

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ В ОЦІНЮВАННІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РИЗИКІВ

© 2016 ТЕНЕТА В. М.

УДК 330.322:004.89

Тенета В. М. Використання елементів методів нечіткої логіки в оцінюванні інвестиційних ризиків

У статті розглядається проблема оцінювання інвестиційних ризиків в умовах невизначеності. Показано основні аспекти неповноти інформації: неточність, невизначеність та нечіткість й описано причини їх виникнення. Розглянуто сутність основних методів оцінки інвестиційних ризиків: коригування поправки на ризик, аналітичних оцінок, експертних оцінок та виділено їх основні переваги й недоліки. Показано переваги нечіткої логіки в аналізі інвестиційних проектів в умовах невизначеності. Описано алгоритм формування бази правил системи нечіткого виведення. Проаналізовано механізми нечіткого виведення за різними алгоритмами. Розглянуто сутність найбільш поширених пакетів розширення Fuzzy Logic Toolbox і Flex Tool for MatLab Mathworks, Fuzzy TECH, CubiCalc, FIDE, а також пакет JFS. Обґрунтовано необхідність впровадження системи оцінки інвестиційних ризиків на основі нечіткої логіки. Модель може бути використана як основа для створення систем підтримки прийняття рішень з управління інвестиційними ризиками.

Ключові слова: інвестиційні ризики, оцінювання, методи оцінювання, нечітка логіка.

Бібл.: 16.

Тенета Володимир Михайлович – молодший науковий співробітник, кафедра менеджменту, Національна металургійна академія України (пр. Гагаріна, 4, Дніпро, 49600, Україна)

E-mail: tenetav@ukr.net

УДК 330.322:004.89

UDC 330.322:004.89

Тенета В. М. Использование элементов методов нечеткой логики в оценке инвестиционных рисков

В статье рассматривается проблема оценки инвестиционных рисков в условиях неопределённости. Показаны основные аспекты неполноты информации: неточность, неопределённость и нечеткость, описаны причины их