних проектів постає дуже актуальною [63, 82-83, 85].

Побудуємо метод, що дасть змогу проранжувати інвестиційні проекти в залежності від цілі інвестора [121, 123]. Даний метод буде враховувати фактори невизначеності у прийнятті рішень, буде базуватися на ієрархічній структурі та враховувати побажання інвесторів на заключному етапі вибору.

Нехай нам задано множину інвестиційних проектів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, які потрібно проранжувати. Множину проектів оцінюють експерти з різних галузей E^1, E^2, \dots, E^{k-1} , а також враховуються міркування інвестора (ОПР), які позначимо – E^k .

Кожен експерт та інвестор E^l , ($l = \overline{1, k}$) використовує свою множину критеріїв $I_1^l, I_2^l, \dots, I_m^l$ для оцінювання інвестиційних проектів. Критерії поділяються на якісні і кількісні. Кількісні критерії будуються на основі відомих вхідних оцінок A_1, A_2, \dots, A_s про проекти, а якісні критерії визначаються якісними характеристиками про об'єкт. Далі будується множина функцій належності критеріїв $I = \{\mu(I_i^l), i = \overline{1, m}; l = \overline{1, k}\}$. Тоді, за допомогою так визначеної нечіткої множини критеріїв ефективності, проводиться оцінка кожної альтернативи із множини X , де I_i^l значення i -го критерію для l -го експерта, а $\mu(I_i^l) \in [0; 1], i = \overline{1, m}; l = \overline{1, k}$ – його функція належності.

Функцію належності для відповідних критеріїв будемо вибирати одну із запропонованих видів: лінійну s-подібну або z-подібну [61].

Тоді, кожен експерт $E^l, (l = \overline{1, k})$ та інвестор, будують таблиці оцінок альтернатив по свої критеріях, таблиця 3.3.1.

Таблицю 3.3.1 можемо представити у вигляді матриці рішень:

$$O^l = (O_{ij}^l), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad l = \overline{1, k}; \quad (3.3.1)$$

де O_{ij}^l – це оцінка функції належності j -ї альтернативи по i -му критерію, l -го експерта.

Таблиця 3.3.1.

Оцінки альтернатив по критеріям

	x_1	x_2	...	x_n
$\mu(I_1^l)$	O_{11}^l	O_{12}^l	...	O_{1n}^l
$\mu(I_2^l)$	O_{21}^l	O_{22}^l	...	O_{2n}^l
\vdots				
$\mu(I_m^l)$	O_{m1}^l	O_{m2}^l	...	O_{mn}^l

Кожен експерт та інвестор повинні дати свої оцінки кожному інвестиційному проекту, таку оцінку позначимо множиною $E^l = (E_1^l, E_2^l, \dots, E_n^l), (l = \overline{1, k})$. Дані оцінки отримаємо наступним чином: побудуємо функцію належності, як деяку згортку числових оцінок. Нехай інвестору відомі або може задати вагові коефіцієнти кожному критерію ефективності $\{w_1^l, w_2^l, \dots, w_m^l\}$ із інтервалу $[0; a]$, $a \in N$. Тоді, аналогічно, можна визначити нормовані вагові коефіцієнти для кожного критерію:

$$\alpha_i^l = \frac{w_i^l}{\sum_{i=1}^m w_i^l}, \quad i = \overline{1, m}; \quad l = \overline{1, k}; \quad \alpha_i^l \in [0; 1], \quad (3.3.2)$$

причому $\sum_{i=1}^m \alpha_i^l = 1$.

Далі будемо функцію належності по кожному експерту та інвестору, як одну із запропонованих згорток, в залежності від психосоматичного настрою інвестора:

$$1. \quad \mu_{E^l}^2(x_j) = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{\alpha_i^l}{O_{ij}^l}} - \text{песимістична}; \quad (3.3.3)$$

$$2. \quad \mu_{E^l}^3(x_j) = \prod_{i=1}^m (O_{ij}^l)^{\alpha_i^l} - \text{обережна}; \quad (3.3.4)$$

$$3. \quad \mu_{E^l}^4(x_j) = \sum_{i=1}^m \alpha_i^l \cdot O_{ij}^l - \text{середня}; \quad (3.3.5)$$

$$4. \quad \mu_{E^l}^5(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \alpha_i^l \cdot (O_{ij}^l)^2} - \text{оптимістична}. \quad (3.3.6)$$

Між ними існує наступна субординація:

$$\mu_{E^l}^2(x) \leq \mu_{E^l}^3(x) \leq \mu_{E^l}^4(x) \leq \mu_{E^l}^5(x), \forall x \in X, l = \overline{1, k} \quad [74].$$

Тоді, оцінки з множини $E^l = (E_1^l, E_2^l, \dots, E_n^l)$, ($l = \overline{1, k}$) будуть визначатися однією із згорток $E_j^l = \mu_{E^l}^{u^l}(x_j)$, ($l = \overline{1, k}; j = \overline{1, n}; u^l = \overline{2, 5}$). Отримані результати представимо у вигляді таблиці 3.3.2.

Таблиця 3.3.2.

Оцінки експертів

	x_1	x_2	...	x_n
E^1	E_1^1	E_2^1	...	E_n^1
E^2	E_1^2	E_2^2	...	E_n^2
\vdots				
E^k	E_1^k	E_2^k	...	E_n^k

На перших $k-1$ містах оцінки експертів по всіх інвестиційних проектах, а на k -му місці міркування інвестора щодо проектів.

Введемо в розгляд «точку задоволення» $T = \{\mu(t_l), l = 1, 2, \dots, k\}$, $\mu(t_l) \in [0; 1]$. Далі візьмемо за множину точок множину альтернатив X , а функцію належності позначимо через $\mu_A(x)$.

Поняття «точки задоволення», у даному контексті, і буде враховувати побажання інвестора [64]. Тоді, під поняттям «точки задоволення», будемо розуміти уявну альтернативу, в якій оцінки по експертах та міркувань інвестора могли б задовольняти інвестора.

Далі, визначимо наступні величини, які є відносною оцінкою близькості елементів таблиці 3.3.2 до відповідного елемента «точки задоволення»:

$$z_{lj} = 1 - \frac{|t_l - E_j^l|}{\max\{t_l - \min_j E_j^l; \max_j E_j^l - t_l\}}, \quad l = \overline{1, k}; j = \overline{1, n}. \quad (3.3.7)$$

Визначена таким чином матриця $Z = \{z_{lj}\}$ характеризує по стовпцях відносні оцінки близькості альтернативи x_j до «точки задоволення» T по кожній конкретній оцінці експерта і знімає питання різних шкал оцінювання.

Інвестор кожному експерту E^1, E^2, \dots, E^{k-1} і своїм міркуванням E^k задає вагові коефіцієнти $\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ із інтервалу $[0; a]$. Аналогічним чином,

визначаються нормовані вагові коефіцієнти: $\alpha_l = \frac{p_l}{\sum_{l=1}^k p_l}$, $l = \overline{1, k}$; $\sum_{l=1}^k \alpha_l = 1$.

Для ранжування інвестиційних проектів і прийняття інвестором остаточного рішення будемо користуватися однією із згорток (3.3.3)-(3.3.6), але замість елементів матриці O^l будемо ставити елементи утвореної матриці Z та нормовані ваги α_l . Наприклад, середня згортка буде мати наступний вигляд:

$$\mu_E^A(x_j) = \sum_{l=1}^k \alpha_l \cdot z_{lj}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (3.3.8)$$

Далі, побудуємо множину експертів та їх критерії оцінок інвестиційних проектів.

Нехай нам задано множину інвестиційних проектів, які необхідно проранжувати. Для цього запропонуємо множину експертів, міркування

інвестора, множину критеріїв, по яким будемо проводити оцінку та їх функції належності. Критерії формалізуємо за допомогою апарату нечіткої логіки у множину потужність, яка рівна одиниці.

Для оцінювання інвестиційного проекту можемо використати наступних експертів [85, 121]:

1. «проектний експерт» – здійснює аналіз рентабельності інвестиційного проекту;
2. «кредитний експерт» – виконує аналіз боргових зобов'язань;
3. «експерт по ризиках» – проводить аналіз ризику проектів.

Кожний з наведених експертів дає свою оцінку, крім того, інвестор також має свої міркування і критерії оцінки. Тоді можемо розглянути дворівневу ієрархічну схему інвестора, експертів та їх критерії (рис. 3.3.1).



Рис. 3.3.1. Дворівнева ієрархічна схема критеріїв інвестора та експертів

Тепер розглянемо більш докладно експертів та їх критерії.

Проектний експерт E^1 проводить аналіз за наступними критеріями.

1. Чиста приведена вартість проекту (NPV – Net Present Value) [105].

Чисту приведену вартість проекту будемо обчислювати за формулою:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+r)^k} + CF_0;$$

де CF_0 – початкова інвестиція; CF_k – потік платежів на k -вому кроці, або в k -вому періоді; r – ставка дисконтування, що відображає швидкість зміни вартості грошей по часу; n – визначається, як середнє простого терміну окупності розглядуваних інвестиційних проектів.

Результатом обчислення даної формули буде грошова вартість проекту. У даній формулі початкова інвестиція виражається, як власні кошти. У нашому випадку, ми повинні враховувати і вкладені кошти в інвестицію (також сюди можемо включити і відсотки, які нараховуються на вкладені кошти).

Нехай $I_1 = \frac{NPV}{IC}$, де IC – загальна вартість (інвестиційний бюджет)

проекту без урахування відсотків, тоді функцію належності для даного критерію будемо будувати, як s-подібну за формулою (2.6.2), наступним чином:

$$\mu(I_1; 0,2; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } I_1 \leq 0,2; \\ \frac{(5I_1 - 1)^2}{8}, & \text{якщо } 0,2 < I_1 \leq 0,6; \\ 1 - \frac{(5 - 5I_1)^2}{8}, & \text{якщо } 0,6 < I_1 < 1; \\ 1, & \text{якщо } I_1 \geq 1. \end{cases}$$

2. Простий термін окупності проекту (років).

Час, необхідний для покриття витрат на інвестиції (без урахування дисконтування).

Функцію належності для даного критерію будемо будувати як z-подібну:

$$\mu_z(I_2, a, b) = \begin{cases} 1, & I_2 \leq a \\ 1 - 2\left(\frac{I_2 - a}{b - a}\right)^2, & a < I_2 \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{b - I_2}{b - a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} < I_2 < b \\ 0, & I_2 \geq b \end{cases} \quad (3.3.9)$$

де a, b – числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: $a < b$, поставимо $a = \min_j O_{ij}, b = \max_j O_{ij}$. Так задана функція належності буде містити наступний зміст: чим менший термін окупності, тим функція належності буде прямувати до одиниці, а в протилежному випадку до нуля.

Як частковий варіант, термін окупності можемо розглядати на інтервалі [1;5] років, тоді функція належності буде наступною:

$$\mu(I_2; 1; 5) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } I_2 \leq 1; \\ 1 - \frac{(I_2 - 1)^2}{8}, & \text{якщо } 1 < I_2 \leq 3; \\ \frac{(5 - I_2)^2}{8}, & \text{якщо } 3 < I_2 < 5; \\ 0, & \text{якщо } I_2 \geq 5. \end{cases}$$

3. Співвідношення кредиту до вартості проекту (Loan To Cost (LTC)) [121].

Дане співвідношення визначимо формулою: $I_3 = \frac{Cs}{IC}$, де Cs – сума кредиту (основний борг). В даному випадку, під вартістю проекту розуміються сумарні витрати на проект. Зрозуміло, що критерій $I_3 \in (0;1]$. Тоді, z-подібна функція належності буде мати вигляд:

$$\mu(I_3; 0,2; 0,8) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } I_3 \leq 0,2; \\ 1 - \frac{2(5I_3 - 1)^2}{9}, & \text{якщо } 0,2 < I_3 \leq 0,5; \\ \frac{2(4 - 5I_3)^2}{9}, & \text{якщо } 0,5 < I_3 < 0,8; \\ 0, & \text{якщо } I_3 \geq 0,8. \end{cases}$$

4. Співвідношення кредиту до цінності проекту/об'єкту (Loan To Value (LTV)) [113].

Формула для обчислення даного критерію наступна: $I_4 = \frac{Cs}{VM}$, VM – ринкова вартість активу, майна, створюваного або такого, що придбався в

результаті проекту. Заповнюється підсумкова ринкова вартість об'єкту, коли проект буде завершений. У рамках цього критерію, під ринковою вартістю, розуміється оцінна вартість об'єкту, визначувана як найбільш вірогідна ціна, за яку він може бути проданий на відкритому ринку в умовах конкуренції. z-подібна функція належності тоді буде мати вигляд:

$$\mu(I_4; 0,3; 0,9) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } I_4 \leq 0,3; \\ 1 - \frac{(10I_4 - 3)^2}{18}, & \text{якщо } 0,3 < I_4 \leq 0,6; \\ \frac{(9 - 10I_4)^2}{18}, & \text{якщо } 0,6 < I_4 < 0,9; \\ 0, & \text{якщо } I_4 \geq 0,9. \end{cases}$$

5. Коефіцієнт власних засобів.

Формула для обчислення даного критерію наступна: $I_5 = \frac{O}{IC}$, де O – власні засоби, IC – загальна вартість (інвестиційний бюджет) проекту без урахування відсотків. Функцію належності для даного критерію будемо будувати як s-подібну за формулою (2.6.2) і її вигляд наступний:

$$\mu(I_5; 0,2; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } I_5 \leq 0,2; \\ \frac{(5I_5 - 1)^2}{8}, & \text{якщо } 0,2 < I_5 \leq 0,6; \\ 1 - \frac{(5 - 5I_5)^2}{8}, & \text{якщо } 0,6 < I_5 < 1; \\ 1, & \text{якщо } I_5 \geq 1. \end{cases}$$

Кредитний експерт E^2 має наступні критерії.

1. Співвідношення боргу і власних засобів.

Таке співвідношення визначимо формулою: $I_6 = \frac{C_s}{O}$. z-подібна функція належності наступна:

$$\mu(I_6; 0,5; 1,5) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } I_6 \leq 0,5; \\ 1 - \frac{(2I_6 - 1)^2}{2}, & \text{якщо } 0,5 < I_6 \leq 1; \\ \frac{(3 - 2I_6)^2}{2}, & \text{якщо } 1 < I_6 < 1,5; \\ 0, & \text{якщо } I_6 \geq 1,5. \end{cases}$$

В даному випадку, враховуються тільки ті позикові і власні засоби, які йдуть на фінансування проекту.

2. Коефіцієнт забезпеченості кредиту заставною масою.

Даний критерій обчислимо за формулою: $I_7 = \frac{Mv}{Cs}$, де Mv – заставна вартість забезпечення. Функцію належності будемо будувати як s-подібну і її вигляд наступний:

$$\mu(I_7; 0,8; 1,4) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } I_7 \leq 0,8; \\ \frac{(10I_7 - 8)^2}{18}, & \text{якщо } 0,8 < I_7 \leq 1,1; \\ 1 - \frac{(14 - 10I_7)^2}{18}, & \text{якщо } 1,1 < I_7 < 1,4; \\ 1, & \text{якщо } I_7 \geq 1,4. \end{cases}$$

Крім наведених трьох нових критеріїв, кредитний експерт використовує описані вище два критерії: LTC і LTV.

Експерт по ризиках E^3 здійснює оцінку по якісних показниках. Розглянемо множину якісних показників і шкали їх оцінювання.

1. Рівень операційних ризиків (помилки персоналу, збій ключових інформаційних систем, збій в роботі позичальників, форс-мажор) і технологічний ризик – I_8 .

[0,9; 1] – відсутні (операційні і технологічні ризики в проекті не існують);

[0,6; 0,9] – низький рівень (менеджмент передбачив можливі ризики і має план управління ними);

[0,4; 0,6] – середній рівень (менеджмент має перелік можливих ризиків, але заходи по управлінню ними не розроблені);

$(0; 0,4]$ – високий рівень (менеджмент не має уявлення про можливі ризики).

2. Маркетингові ризики (пов'язані зі збутом продукції, наданням послуг) – I_9 .

$[0,9; 1]$ – відсутній (маркетингові ризики відсутні або практично зведені до нуля, збут продукції гарантований укладеними контрактами або держзамовленням);

$[0,6; 0,9]$ – низький ризик (потенційний попит на продукцію/послуги оцінений як високий, частково ув'язнені контракти на реалізацію продукції);

$[0,4; 0,6]$ – середній ризик (потенційний попит на продукцію/послуги оцінений як середній, прогнозується підвищення попиту надалі, частково ув'язнені контракти на реалізацію продукції);

$(0; 0,4]$ – високий ризик (потенційний попит на продукцію/послуги може бути оцінений як низький, контракти на реалізацію продукції відсутні, підвищення попиту не прогнозується).

3. Проектні ризики (дорожчання проекту, порушення термінів, низька якість робіт) – I_{10} .

$[0,9; 1]$ – відсутній;

$[0,6; 0,9]$ – низький ризик;

$[0,4; 0,6]$ – середній ризик;

$(0; 0,4]$ – високий ризик.

Далі, розглянемо множину критеріїв, які інвестор E^4 вважає за доцільним додатково використати при оцінці інвестиційних проектів.

1. Характеристика ринку збуту – I_{11} :

$[0,7; 1]$ – нині спостерігається істотний ріст об'єму ринку збуту товарів/послуг;

$[0,4; 0,7]$ – нині об'єм ринку збуту товарів/послуг є стабільним;

$(0; 0,4]$ – нині об'єм ринку збуту товарів/послуг скорочується.

2. Рівень конкуренції на регіональному сегменті ринку – I_{12} :
- (0; 0,5] – висока конкуренція, агресивна політика конкурентів;
- [0,5; 0,8] – відносно висока конкуренція, агресивна політика декількох лідерів ринку;
- [0,8; 1] – низька конкуренція, можливість значного збільшення частки ринку.
3. Досвід менеджерів (власників) в реалізації подібних проектів (окрім поточного проекту) – I_{13} :
- [0,7; 1] – неодноразове виконання аналогічних проектів;
- [0,5; 0,7] – наявний досвід виконання одного проекту в цій області/ сфері;
- (0; 0,5] – менеджери не мають досвіду в реалізації проектів з нуля.
4. Ділова репутація компанії, власників і менеджерів вищої ланки – I_{14} :
- [0,7; 1] – відсутність даних про санкції, скандали, судові розгляди, відносно компанії або власників, і менеджерів вищої ланки;
- [0,5; 0,7] – наявність інформації про можливі санкції, скандали, судові розгляди відносно компанії або асоційованих з власниками і менеджерами вищої ланки, наслідки яких оцінюються як незначні, і не можуть вплинути на фінансовий результат;
- (0; 0,5] – наявність інформації про можливі санкції, скандали, судові розгляди відносно компанії або асоційованих з власниками і менеджерами вищої ланки, наслідки яких можуть істотно вплинути на фінансовий результат діяльності компанії.

До вище перерахованих критеріїв інвестора, можемо включати додаткові спеціальні критерії, які використовуються враховуючи специфіку галузі розгляду інвестиційних проектів. Наприклад, якщо розглядувані інвестиційні проекти представлені під випуск та реалізацію деякої продукції, тоді варто вводити показник оцінки якості цієї продукції. Далі розглянемо метод побудови таких критеріїв.

Наведемо критерій оцінки якості продукції, на прикладі видавничо-поліграфічної галузі.

Для побудови даного критерію використовуємо два показники: Z - ціна друку одиниці продукції; A - агрегована оцінка показників якості продукції. Тоді критерій оцінки якості продукції видавничо-поліграфічної галузі буде обчислюватись згідно формули:

$$K_{\text{якості}} = \frac{Z}{A}. \quad (3.3.10)$$

Агрегована оцінка показників якості продукції A представляє оцінку з інтервалу $[0; 1]$, яка будується по множині показників, що описують якість виготовленої продукції. Оцінки даних показників можуть отримуватись експертним шляхом, використовуючи терм множини. У видавничо-поліграфічній галузі такі якісні показники можуть бути наступні:

1. A_1 - якість паперу (жорсткість паперового полотна, відносна густина паперу, білизна та непрозорість паперу);
2. A_2 - якість друку (контрастність шрифту, оптична щільність плашки);
3. A_3 - якість ілюстрацій (кольороподілу, виразність кольору, контраст зображень на відбитку);
4. A_4 - якість обкладинки (матеріал, оздоблення, скріплення).

Кожен показник може визначатися одним із наступних лінгвістичних термів, який експертом переводиться у кількісну оцінку, наприклад: висока якість – $[1; 0,7]$; середня якість – $(0,7; 0,4]$; низька якість – $(0,4; 0]$.

По кожному проекту в межах чотирьох показників обчислюється якість поліграфічної продукції.

Далі визначається агрегована оцінка показників якості продукції за формулою:

$$A = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4}.$$

Функцію належності для даного критерію будемо будувати як z-подібну:

$$\mu_z(K_{\text{якості}}, a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} 1, & K_{\text{якості}} \leq a \\ 1 - 2 \left(\frac{K_{\text{якості}} - a}{b - a} \right)^2, & a < K_{\text{якості}} \leq \frac{a + b}{2} \\ 2 \left(\frac{b - K_{\text{якості}}}{b - a} \right)^2, & \frac{a + b}{2} < K_{\text{якості}} < b \\ 0, & K_{\text{якості}} \geq b \end{array} \right\}, \quad (3.3.11)$$

де a, b – числові параметри, що можуть приймати критерії оцінки і впорядковані співвідношенням: $a < b$, поставимо $a = \min\{K_{\text{якості}}\}$, $b = \max\{K_{\text{якості}}\}$. Так задана функція належності буде містити наступний зміст: чим менша ціна друку одиниці продукції, а її якість висока, тим функція належності буде прямувати до одиниці, а в протилежному випадку до нуля.

Таким чином, результатом проведеного наукового дослідження є метод оцінювання інвестиційних проектів, що базується на випадках, коли існує невпевненість експерта у своїх висновках. А обґрунтованість у прийнятті рішень, щодо вибору інвестиційного проекту, дозволить знизити інвестиційний ризик.

Метод оцінювання інвестиційних проектів може застосовуватись для різних інвестиціо-фінансових установ, які мають можливість формувати групу своїх експертів, критеріальну множину, будь-коли доповнити її, визначати важливості критеріїв та встановлювати власні рівні («точку задоволення») щодо прийняття рішення.

Приклад 3.3.1.

Дослідимо чотири інвестиційні проекти $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, які потрібно оцінити та визначити серед них найкращий. Вхідні оцінки розглянемо за таблицею 3.3.3.

Наступний крок побудуємо оцінки для експертів E^1, E^2, E^3 , та міркування інвестора E^4 . Для цього спочатку за вхідними даними обчислимо кількісні критерії для експертів E^1, E^2 , результат запишемо у таблицю 3.3.4.

Таблиця 3.3.3.

Вхідні оцінки по проектах

	Вхідні параметри	x_1	x_2	x_3	x_4
A_1	CF_0 - початкова інвестиція (тис.)	300	1000	500	850
A_2	r - ставка дисконтування	0,1	0,1	0,1	0,1
A_3	Простий термін окупності проекту (роки)	2	3	4	3
A_4	Cs - сума кредиту (основний борг) (тис.)	100	800	300	350
A_5	IC - загальна вартість (інвестиційний бюджет) проекту без урахування відсотків (тис.)	300	1000	500	850
A_6	VM - ринкова вартість активу, майна, створюваного або такого, що придбався в результаті проекту (тис.)	200	1500	700	900
A_7	O - власні засоби (тис.)	200	200	200	500
A_8	Mv - заставна вартість забезпечення (тис.)	150	900	600	400

Таблиця 3.3.4.

Оцінки кількісних критеріїв для експерта E^1, E^2

E^1	x_1	x_2	x_3	x_4	E^2	x_1	x_2	x_3	x_4
$I_1, n=3$	0,66	0,12	0,24	0,32	I_6	0,5	4	1,5	0,7
I_2	2	3	4	3	I_7	1,5	1,13	2	1,14
I_3	0,33	0,8	0,6	0,41	I_3	0,33	0,8	0,6	0,41
I_4	0,5	0,53	0,43	0,39	I_4	0,5	0,53	0,43	0,39
I_5	0,67	0,2	0,4	0,59					

На наступному кроці визначимо оцінки проектів по експертах.

Проектний експерт E^1 . Важливість своїх критеріїв оцінив наступною множиною $\{10, 10, 9, 8, 7\}$. Тоді за формулою (3.3.2) визначаємо нормовані вагові коефіцієнти - $\{0,23; 0,23; 0,20; 0,18; 0,16\}$. Обчислюємо функції належності для критеріїв експерта E^1 , результат запишемо у таблицю 3.3.5.

Таблиця 3.3.5.

Значення функції належності критеріїв для експерта E^1

E^1	x_1	x_2	x_3	x_4
$\mu(I_1)$	0,64	0	0,01	0,05
$\mu(I_2)$	0,88	0,5	0,13	0,5
$\mu(I_3)$	0,9	0	0,22	0,76
$\mu(I_4)$	0,78	0,7	0,93	0,96
$\mu(I_5)$	0,66	0	0,13	0,48

Далі, за середньою згорткою (3.3.5) визначаємо оцінки $E_1^1, E_2^1, E_3^1, E_4^1$, $E^1 = (0,78; 0,24; 0,27; 0,53)$.

Кредитний експерт E^2 . Експерт важливість своїх критеріїв оцінив наступною множиною $\{6, 7, 9, 8\}$. За формулою (3.3.2) визначаємо нормовані вагові коефіцієнти - $\{0,20; 0,23; 0,30; 0,27\}$. Обчислюємо функції належності для критеріїв експерта E^2 , результат запишемо у таблицю 3.3.6.

Таблиця 3.3.6.

Значення функції належності критеріїв для експерта E^2

E^2	x_1	x_2	x_3	x_4
$\mu(I_6)$	1	0	0	0,92
$\mu(I_7)$	1	0,6	1	0,63
$\mu(I_3)$	0,9	0	0,22	0,76
$\mu(I_4)$	0,78	0,7	0,93	0,96

За середньою згорткою (3.3.5) визначаємо оцінки $E_1^2, E_2^2, E_3^2, E_4^2$, тобто $E^2 = (0,91; 0,33; 0,55; 0,82)$.

Експерт по ризиках E^3 важливість своїх критеріїв оцінив – $\{6, 8, 10\}$, та відповідні нормовані вагові коефіцієнти – $\{0,25; 0,33; 0,42\}$. Експерт E^3 шкали критеріїв визначив наступні, таблиця 3.3.7.

Таблиця 3.3.7.

Шкали критеріїв для експерта E^3

E^3	x_1	x_2	x_3	x_4
$\mu(I_8)$	0,45	0,5	0,6	0,9
$\mu(I_9)$	0,7	0,5	0,8	0,8
$\mu(I_{10})$	0,5	0,4	0,6	0,7

Оцінка за формулою (3.3.5) наступна – $E^3 = (0,55; 0,46; 0,67; 0,78)$.

Інвестор E^4 важливість своїх критеріїв оцінив множиною – $\{5, 6, 7, 8\}$, тоді відповідні нормовані вагові коефіцієнти – $\{0,19; 0,23; 0,27; 0,31\}$. Міркування інвестора E^4 наступні, таблиця 3.3.8.

Таблиця 3.3.8.

Міркування інвестора E^4

E^4	x_1	x_2	x_3	x_4
$\mu(I_{11})$	0,5	0,3	0,4	0,7
$\mu(I_{12})$	0,8	1	0,5	0,6
$\mu(I_{13})$	0,3	1	0,7	0,6
$\mu(I_{14})$	0,6	0,4	0,7	0,9

За середньою згорткою (3.3.5) визначаємо оцінки $E_1^4, E_2^4, E_3^4, E_4^4$, тоді $E^4 = (0,55; 0,68; 0,60; 0,71)$.

Далі переходимо до етапу прийняття рішення інвестором.

Вагомість експертів та свої міркування інвестор оцінив у числах із інтервалу $[0,10]$ відповідно: $\{9, 8, 9, 7\}$. Аналогічно шукаємо нормовані вагові коефіцієнти $\alpha_l, l=1,2,3,4 - \{0,27; 0,24; 0,27; 0,21\}$. «Точку задоволення» інвестор задав наступну: $\{0,79; 0,82; 0,83; 0,73\}$. Запишемо таблицю, яка складається із оцінок експертів E^1, E^2, E^3 , міркування інвестора E^4 , «точки задоволення» та нормованих вагових коефіцієнтів, таблиця 3.3.9.

Таблиця 3.3.9.

Агреговані оцінки експертів та інвесторів

	x_1	x_2	x_3	x_4	T	α_i
E^1	0,78	0,24	0,27	0,53	0,79	0,27
E^2	0,91	0,33	0,55	0,82	0,82	0,24
E^3	0,55	0,46	0,67	0,78	0,83	0,27
E^4	0,55	0,68	0,60	0,71	0,73	0,21

Обчислимо величини за допомогою формули (3.3.7) і результат запишемо у вигляді матриці Z :

$$Z = \begin{pmatrix} 0,98 & 0,00 & 0,05 & 0,53 \\ 0,82 & 0,00 & 0,45 & 1,00 \\ 0,24 & 0,00 & 0,57 & 0,86 \\ 0,00 & 0,72 & 0,28 & 0,89 \end{pmatrix}.$$

Для прийняття рішення, щодо найкращого інвестиційного проекту можемо вибрати середню згортку, яку обчислимо за допомогою формули (3.3.8): $\mu_E^4(x_1) = 0,5320$; $\mu_E^4(x_2) = 0,1532$; $\mu_E^4(x_3) = 0,3374$; $\mu_E^4(x_4) = 0,8107$.

Тоді, інвестиційні проекти проаранжуються: x_4, x_1, x_3, x_2 . Звідси можемо зробити висновок, що найкращий проект буде x_4 , тобто найменш ризиковий.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ТА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Із значним збільшенням обсягу інформації відбувається розповсюдження інформаційних технологій в різні галузі науки та техніки. При значних масштабах діяльності банківських установ постають проблеми забезпеченості оперативною і достатньою інформацією, а також новими методами її обробки. Рішення, які сьогодні потрібно прийняти у кредитних установах, не можуть бути отримані без застосування комп'ютерної техніки, інформаційних технологій та методів теорії прийняття рішень. В умовах ринку, швидкість та якість обробки експертної інформації відіграє значну роль в прийнятті кредитних рішень.

Для покращення обґрунтованості у прийнятті кредитних рішень, усунення суб'єктивізму експертів, можливості неупередженої обробки інформації та адекватного прийняття рішень, необхідно створювати нові моделі обробки інформації.

В таких умовах постає актуальна задача побудови інформаційно-аналітичної системи (ІАС) та її програмного забезпечення (ПЗ) підтримки прийняття рішень оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів [58].

В четвертому розділі розглянемо принципи розробки ІАС оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів, її програмне забезпечення, структуру, типи задач та методи їх розв'язання. На завершення проведемо експериментальну верифікацію розроблених методів оцінювання кредитоспроможності підприємств на реальних даних.

4.1. Принципи розробки інформаційно-аналітичної системи

Побудова ІАС оцінювання кредитоспроможності підприємств та якості інвестиційних проектів постає актуальною задачею у період обмеженості ресурсів, розвитку інформаційних технологій і глобалізації. Для ОПР та експертів стає важливим питанням, як автоматизувати все більше рішень, які рішення мають бути зроблені людьми і, які можуть бути комп'ютеризовані. Швидкодія обробки інформації і прийняття кредитних рішень тісно пов'язується із продуктивністю організації. У автоматизованих ІАС приймати рішення можна швидше, обґрунтованіше і для великої кількості даних різної природи [95].

ІАС оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів повинна враховувати побажання інвестора, знижувати суб'єктивний людський фактор у прийнятті рішень при видачі кредитів.

Кожен банк, розпоряджуючи своїми коштами, будує внутрішню методикау для визначення кредитоспроможності підприємств. Розробимо інформаційно-аналітичну систему та її ПЗ, яке може бути впроваджене у фінансові установи і призначена для автоматизованого прийняття рішень, щодо визначення кредитного рейтингу підприємств, оцінювання та вибору підприємств для надання кредиту чи інвестиційних проектів.

Головною особливістю інформаційних технологій підтримки прийняття рішення є якісно новий підхід до організації взаємодії людини і комп'ютера. Основною ціллю таких інформаційних технологій є вироблення рішень, що відбуваються в результаті ітераційного процесу, в якому беруть участь система підтримки прийняття рішень у ролі обчислювальної машини і людина, як управляюча ланка, що оцінює вироблені рішення.

Слід відмітити, що інформаційні технології підтримки прийняття рішень повинні відповідати особливим характеристикам:

- орієнтація на розв'язання погано структурованих задач;

- використання можливості сполучати традиційні методи доступу і обробки даних з математичними моделями і методами розв'язання задач;
- орієнтація на непрофесійного користувача комп'ютером.

ІАС повинна відповідати принципам, які були сформульовані академіком В. М. Глушковим [21]. Вони стали основою принципів побудов автоматизованих систем управління, закріплених державним стандартом, серед яких виділяють наступні принципи: системності, розвитку, сумісності, стандартизації, уніфікації та ефективності. Дотримання принципу системності передбачає побудову системи з добре налагодженими інформаційними зв'язками між її складовими частинами. Такий принцип полягає в основі формування варіанту структури і забезпечення хорошої ефективності її роботи. Розвиток полягає у можливості здійснювати розширення функцій системи, а ефективність – у доцільному співвідношенні витрат на створення і результатом функціонування системи. Сумісність та стандартизація дозволяє здійснення ефективної взаємодії різних ІАС при розв'язанні комплексних задач [9].

ІАС кредитоспроможності підприємств повинна відповідати вимогам НБУ, а саме Положенню про порядок формування та використання банками України резервів для відшкодування можливих втрат за активними банківськими операціями [86]. Згідно положення, існує множина показників, які банки повинні включати для оцінки платоспроможності суб'єктів. Для уніфікованої оцінки НБУ було розроблено багатofакторну дискримінантну модель для розрахунку інтегрального показника фінансового стану суб'єкта господарювання. Кредитні установи повинні присвоювати не нищу категорію якості оцінки суб'єкта господарювання, що отримується на основі даної моделі.

Переважає більшість фінансових установ є комерційними, самостійно розпоряджаючись власним капіталом та ризиками. Тоді постає актуальна задача розроблення власних методів ІАС та її ПЗ для прийняття кредитних рішень, що уможливить зменшити ризики в активних операціях. Такі ІАС можуть працювати паралельно з нормативними методиками, але їх рішення будуть ключовими. Нормативні, в свою чергу, використовуються для підтвердження

можливості видачі кредиту та щорічної переоцінки категорії якості при нарахуванні банківських резервів.

Ще одним важливим аспектом розробки ІАС оцінювання кредитоспроможності підприємств є вхідні дані. Оскільки, джерелами інформації вхідних даних є офіційна фінансова звітність [89], то можливість введення вхідної інформації у ІАС має бути представлена в уніфікованій, зрозумілій та зручній для експерта формі. Це дасть можливість швидкого введення необхідних частин балансу із паперового носія у електронну форму.

Побудована ІАС по оцінюванні кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів, на відміну від нормативних методик, включає значно більший спектр показників та інструментів прийняття рішень, які мають можливість працювати в умовах невизначеності. Розроблені методи багатокритеріального вибору підприємств для надання кредиту та відсіву непотрібних інвестиційних проектів – новий ідейний інструмент для використання українськими банками. Зміна рівнів прийняття рішень дозволить ІАС бути гнучким інструментом у кон'юнктурі ринку [79].

4.2. Структуризація складових частин інформаційно-аналітичної системи

Основні компоненти інформаційної системи по оцінюванню кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів зображені на рис. 4.2.1.

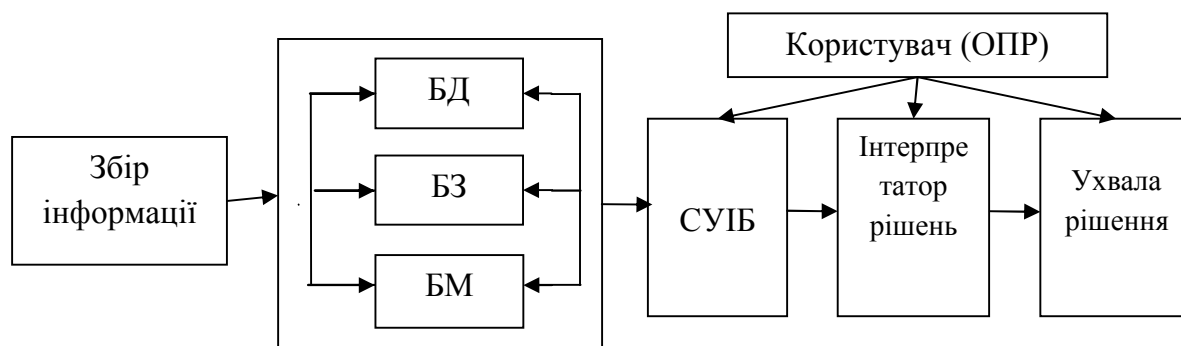


Рис. 4.2.1. Основні компоненти інформаційно-аналітичної системи

Збір інформації включає збір даних фінансової звітності та знань про критерії оцінки та їх важливість. Оброблені дані заносяться у базу даних, а оброблена інформація від експертів у базу знань.

База даних (БД) – містить дані фінансової звітності та параметри налаштування моделей.

База знань (БЗ) – містить факти, які описують проблемну область, а також їх логічний взаємозв'язок.

База моделей (БМ) – містить моделі, які описують задачі та відповідні критерії оцінок.

Програмна система управління інформаційними базами (СУІБ) – це унікальний програмний продукт, який адаптований під розв'язання конкретних задач. Основним його завданням є обробка даних і знань за допомогою моделей і методів для вироблення рішення відповідної проблеми.

Інтерпретатор рішень – це частина програмної системи, яка разом з ОПР, проводить обробку інформації над обчисленим варіантом рішення з подальшим представленням його у вигляді варіанту вирішення проблеми.

Структурна схема інформаційно-аналітичної системи оцінювання інвестиційних проектів і кредитоспроможності суб'єктів підприємництва подана на рис. 4.2.2. На схемі зображено послідовність оцінювання по типах задач та методів їх розв'язання.

Розроблено програмне забезпечення, на мові програмування «C Sharp», для інформаційно-аналітичної системи оцінювання інвестиційних проектів і кредитоспроможності суб'єктів підприємництва, що може розв'язати наступні задачі:

1. оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємств;
2. оцінювання і вибір підприємств для надання кредиту;
3. оцінювання та вибір інвестиційних проектів.

Програмне забезпечення побудоване наступним чином. ОПР та інвестор мають можливість проводити налаштування розв'язання задач для кожного методу. Аналітики (експерти, користувачі ПЗ) в залежності від поставленої

задачі, мають можливість вибирати методи оцінювання. Після введення необхідної інформації з фінансової звітності підприємств, чи даних по інвестиційних проектах, ПЗ проводить обчислення згідно вибраного методу. ОПР чи інвестор отримує інформацію про результати обчислення, на основі неї приймає рішення. Результати обчислень зберігаються у вигляді звіту.

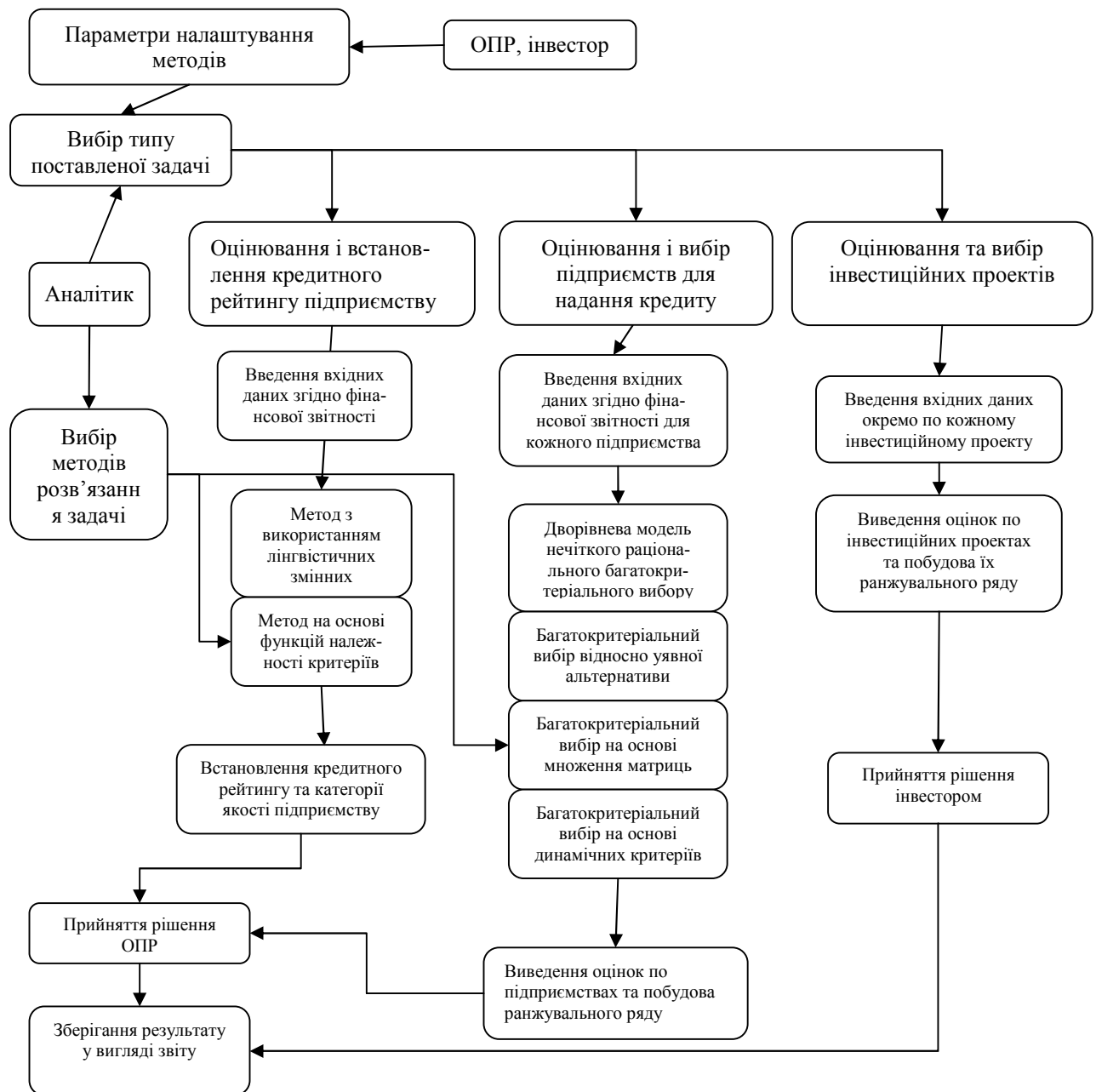


Рис. 4.2.2. Структурна схема інформаційно-аналітичної системи

Далі розглянемо, більш-докладно, для кожного типу задач та їх методів розв'язання можливості налаштування ПЗ та вхідну інформацію, що потрібно ввести для обчислення.

Для першого типу задач у ПЗ вводиться інформація, на основі якої виводиться оцінка та рейтинг кредитоспроможності підприємства. У другому типі, серед введеної множини підприємств, будується їх ранжувальний ряд на основі оцінок і вибирається найоптимальніше для надання кредиту. Аналогічний ранжувальний ряд будується для вибору інвестиційних проектів, застосовуючи третій тип задач. Розв'язання цих типів задач базується на використанні моделі багатокритеріального вибору з ієрархічною структурою.

Вхідні дані (рис. 4.2.3) по перших двох типах задач однакові і базуються на фінансовій звітності підприємств, періоду кредитування, суми запитуваного і повернутого кредиту. Користувач, у базі даних, має можливість обирати критерії оцінювання із загальної кількості 30, які об'єднані по восьми категоріях (розділ 2). Для методу вибору підприємств для надання кредиту на основі динамічних критеріїв вибрано множини тих критеріїв, по яким можна прослідкувати динаміку, їх загальна кількість 12.

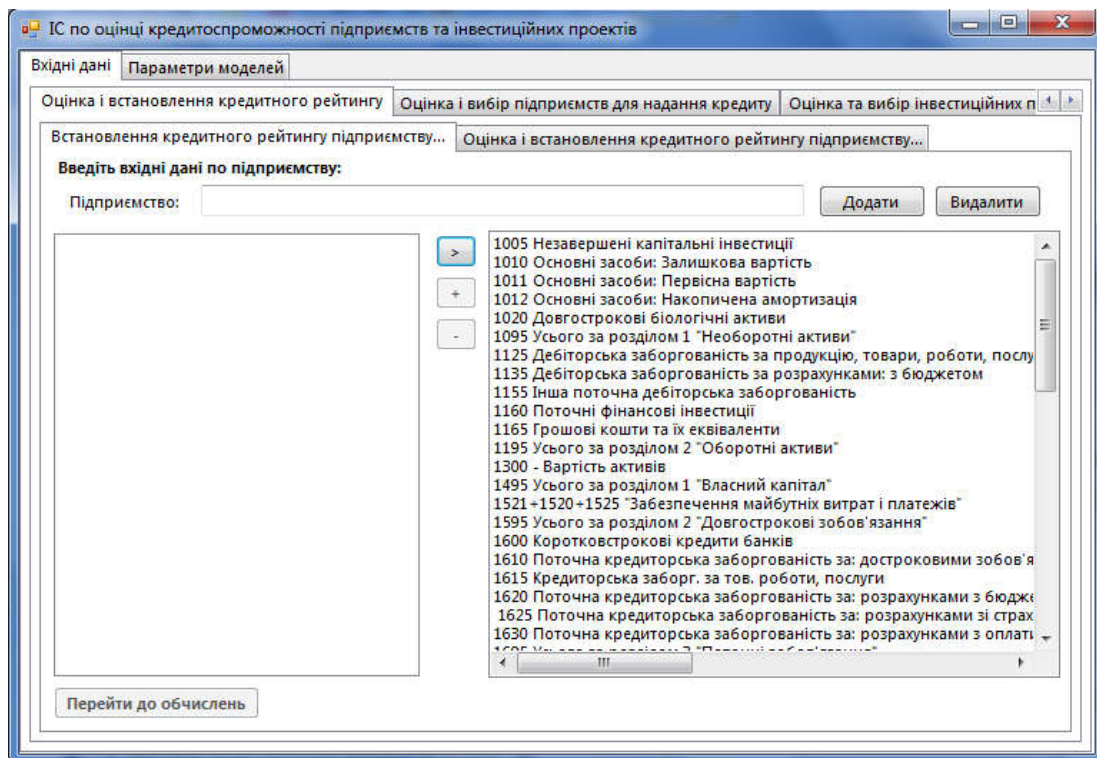


Рис. 4.2.3. Вхідні дані

Далі, більш-докладно, розглянемо кожен із типів задач і методи, які дозволяють їх розв'язувати.

Для оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємству, користувач має можливість обрати між двома методами:

1. встановлення кредитного рейтингу з використання лінгвістичних змінних;
2. оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємств на основі функцій належності критеріїв.

У методі встановлення кредитного рейтингу з використання лінгвістичних змінних всі критерії, експерт, у налаштуваннях програми, поділяє на групи впливу: дуже важливу, важливу і менш важливу. Для оцінювання всіх показників, що характеризують фінансовий стан підприємства, сформульовано наступні терми: $ДН$ – дуже низький рівень показника, $Н$ – низький рівень показника, $С$ – середній рівень та $В$ – високий рівень показника. Терм-множина вхідної змінної має вигляд – $A_i = (ДН, Н, С, В)$, $i = \overline{1,30}$. Отже, на основі фінансових звітів обчислюються критерії оцінки, які переводяться у терм-множину A .

Рішення, щодо встановлення кредитного рейтингу або національної категорії якості відбувається на основі бази знань, яку у налаштуваннях ПЗ можна коригувати. Ідея використання бази знань полягає у включенні підприємства до того чи іншого рейтингу по набраним кількостям критеріїв, які переведені у терм-множину по кожній групі важливості. ПЗ виводить кредитний рейтинг підприємству, порівнюючи дані з лінгвістичними правилами, які входять до бази знань.

При встановленні кредитного рейтингу підприємству на основі функцій належності критеріїв використовується апарат нечітких множин. Для розкриття невизначеності і формалізації якісної інформації, побудовано функції належності для кожного критерію. По вхідним даним підприємства обчислюються критерії та їх функції належності. Для кожного критерію експерт у налаштуваннях повинен проставити оцінку важливості з інтервалу

[0;100]. Після введення даних, користувачу пропонується обчислити критерії або одразу вивести оцінку та рівень кредитоспроможності.

Рівні прийняття рішень експерт може змінювати у налаштуваннях, шляхом введення нижньої і верхньої межі оцінки з інтервалу [0;1] для міжнародного рейтингу чи національної категорії якості класифікації активів.

Для другого типу задач оцінювання і вибору підприємств для надання кредиту, користувач має можливість обрати між чотирма методами:

1. дворівнева модель нечіткого раціонального багатокритеріального вибору підприємств;
2. багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту відносно уявної альтернативи;
3. багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту на основі множення матриць;
4. багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту на основі динамічних критеріїв.

Результатом для всіх методів є оцінки підприємств та на їх основі побудований ранжувальний ряд.

Дворівнева модель нечіткого раціонального багатокритеріального вибору підприємств характеризується тим, що для кожного критерію задається значення «точки задоволення», яке задовольняє експерта. Множину всіх критеріїв $K = \{K_1, K_2, \dots, K_{30}\}$ експерт розбиває на підмножини K'' за означенням нечіткої множини $A = \{A_1, A_2, A_3\}$:

- $A_1 = \{\text{Краще, відносно "точки задоволення"}\}$;
- $A_2 = \{\text{Близько до "точки задоволення"}\}$;
- $A_3 = \{\text{Гірше, відносно "точки задоволення"}\}$.

Тоді, множина критеріїв K' розіб'ється на підмножини K'' за означенням нечіткої множини $K' = \{K_1'', K_2'', K_3''\}$, де K_1'' – множина критеріїв, значення яких краще, відносно «точки задоволення», тобто описує нечітку множину A_1 ;

K_2'' – множина критеріїв, значення яких близькі до “точки задоволення”; K_3'' – множина критеріїв, значення яких можуть бути гіршими, відносно “точки задоволення”.

Отже, у налаштуванні моделі вказується значення «точки задоволення» по критеріях та вказується, до якої нечіткої множини відноситься той чи інший критерій. Після введення вхідних даних для групи підприємств обчислюються критерії, значення їх функцій належності першого і другого рівня та функції належності для «точки задоволення». Оцінка підприємству встановлюється на основі суми значень функцій належності другого рівня. Результатом роботи ПЗ буде побудований ранжувальний ряд підприємств, який задовольняє вимоги експерта і розкриває його побажання, щодо фінансової діяльності підприємств.

Багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту, відносно уявної альтернативи, базується на виборі підприємства, яке найближче підходить по своїх критеріях до деякого уявного підприємства, що розкриває побажання експерта. Прийняття рішень про вибір позичальників проводиться на основі значень функцій належності, яка є згорткою функцій належності нечітких множин, що відповідають критеріям, за якими вони оцінюються. Експерт вибирає критерії по яким буде проводити оцінку, вводить значення важливості з інтервалу $[0; 100]$ та значення «точки задоволення» по всім критеріям. Крім того, для прийняття рішення у налаштуваннях можна вибрати згортку, по якій виводиться остаточна оцінка. Згортка характеризує психосоматичний настрій експерта і її можна обрати одну із таких видів: песимістична, обережна, середня та оптимістична. Аналогічно попередньому методу, результатом роботи програми буде побудований ранжувальний ряд підприємств.

Багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту на основі множення матриць – це метод, який сам визначає оцінки важливості критеріїв відносно множини розглядуваних підприємств. У налаштуваннях потрібно тільки вказати, по яких критеріях потрібно проводити обчислення. Після введення інформації з фінансових звітів по множині розглядуваних

підприємств, інформаційна система будує ранжувальний ряд підприємств і виводить їх оцінки.

Багатокритеріальний вибір підприємства для надання кредиту на основі динамічних критеріїв – це метод, що прогнозує критеріальні оцінки на майбутні періоди та визначає їх темпи рівнів зростання. Використання даного методу можливо, коли серед множини критеріїв ефективності є критерії, для яких існують їх динамічні спостереження. У налаштуваннях потрібно вибрати, на який період будемо прогнозувати, на основі нього буде обиратися метод обчислення, ввести початковий рік прогнозування, вказати, по яких критеріях потрібно проводити обчислення, ввести оцінку важливості та «точку задоволення» критеріїв. Після введення інформації з фінансових звітів по множині розглядуваних підприємств та періодів, інформаційна система будує ранжувальний ряд підприємств і виводить їх оцінки.

Оцінювання та вибір інвестиційних проектів – це метод, який дасть змогу проранжувати інвестиційні проекти в залежності від цілі інвестора. Дана модель враховує фактори невизначеності у прийнятті рішень, базується на ієрархічній структурі та враховує побажання інвесторів на заключному етапі вибору. Інформаційна система використовує три типи інформаційних елементів: множину експертів, міркування інвестора та множину критеріїв, по яким будуються оцінки з їх функціями належності.

Для оцінювання інвестиційного проекту використовуємо наступних експертів:

4. «проектний експерт» – здійснює аналіз рентабельності інвестиційного проекту;
5. «кредитний експерт» – виконує аналіз боргових зобов'язань;
6. «експерт по ризиках» – проводить аналіз ризику проектів.

Кожний з наведених експертів дає свою оцінку, крім того інвестор також має свої міркування і критерії оцінки.

У налаштуваннях (рис. 4.2.4) для кожного критерію необхідно ввести ваги, проставити важливість міркувань учасників та ввести «точку

задоволення» для кожного експерта та інвестора, обрати згортку для оцінки проектів по кожному учаснику, а також згортку для остаточного прийняття рішення.

Інвестор - E0		Проектний експерт - E1		Кредитний експерт - E2		Експерт по ризиках - E3	
Критерії	Ваги	Критерії	Ваги	Критерії	Ваги	Критерії	Ваги
Характеристика ринку збуту - K11	50	Чиста приведена вартість проекту (NPV) - K1	100	Співвідношення боргу і власних засобів - K6	60	Рівень операційних ризиків і технологічний ризик - K8	60
Рівень конкуренції на регіональному сегменті ринку - K12	60	Простий термін окупності проекту - K2	100	Коефіцієнт забезпеченості кредиту заставною масою - K7	70	Маркетингові ризики - K9	80
Досвід менеджерів в реалізації подібних проектів - K13	70	Співвідношення кредиту до вартості проекту (LTC) - K3	90	Співвідношення кредиту до вартості проекту (LTC) - K3	90	Проектні ризики - K10	100
Ділова репутація компанії, власників і менеджерів вищої ланки - K14	80	Співвідношення кредиту до цінності проекту (LTV) - K4	80	Співвідношення кредиту до цінності проекту (LTV) - K4	80		
		Коефіцієнт власних засобів - K5	70				
Вага для E0	10	Вага для E1	10	Вага для E2	10	Вага для E3	10
"точка задоволення"	0,73	"точка задоволення"	0,79	"точка задоволення"	0,82	"точка задоволення"	0,83
Згортка для E0	Середня	Згортка для E1	Середня	Згортка для E2	Середня	Згортка для E3	Середня

Згортка для остаточного прийняття рішення:

Рис. 4.2.4. Параметри моделі оцінювання інвестиційних проектів

Метод оцінювання інвестиційних проектів базується на таких вхідних даних, наприклад, як: початкова інвестиція, термін окупності проекту, загальна вартість (інвестиційний бюджет), власні засоби та інші. Крім кількісної інформації користувач повинен оцінити і ввести якісну інформацію по інвестиційним проектам таку, як: рівень операційних ризиків, маркетингові ризики, рівень конкуренції, досвід менеджерів та інші. Після введення необхідної інформації по інвестиційних проектах інтерпретатор обраховує остаточні оцінки для побудови ранжувального ряду. Виходом даного методу буде побудований ранжувальний ряд інвестиційних проектів.

Побудована інформаційно-аналітична система може використовуватись у різних фінансових установах. Завдяки можливості індивідуального налаштування програми на всіх етапах багатокритеріального вибору критеріїв та концепції прийняття рішень, дана програмна система забезпечує

конфіденційність внутрішньої політики фінансових установ. Від можливостей фінансових установ та економічної ситуації, у системі можна змінювати рівні прийняття рішень. Інформаційно-аналітична система розкриває невизначеність аналітиків у своїх судженнях і підвищує об'єктивність оцінюваного суб'єкта.

Отже, програмна система має високу адаптивну здатність у різні фінансові установи та добре пристосована до кон'юнктури ринку.

4.3. Експериментальна верифікація нечітких моделей і методів оцінювання кредитоспроможності підприємств

Для перевірки адекватності запропонованих методів оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємств порівнюємо результати з тестовими скоринговими нормативними підходами – моделлю багатофакторного дискримінантного аналізу для розрахунку інтегрального показника фінансового стану суб'єкта господарювання [101], моделлю прогнозування банкрутства підприємства за універсальною дискримінаційною функцією [68], моделлю Альтмана [98], моделлю Давидової-Белікова [24] і моделями запропонованими в монографії.

При визначенні кредитоспроможності підприємств можливі два види помилок. Помилки першого роду виникають у випадках, коли підприємство потенційний банкрут отримує кредит, відповідний ризик носить назву «кредитного» і представляє прямі втрати банку-кредитора [35]. Помилка другого роду виникає тоді, коли підприємству з хорошим фінансовим станом відмовляють у кредиті. Відповідний ризик називається «комерційним» і являє собою упущену вигоду банків-кредиторів. В даний час існує декілька загально визнаних класичних методів і методик оцінки кредитоспроможності позичальників юридичних осіб. Найбільш відомою і загальноприйнятою є скорингова модель, заснована на оцінці фінансового стану позичальників та оцінці ймовірності банкрутства.

Визначимо кредитоспроможність та фінансовий стан підприємства за нормативними методами на прикладі «Підприємство 1» з видом діяльності – інші види оптової торгівлі. Підприємство класифіковане банком-кредитором, як підприємство з високим кредитним рейтингом. Банк надав кредит, який повернуто вчасно без жодного дня прострочення.

Скористаємося нормативною моделлю, яку було побудовано Національним банком України – багатофакторну дискримінантну модель для розрахунку інтегрального показника фінансового стану суб'єкта господарювання. Інтегральний показник вибираємо відносно величини підприємства та виду економічної діяльності.

Фактори, що впливають на інтегральний показник наступні: покриття поточних зобов'язань оборотними активами; ступінь залежності підприємства від позичкових джерел фінансування; покриття необоротних активів власним капіталом; оборотність кредиторської заборгованості; рентабельність продажу за фінансовими результатами від операційної діяльності; рентабельність продажу за фінансовими результатами до оподаткування; рентабельність активів за чистим прибутком; оборотність оборотних активів.

Підставляючи фінансові результати «Підприємство 1» у формулу моделі отримаємо:

$$I = 0,03 \cdot 1,31 + 1,85 \cdot 0,25 + 0,004 \cdot 17,49 + 0,001 \cdot 4,18 + \\ + 0,1 \cdot 0,12 + 0,2 \cdot 0,01 + 2,2 \cdot 0,01 + 0,009 \cdot 1,43 - 0,35 = 0,27.$$

Порівнюючи отриманий результат оцінки із таблицею визначення класу боржника, на підставі значення інтегрального показника [86] маємо, що «Підприємство 1» відноситься до четвертого класу, а це свідчить про високу кредитоспроможність та помірний ризик.

Розглянемо модель прогнозування банкрутства підприємства за універсальною дискримінаційною функцією, із наступними показниками: співвідношення грошового потоку і зобов'язань; співвідношення активів і зобов'язань; співвідношення прибутку і активів; співвідношення прибутку і

виручки; співвідношення виробничих запасів і виручки; співвідношення виручки і активів.

Підставляючи фінансові результати «Підприємство 1» у формулу моделі отримуємо:

$$Z = 1,5 \cdot \frac{6,2}{199,2} + 0,08 \cdot \frac{4135,1}{199,2} + 10 \cdot \frac{36,8}{4135,1} + 5 \cdot \frac{36,8}{3590,6} + 0,3 \cdot \frac{19,6}{3590,6} + 0,1 \cdot \frac{3590,6}{4135,1} = 1,936.$$

Якщо $Z > 2$ – підприємство є стійким, загрози банкрутства не має; якщо $1 < Z \leq 2$ – стійкість фінансового стану хитлива, проте, за умов антикризового управління, банкрутства можна уникнути; якщо $0 < Z \leq 1$ – підприємство може збанкрутіти, якщо не проведе санаційні заходи; якщо $Z \leq 0$ – підприємство є напівбанкрутом.

Розрахункове значення (1,936) попадає в проміжок $1 < Z \leq 2$, що свідчить про порушену фінансову стійкість.

Далі, підставимо фінансові результати «Підприємство 1» у п'ятифакторну модель Е. Альтмана для невеликих суб'єктів:

$$Z = 0,717 \cdot 0,99 + 0,847 \cdot 0,15 + 3,107 \cdot 0,01 + 0,42 \cdot 0,8 + 0,995 \cdot 1,7 = 2,88.$$

Отримане значення показника Z більше граничного (2,675) і показує, що суб'єкт успішно працює, а це в свою чергу, вказує на високу кредитоспроможність.

Оцінимо ймовірність банкрутства «Підприємство 1» за допомогою моделі Давидової-Белікова по таких показниках: співвідношення оборотного капіталу і суми активів; співвідношення чистого прибутку і власного капіталу; співвідношення обсягу продаж і суми активів; співвідношення чистого прибутку і собівартості:

$$Z = 8,38 \cdot \frac{4263,5}{4325,4} + 1,0 \cdot \frac{5892}{1066,9} + 0,054 \cdot \frac{7102,5}{4325,4} + 0,63 \cdot \frac{5892}{5182} = 14,6.$$

Отже, $Z > 0,42$ – ймовірність банкрутства незначна.

Встановлення кредитного рейтингу підприємства «Підприємство 1» на основі розробленого метода з використання лінгвістичних змінних показує на

високу кредитоспроможність, міжнародний рейтинг А і національну другу категорію якості. Аналогічні показники отримуємо при оцінці за методом оцінки і встановлення кредитного рейтингу підприємству на основі функцій належності критеріїв.

Були проведені порівняльні експериментальні дослідження кредитоспроможності підприємств. Вся вибірка складалася із 46 підприємств, яким банк надав кредит. Одні підприємства розраховалися вчасно з своїми борговими зобов'язаннями, інші зробити цього не могли. За порівняльний критерій було обрано – повернення банку кредиту.

На основі даної вибірки перевірено правильність результатів оцінювання кредитоспроможності підприємств за нормативними скоринговими підходами та запропонованими, з обчисленням помилки першого та другого роду. Результати зведемо у таблицю 4.3.1.

Таблиця 4.3.1.

Результати оцінки

№ підприємства	Нормативні методи				Запропоновані методи		Повернення банку кредиту
	Метод інтегрального показника	Модель прогнозування банкрутства	Модель Альтмана	Модель Давидової-Белікова	Метод з використанням лінгвістичних змінних	Метод на основі функцій належності критеріїв	
1	Помірний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
2	Значний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
3	Значний ризик	Банкрутство не загрожує	Банкрут	Ймовірність банкрутства середня	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто
4	Високий ризик	Загроза банкрутству	Банкрут	Ймовірність банкрутства незначна	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто
5	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Спекулятивний рейтинг	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто
6	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Найвищий рівень кредитоспроможності	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто

Продовження таблиці 4.3.1.

№ підприємства	Нормативні методи				Запропоновані методи		Повернення банку кредиту
	Метод інтегрального показника	Модель прогнозування банкрутства	Модель Альтмана	Модель Давидової-Белікова	Метод з використанням лінгвістичних змінних	Метод на основі функцій належності критеріїв	
7	Високий ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Найвищий рівень кредитоспроможності	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто
8	Високий ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства висока	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто
9	Високий ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства максимальна	Дефолт неминучий	Дефолт неминучий	Не повернуто
10	Високий ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства низька	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
11	Помірний ризик	Загроза банкрутства	Успішно працює	Ймовірність банкрутства низька	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
12	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Найвищий рівень кредитоспроможності	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто
13	Високий ризик	Загроза банкрутства	Банкрут	Ймовірність банкрутства середня	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто
14	Немає ризику	Загроза банкрутства	Успішно працює	Ймовірність банкрутства низька	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
15	Немає ризику	Загроза банкрутства	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Найвищий рівень кредитоспроможності	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто
16	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
17	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Банкрут	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
18	Помірний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
19	Високий ризик	Загроза банкрутства	Успішно працює	Ймовірність банкрутства висока	Спекулятивний рейтинг	Можливість дефолту	Не повернуто
20	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
21	Помірний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
22	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Найвищий рівень кредитоспроможності	Спекулятивний рейтинг	Повернуто

Продовження таблиці 4.3.1.

№ підприємства	Нормативні методи				Запропоновані методи		Повернення банку кредиту
	Метод інтегрального показника	Модель прогнозування банкрутства	Модель Альтмана	Модель Давидової-Белікова	Метод з використанням лінгвістичних змінних	Метод на основі функцій належності критеріїв	
23	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
24	Високий ризик	Загроза банкрутства	Банкрут	Ймовірність банкрутства максимальна	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто
25	Високий ризик	Напівбанкрут	Банкрут	Ймовірність банкрутства висока	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто
26	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
27	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Банкрут	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
28	Помірний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
29	Значний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
30	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Банкрут	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
31	Високий ризик	Банкрутство не загрожує	Банкрут	Ймовірність банкрутства максимальна	Можливість дефолту	Дефолт неминучий	Не повернуто
32	Високий ризик	Напівбанкрут	Успішно працює	Ймовірність банкрутства висока	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто
33	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства низька	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
34	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства висока	Найвищий рівень кредитоспроможності	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто
35	Помірний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
36	Значний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
37	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства висока	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
38	Високий ризик	Напівбанкрут	Банкрут	Ймовірність банкрутства висока	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто

Продовження таблиці 4.3.1.

№ підприємства	Нормативні методи				Запропоновані методи		Повернення банку кредиту
	Метод інтегрального показника	Модель прогнозування банкрутства	Модель Альтмана	Модель Давидової-Белікова	Метод з використанням лінгвістичних змінних	Метод на основі функцій належності критеріїв	
39	Помірний ризик	Напівбанкрут	Банкрут	Ймовірність банкрутства висока	Можливість дефолту	Можливість дефолту	Не повернуто
40	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
41	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Банкрут	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
42	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Висока кредитоспроможність	Повернуто
43	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства висока	Висока кредитоспроможність	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто
44	Немає ризику	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Найвищий рівень кредитоспроможності	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто
45	Помірний ризик	Банкрутство не загрожує	Успішно працює	Ймовірність банкрутства незначна	Висока кредитоспроможність	Найвищий рівень кредитоспроможності	Повернуто
46	Значний ризик	Стійкість порушена	Успішно працює	Ймовірність банкрутства середня	Спекулятивний рейтинг	Спекулятивний рейтинг	Повернуто
Кількість помилок I роду	1	4	4	2	0	1	-
Кількість помилок II роду	2	3	4	3	1	0	-

Аналізуючи отримані дані за 46 підприємствами, видно, що за методом інтегрального показника не зовсім правильно оцінено кредитоспроможність трьох підприємств (1 помилки першого роду, 2 другого), методом прогнозування банкрутства – семи (4 помилки першого роду, 3 другого), методом Альтмана – восьми (4 помилки першого роду, 4 другого) та методом Давидової-Белікова – п'яти (2 помилки першого роду, 3 другого). Натомість,

запропоновані методи оцінили правильно кредитоспроможність підприємств, окрім трьох. Метод з використанням лінгвістичних змінних для п'ятого підприємства допустив помилку другого роду, для 19-го – першого роду. Метод на основі функцій належності критеріїв для 22-го підприємства допустив помилку другого роду. Загальна точність прийняття рішень наведена у таблиці 4.3.2.

Таблиця 4.3.2.

Загальна точність результатів оцінки

Показники якості класифікації	Нормативні методи				Запропоновані методи	
	Метод інтегрального показника	Модель прогнозування банкрутства	Модель Альтмана	Модель Давидової-Белікова	Метод з використанням лінгвістичних змінних	Метод на основі функцій належності критеріїв
Загальна точність прийняття рішень	0,9348	0,8478	0,8261	0,8913	0,9565	0,9783
Помилка I роду	0,0217	0,0870	0,0870	0,0435	0,0217	0,0000
Помилка II роду	0,0435	0,0652	0,0870	0,0652	0,0217	0,0217

Незважаючи на незначні розбіжності в оцінці кредитоспроможності підприємств за нормативними методами, результати є ідентичними. Отже, це свідчить про адекватність запропонованих моделей оцінки і встановлення кредитного рейтингу підприємств. При цьому, на відміну від нормативних, розроблені підходи дозволяють здійснювати глибший аналіз в нечітких умовах. Як видно, точність класифікації запропонованих методів виявилась вищою середня точність вища на 9%, що підтверджують теоретичні положення про те, що застосування нечітких множин і нечіткої логіки є адекватним інструментом для аналізу кредитоспроможності підприємств в умовах неповних і недостовірних вхідних даних.

Таким чином, адекватність запропонованих моделей оцінки і встановлення кредитного рейтингу підприємств доведено. Далі, покажемо

правильність вибору підприємств для надання кредиту по запропонованих багатокритеріальних задачах вибору.

Для багатокритеріальних методів оцінки і вибору підприємств для надання кредиту побудуємо ранжувальні ряди з наступної множини підприємств: {ТОВ «Карпаттрансбуд»; ТОВ «Максимум»; ТОВ «Автокомплект»; ТОВ «ДЮК І К»; ТОВ «Нумінатор»}. Дані підприємства мають високий рівень кредитоспроможності, отримали у банку кредит і повернули його вчасно.

Після введення необхідної інформації по всіх підприємствах у побудовану ІАС підтримки прийняття рішень по оцінюванню кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів, для кожного методу отримаємо результат оцінок та ранжування підприємств. Загальні результати ранжування підприємств, методами багатокритеріального оцінювання і вибору підприємств для надання кредиту, запишемо у таблицю 4.3.3.

Таблиця 4.3.3.

Результати ранжування підприємств

	Дворівнева модель нечіткого раціонального багатокритеріального вибору	Багатокритеріальний вибір відносно уявної альтернативи	Багатокритеріальний вибір на основі множення матриць	Багатокритеріальний вибір на основі динамічних критерій
1	ТОВ «ДЮК І К»	ТОВ «ДЮК І К»	ТОВ «ДЮК І К»	ТОВ «ДЮК І К»
2	ТОВ «Карпаттрансбуд»	ТОВ «Карпаттрансбуд»	ТОВ «Карпаттрансбуд»	ТОВ «Карпаттрансбуд»
3	ТОВ «Автокомплект»	ТОВ «Автокомплект»	ТОВ «Автокомплект»	ТОВ «Автокомплект»
4	ТОВ «Максимум»	ТОВ «Нумінатор»	ТОВ «Максимум»	ТОВ «Максимум»
5	ТОВ «Нумінатор»	ТОВ «Максимум»	ТОВ «Нумінатор»	ТОВ «Нумінатор»

Із таблиці 4.3.3 видно, що ранжувальні ряди підприємств збігається по всіх методах, крім багатокритеріального вибору відносно уявної альтернативи,

який має розбіжність на останніх двох позиціях. Отже, серед розглянутих підприємств найкращим виявилось – ТОВ «ДЮК І К».

Проведені дослідження свідчать про правильність та адекватність побудованих моделей, на що показує вища точність класифікації запропонованих методів. На відміну від нормативних, розроблені підходи дозволяють здійснювати глибший аналіз в нечітких ринкових умовах функціонування підприємств, прискорювати процес прийняття рішень, зменшувати його ризик та підвищувати ефективність оцінки для досліджуваної проблеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акфельд Г. Введение в интервальные вычисления / Г. Акфельд, Ю. Херцбергер. – М.: Мир, 1987. – 320 с.
2. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
3. Баканов М.И. Теория экономического анализа: учебник / М.И. Баканов, А.Д. Шеремет. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 416 с.
4. Банківська справа: сучасна система кредитування: навч. посіб. – 2-е вид. / О. Лаврушин, О. Афанасьєва, Л. Корнієнко. – М. : КНОРУС, 2006. – 256 с.
5. Банківські операції [Текст] : підручник / В. І. Міщенко, Н. Г. Слав'янська. – К.: Знання, 2006. – 727 с. - ISBN 966-8148-27-4.
6. Батыршин И.З. Методы представления и обработки нечеткой информации в интеллектуальных системах / И.З. Батыршин // Новости искусственного интеллекта. – 1996. – № 2. – С. 9-65.
7. Бахитов Р. Принятие решений о выборе инвестиционного проекта методом нечетких множеств / Р. Бахитов, Н. Коробейников // Инвестиции в Россию. – 2000. – № 12. – С. 22-25.
8. Беккенбах С. Неравенства / С. Беккенбах, Р. Беллман – М.: Мир, 1965. – 276 с.
9. Береза А. М. Основи створення інформаційних систем: навч. посібник / А. М. Береза. – К.: КНЕУ, 2001. – 205 с.
10. Білик М.Д. Сутність і оцінка фінансового стану підприємства / М.Д. Білик // Фінанси України. – 2005. – №3. – С. 117-128.
11. Бланк И. А. Словарь-справочник финансового менеджера: словарь / И.А. Бланк. – Киев: Ника-Центр, 1998. – 480 с. – ISBN 5-89329-057-9.

12. Борисов А.Н. Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Знание, 1990. – 184 с.
13. Борисов Е.Ф. Хрестоматия по экономической теории / Е.Ф. Борисов. – М.: Юристъ, 2010. – 536 с.
14. Бочаров В. В. Финансовый анализ / В. В. Бочаров. – СПб. : Питер, 2005. – 240 с.
15. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
16. Виборова Є. Особливості діагностики кредитоспроможності суб'єктів господарювання / Є. Виборова // Фінанси і кредит. – 2004. – № 1. – С. 19-21.
17. Волошин О.Ф. Моделювання конкурентоспроможності об'єктів економічної діяльності за допомогою нечітких множин / О.Ф. Волошин, М.М. Маляр, М.М. Шаркаді // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2010. – №690. – С. 534-539.
18. Галасюк В.В. Оцінка кредитоспроможності позичальників: що оцінюємо? / В.В. Галасюк // Вісник Національного банку України. – 2001. – №5. – С. 54-56.
19. Герасимов Б. Якість методів оцінки кредитоспроможності позичальника комерційного банку / Б. Герасимов, Ю. Лаута, Є. Герасимова. – Тамбов: Вид-во ТДТУ, 2001. – 126 с.
20. Гиляровская Л.Т. Анализ и оценка финансовой устойчивости коммерческого предприятия / Л.Т. Гиляровская, А.А. Вехорева. – СПб. : Питер, 2003. – 256 с.
21. Глушков В. М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС / В. М. Глушков. – М.: Статистика, 1975. – 340 с.
22. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. – М.: Наука, 1982. – 552 с.
23. Гриньова В.М. Фінанси підприємств: навч. посібник / В.М. Гриньова, В.О. Коюда. – К. : «Знання-Прес», 2004. – 424 с.

24. Давыдова Г.В. Методика количественной оценки риска банкротства предприятий / Г. В. Давыдова, А. Ю. Беликов // Управление риском. – 1999. - № 3. – С. 13-20.
25. Деньги. Кредит. Банки: учебник / Под ред. В.В. Иванова, Б.И. Соколова. – М.: Изд-во Проспект, 2004. – 624 с.
26. Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
27. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Финансы и статистика, 1988. – Т. 2. – 351 с.
28. Друкер Питер Ф. Рынок: как выйти в лидеры. Практика и принципы/ Питер Друкер. – М.: Book chamber international, 1992. – 351 с. – ISBN 5-85020-109-2.
29. Едророва В.Н. Модели анализа кредитоспособности заемщиков / В.Н. Едророва, С.Ю. Хасянова // Финансы и кредит. – 2002. – №6(96). – С. 9-15.
30. Економічна кібернетика / В.М. Геєць, Ю.Г. Лисенко, В.М. Вовк, І.С. Благун, В.В. Вітлінський. – Донецьк: ТОВ «Юго-Восток, Лтд», 2005. – 508 с.
31. Ендовицкий Д. Анализ та оцінка кредитоспроможності позичальника: навчально-практич. посіб./ Д. Ендовицкий, І. Бочарова. – М.: КНОРУС, 2005. – 272 с.
32. Жуковин В. Е. Нечеткие многокритериальные модели принятия решений / Под ред. А. Х. Гиоргадзе. – Тбилиси: Мецниереба, 1988.— 71 с.
33. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
34. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій [Текст]: підручник / Ю. П. Зайченко. – 7-ме вид., перероб. та доп. – Київ: Слово, 2006. – 816 с. – ISBN 966-8407-64-4
35. Зайченко Ю.П. Анализ финансового состояния и оценка кредитоспособности заемщиков – юридических лиц в условиях неопределенности / Ю.П. Зайченко, Ови Нафас Агаи аг Гамиш // ІТНЕА

- International Journal “Information Theories and Applications”, Vol. 21, Number 3, 2014. – P.241-253.
36. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах [Текст]: учеб. пособие для студентов высших учеб. заведений / Юрий Петрович Зайченко. – К.: Слово, 2008. – 341с.
 37. Згуровський М.З. Основи системного аналізу / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратов. – К.: Видавничка група ВНУ, 2007. – 546 с.
 38. Кини Р. Принятие решения при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Кини., Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
 39. Кігель В.Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці / В.Р. Кігель. – К.: ЦУЛ, 2003. – 202 с.
 40. Клебанова Т.С. Модели и методы координации в крупномасштабных системах: Монография / Т.С. Клебанова, Ч.Х. Мондована. – Харьков: ООО «Бизнес-Информ», 2002. – 138 с.
 41. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов / В.В. Ковалев. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 141 с.
 42. Ковалев В.В. Финансовый анализ: Управления капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности/ В.В. Ковалев. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 512 с.
 43. Ковальов П.П. Кредитний рейтинг клієнта як один з основних методів оцінки кредитоспроможності позичальника / П.П. Ковальов // Формування ринкових відносин в Україні. – 2004. – №12. – С. 37-41.
 44. Колесникова В. Банківська справа: Підручник / В. Колесникова, М. Кріловецькая. – М.: Фінанси і статистика, 2003. – 578 с.
 45. Колтынюк Б.А. Инвестиционные проекты / Б.А. Колтынюк. – СПб.: Изд-во В.А. Михайлова, 2000. – 422 с.
 46. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман. – М.: Радио и связь, 1983. – 432 с.

47. Кофман А. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями / А. Кофман, Х. Хил Алуха: Пер. с исп. – Мн.: Выш. шк., 1992. – 224 с.
48. Крамаренко Г.О. Фінансовий менеджмент: підручник / Г.О. Крамаренко, О.Є. Чорна. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 520 с.
49. Кредитний ризик комерційного банку: Навч. посібник / В.В. Вітлінський, О.В. Пернарівський, Я.С. Наконечний, Г.І. Великоіваненко; За ред. В.В.Вітлінського. – К.: Т-во "Знання", КОО, 2000. – 251 с.
50. Крюков А. Ф. Анализ методик прогнозирования кризисных ситуаций коммерческих организаций с использованием финансовых индикаторов / А. Ф. Крюков, И. Е. Егорычев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2001. – № 2. – С. 11–18.
51. Ларичев О. И. Вербальный анализ решений: монография / О. И. Ларичев; [отв. ред. А. Б. Петровский]; РАН, Ин-т системного анализа. – М. : Наука, 2006. – 181 с.
52. Ларичев О. И. Объективные модели и субъективные решения / О. И. Ларичев. – М.: Наука, 1987. – 143 с.
53. Литвин Б.М. Фінансовий аналіз: Навч. посібник. / Б.М. Литвин, М.В. Стельмах. – К.: «Хай-Тек Прес», 2008. – 336 с.
54. Малышев Н.Г. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР / Н.Г. Малышев и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 136 с. – ISBN 5-283-01592-0.
55. Маляр М.М. Автоматизація процесу управління банківськими інвестиціями / М.М. Маляр, В.В. Поліщук // Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании «ИНФОТЕХ-2011»». – Севастополь, 2011. – С.215.
56. Маляр М.М. Багатокритеріальна модель оцінки платоспроможності суб'єктів господарювання / М.М. Маляр, В.В. Поліщук // Всеукраїнський

- науковий семінар «Комбінаторна оптимізація та нечіткі множини (КОНеМ - 2011)». – Полтава: РВВ ПУЕТ, 2011. – С.78-80.
57. Маляр М.М. Моделі і методи багатокритеріального обмежено-раціонального вибору: Монографія / М.М. Маляр – Ужгород: РА «АУТДОР-ШАРК», 2016. – 222 с.
58. Маляр М.М. Інформаційна система по оцінці кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів / М.М. Маляр, В.В. Поліщук // Управління розвитком складних систем. – Київський національний університет будівництва і архітектури, 2013. – №16-2013. – С. 164-170. – ISSN 2219-5300.
59. Маляр М.М. Математичне забезпечення для автоматизованої системи підтримки прийняття рішень у кредитуванні підприємств з використанням нечіткої логіки / М.М. Маляр, В.В. Поліщук // Всеукраїнська науково-практична конференція «В. М. Глушков – піонер кібернетики». – Київ, 2014. – С.226-227. – ISBN 978-966-622-664-1.
60. Маляр М.М. Модель оцінки кредитоспроможності підприємства в умовах невизначеності / М.М. Маляр, В.В. Поліщук // Східно-Європейський журнал передових технологій. Сер. Математика і кібернетика – фундаментальні і прикладні аспекти. – Харків, 2012. – №1/4(55). – С.51-57. – ISSN 1729-3774.
61. Маляр М.М. Нечітка модель оцінки фінансової кредитоспроможності підприємств / М.М. Маляр, В.В. Поліщук // Східно-Європейський журнал передових технологій. Сер. Математика і кібернетика – фундаментальні і прикладні аспекти. – Харків, 2012. – №3/4(57). – С.8-16. – ISSN 1729-3774.
62. Маляр М.М. Описання задач вибору на мові розмитих множин / М.М. Маляр // Вісник Київського університету. Вип.4. Серія фіз.-мат. Науки, Київ, 2005. – С. 197-201.
63. Маляр М.М. Підхід до ранжування інвестиційних проектів / М.М. Маляр, В.В. Поліщук // III Міжнародна науково-методична конференція

- «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці». – Чернівці, 2013. – С.185-186. – ISBN 978-966-2021-76-9.
64. Маляр Н. Н. Двухуровневая модель нечеткого рационального выбора / Н. Н. Маляр, В.В. Полищук // ITHEA International Journal “Problem of Computer Intellectualization”, Kyiv-Sofia 2012. – P.242-248. – ISBN 978-966-02-6529-5.
65. Маляр Н.Н. Нечеткая модель удовлетворительного решения задачи выбора / Н.Н. Маляр // Information Models of Knowledge. – ITHEA – Kiev, Ukraine – Sofia, Bulgaria, 2010. – С. 220-225.
66. Маляр Н.Н. Подход к определению приоритетов альтернатив для задач многокритериального выбора / Н.Н. Маляр // Проблемы управления и информатике. №4. – 2011. – С. 63-67.
67. Матвійчук А.В. Моделювання фінансової стійкості підприємств із застосуванням теорій нечіткої логіки, нейронних мереж і дискримінантного аналізу / А.В. Матвійчук // К.: Вісн. НАН України. – 2010. – №9. – С. 24-46.
68. Мец В.О. Економічний аналіз фінансових результатів та фінансового стану підприємства: навчальний посібник / В. О. Мец. – К. : Вища школа, 2003. – 278 с.
69. Михалевич В.С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. / В.С. Михалевич, В.Л. Волкович. – М.: Наука, 1982. – 286 с.
70. Мыльник В.В. Инвестиционный менеджмент: учеб. Пособие для вузов / В.В. Мыльник. – 4-е изд. – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2005. – 272 с.
71. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. док. экон. наук / Недосекин А.О. – СПб, СПбГУЭФ, 2004. – 280 с.
72. Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение / Дж. Нейман, О. Morgenstern. – М.: Наука, 1970. – 707 с.

73. Олексюк О.С. Системи підтримки прийняття фінансових рішень на макрорівні / О.С. Олексюк. – К.: Наукова думка, 1988. – 508 с.
74. Осипова Г.В. Методика и техника статистической обработки первичной социологической информации / Г.В.Осипова. – М.: Наука, 1968. – 326 с.
75. Панков В. В. Тестовый анализ состояния бизнеса в условиях антикризисного управления / В. В. Панков // Финансы. – 2008. – № 8. – С. 59-62.
76. Панова Г.С. Кредитная политика коммерческого банка. – М.: ИКЦ «ДИС», 1997. – 464 с.
77. Петровский А. Б., Тихонов И. П. Фундаментальные исследования, ориентированные на практический результат: подходы к оценке эффективности // Вестник РАН. – 2009. – Т. 79, № 11. – С. 1006–1011.
78. Планирование решений в экономике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ecosyn.ru/page0003.html>.
79. Поліщук В.В. Актуальність автоматизації процесу прийняття рішень щодо оцінки кредитоспроможності підприємств / В.В. Поліщук // Друга Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи». – Дрогобич: Просвіт. – 2014. – С.162-163.
80. Поліщук В.В. Алгоритм ранжування альтернатив за багатьма критеріями / В.В. Поліщук // Збірник наукових праць – Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2013. - №68. – С. 100-105. – ISSN 2309-7655.
81. Поліщук В.В. Модель оцінювання ефективності та вибору автоматизованих інформаційних систем при нечітких умовах // Науковий вісник Ужгородського університету, серія «Економіка», 2016. – Вип. 1 (47). – С. 253-259. ISSN 2409-6857.
82. Поліщук В.В. Модель інформаційної технології оцінювання ризику фінансування проектів (Model of information technology project financing

- risk assessment) / М.М. Маляр, В.В. Поліщук, М.М. Шаркаді // *Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя: ЗНТУ (Radio Electronics, Computer Science, Control, ZNTU) 2017. – 2017/2. – С. 44-52. ISSN 1607-3274.*
83. Поліщук В.В. Модель оцінювання комерційних проектів різного походження / В.В. Поліщук, А.В. Поліщук// Міжнародна науково-практична конференція «Економіка, фінанси та управління: теорія та практика». – Полтава: ЦФЕНД, 2017. – С. 167-170.
84. Поліщук В.В. Підхід щодо визначення кредитоспроможності підприємства / В.В. Поліщук // VI Міжнародна школа-семінар «Теорія прийняття рішень». – Ужгород: УжНУ. – 2012. – С.160.
85. Поліщук В.В. Технологія створення рейтингової системи для підвищення безпеки краудінвестиційних платформ. XIII Междунар. конф. «Стратегія качества в промышленности и образовании», ТОМ I. Варна, Болгария. 2017. – С. 348-350.
86. Постанова НБУ №351 від 30.06.2016 р. Про затвердження Положення про визначення банками України розміру кредитного ризику за активними банківськими операціями / Національний банк України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/v0351500-16#n33>
87. Приймак В.І. Математичні методи економічного аналізу: навч. посіб / В.І. Приймак. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 296 с.
88. Присенко Г. В. Прогнозування соціально-економічних процесів: Навч. посіб. / Г.В. Присенко, Є.І. Равікович. – К.: КНЕУ, 2005. – 378 с. – ISBN 966–574–739–8
89. Про затвердження Національного положення (стандарту) бухгалтерського обліку 1 «Загальні вимоги до фінансової звітності» Наказ міністерства фінансів України від 07.02.2013 № 73 Зареєстровано в Міністерстві

- юстиції України 28 лютого 2013 р. за № 336/22868. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0336-13>
90. Прохорова Ю.В. Антикризове фінансове управління підприємством: дис. канд. екон. наук 08.00.04 / Ю.В. Прохорова. – К., 2008. – 216 с.
 91. Пушкарь І.О. Системи підтримки прийняття рішень / І.О. Пушкарь, В.М. Гіковатий. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2006. – 304 с.
 92. Ротштейн О.П. Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі / О.П. Ротштейн. – Вінниця: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 1999. – 320 с.
 93. Роуз Питер С. Банковский менеджмент / С. Роуз Питер. – М.: «Дело Лтд», 1995. – 768 с.
 94. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
 95. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети / Т.Л. Саати. – М.: ЛКИ, 2008. – 360 с.
 96. Селезнева Н.Н. Финансовый анализ: Учеб. пособие / Н.Н. Селезнева, А.Ф. Ионова. – М.: Юнити-Дана, 2001. – 479 с.
 97. Сидельников Ю. Истина и заблуждение / Ю. Сидельников // Банковские технологии. – 1997. – С. 15-20.
 98. Синки Джозеф Ф., мл. Управление финансами в коммерческих банках / Джозеф Ф. Синки. – пер. с англ. 4-го переработанного изд. / под ред. Р.Я. Левиты, Б.С. Пинскера. – М. : Catallaxy, 1994. – 820 с. – ISBN 5-86366-045-7
 99. Словник економічних термінів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ekonomiks.net.ua/Невизначеність/>
 100. Снитюк В. Є. Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми: навч. посіб. / В. Є. Снитюк. – К.: Маклаут, 2008. – 364 с. – ISBN 978-966-2200-09-6.
 101. Терещенко О. Нові підходи до оцінки кредитоспроможності позичальників-юридичних осіб / О. Терещенко // Вісник НБУ. – 2012. – Січень. – С. 26-30

102. Тлупов С.Х. Оценка инвестиционных проектов по комплексному критерию / С.Х. Тлупов, Д.С. Тлупова // Вест. Кабардино-Балкарского ГУ. Вып. 4. Нальчик. – 1999. – С. 71-73.
103. Фролова. Л.В. Формализация планово-экономических расчетов к бизнес-плану развития предприятия: учеб. пособие / Л.В. Фролова, Л.В. Шаруга, С.М. Баранцева, Е.А. Никитенко. – Донецк: ДонГУЭТ, 2003. – 197 с.
104. Хелферт Э. Техника финансового анализа: пер. з англ. / Э. Хелферт, ред. П. Белых. – М.: Аудит: ЮНИТИ, 1996. – 663 с.
105. Чернов В.Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств. / В.Г. Чернов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 312 с. – ISBN 978-5-93517-353-0
106. Черняк О.І. Системи обробки економічної інформації / О.І. Черняк, А.В. Ставицький, Г.О. Черноус. – К.: Знання, 2006. – 447 с.
107. Швиданенко Г.О. Управління капіталом підприємства: навч. посіб. / Г.О. Швиданенко, Н.В. Шевчук. – К.: КНЕУ, 2007. – 440 с.
108. Шелудько В.М. Фінансовий ринок: Навч. посібник. – К.: Знання-Прес, 2002. – 535 с.
109. Шило В.П. Аналіз фінансового стану виробничої та комерційної діяльності підприємства: Навч. Посібник/ В.П. Шило. – К.: Кондор, 2005. – 240 с.
110. Ширинская Е. Б. Операции коммерческих банков: российский и зарубежный опыт. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 160 с.
111. Шумилов В.В. Многокритериальная оценка инвестиционных проектов / В.В. Шумилов // Техника машиностроения. – 2000. – № 6(28). – С. 93-97.
112. Altman E. Zeta Analysis: A New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporations / E. Altman, R. Haldeman, P. Narayanan // Journal of Banking & Finance, №1. – 1977. – P. 87–91.
113. Bajari P. A Dynamic Model Of Housing Demand: Estimation And Policy Implications / Patrick Bajari, Phoebe Chan, Dirk Krueger, Daniel Miller // International Economic Review, Department of Economics, University of

- Pennsylvania and Osaka University Institute of Social and Economic Research Association. – 2013. – vol. 54(2). – P. 409-442.
114. Banker R.D. Some models for estimating technical and scale efficiency in data envelopment analysis / R.D. Banker, A. Chames, W.W. Cooper // *Management Sci.* – 1984. – № 30. – P. 1078-1092.
115. Breiman L. Classification and Regression Trees (CART) / L. Breiman, J. Friedman, C. Stone, R.A. Olshen // *Republication. USA: First CRC Press.* – 1998.
116. Frydman H. Introducing Recursive Partitioning for Financial Classification: The Case of Financial Distress / H. Frydman, E.I. Altman, D. Kao // *The Journal of Finance.* V. XI, n. 1 (March). – 1985. – P. 269-291.
117. Gill T.G. Early Expert Systems: Where Are They Now? / T.G. Gill // *MIS Quarterly* 19. – 1995. – no. 1. – P. 51–81.
118. Global credit ratings. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fitchratings.com>.
119. Gorry G.A. A Framework for Management Information Systems / G.A. Gorry, M.S. Morton // *Sloan Business Review.* – 1971. – 13(1). – P. 55-70.
120. Jarrow R. A. Pricing Derivatives on Financial Securities Subject to Credit Risk / R. A. Jarrow, S. Turnbull // *Journal of Finance.* – 1995. – №50. – P. 53-86.
121. Malyar M. Model of start-ups assessment under conditions of information uncertainty /M. Malyar, V. Polishchuk, M. Sharkadi, I. Liakh // *Eastern European Journal of Enterprise Technologies, Mathematics and cybernetics – applied aspects*, 2016. – 3/4 (81). – P. 43-49. ISSN 1729-3774. ORCID 0000–0003–4586–1333. DOI: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71222>
122. Malyar M. M. Multicriterion choice problem for enterprises to crediting / M. M. Malyar, V.V. Polischuk // *ITHEA International Journal “Information Theories and Applications”*, Vol.19,Number 3, 2012. – P.241-248. – ISSN 1310-0513.
123. Malyar M. Choice and evaluation methodics of investment projects / M. Malyar, V. Polishchuk // *Košická bezpečnostná revue, Košice*, 2013. – 1/2013/ – P.117-126. – ISSN 1338-4880.

124. Malyar M. Two-staged model of multi-criteria selection / M. Malyar, V. Polishchuk, M. Sharkadi // Košická bezpečnostná revue, Košice, 2014. – 1/2014/ - P.119-124. – ISSN 1338-4880
125. Mamdani E.H. Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis / E.H. Mamdani // IEEE Transactions on Computers. – 1977. – vol. 26, N 12. – P. 1182–1191.
126. V. Polishchuk Enhancement technology security activities of venture capital funds / V. Polishchuk, I. Liakh // Košická bezpečnostná revue, Košice, 2016. – 2/2016/ (10th International Scientific Conference. “BEZPEČNÉ SLOVENSKO A EUROPSKA UNIA”) – P.312-314. ISSN 1338-4880.
127. Saaty T.L. Concepts, Theory, and Techniques. Rank generation, preservation, and reversal in the analytic hierarchy decision process / T.L. Saaty // Decision Sci. – 1987. V. 18. – P. 157-176.
128. Zadeh L. Fuzzy Sets / L. Zadeh // Information and Control. – 1965. – №8. – P. 338–353.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
INTRODUCTION	5
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПЛАТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ	7
1.1. Аспекти проблеми оцінювання платоспроможності підприємств у сфері кредитування.....	7
1.2. Аналітичний огляд технологій оцінювання кількісних і якісних характеристик суб'єктів господарювання	15
1.3. Постановка задачі. Структурно-логічна схема дослідження.....	29
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ БАНКІВСЬКИМИ СТРУКТУРАМИ	34
2.1. Формалізація задач оцінювання господарської діяльності підприємств	34
2.2. Невизначеність як головна характеристика моделі оцінювання	37
2.3. Аналіз багатокритеріальних технологій у прийнятті кредитних рішень.....	41
2.4. Нечіткі моделі як інструмент для багатокритеріального оцінювання кредитоспроможності підприємств.....	46
2.5. Критерії оцінювання	49
2.6. Методи побудови нечітких множин на основі експертних даних для оцінювання суб'єкта господарювання	60
РОЗДІЛ 3. НЕЧІТКІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ТА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ	70
3.1. Моделі оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємству	71
3.1.1. Встановлення кредитного рейтингу підприємству з використанням лінгвістичних змінних	71
3.1.2. Оцінювання і встановлення кредитного рейтингу підприємству на основі функцій належності критеріїв.....	88
3.2. Методи оцінювання та вибору підприємств для надання кредиту.....	91

3.2.1. Дворівнева модель нечіткого раціонального багатокритеріального вибору підприємств для надання кредиту	91
3.2.2. Багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту відносно уявної альтернативи	98
3.2.3. Багатокритеріальний вибір підприємств для надання кредиту на основі множення матриць	102
3.2.4. Двоступенева модель багатокритеріального вибору з використанням динамічних критеріїв ефективності враховуючи їх тенденцію	108
3.2.5. Використання динамічних критеріїв у моделях багатокритеріального вибору, враховуючи їх тенденцію та темп зростання	113
3.3. Метод оцінювання та вибору інвестиційних проектів	120
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ТА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ	137
4.1. Принципи розробки інформаційно-аналітичної системи	138
4.2. Структуризація складових частин інформаційно-аналітичної системи.....	140
4.3. Експериментальна верифікація нечітких моделей і методів оцінювання кредитоспроможності підприємств	149
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	159

Наукове видання

МАЛЯР Микола Миколайович

ПОЛІЩУК Володимир Володимирович

**НЕЧІТКІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ
ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ
ПІДПРИЄМСТВ ТА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ**

Монографія

Друкується за авторською редакцією.

Коректура авторська.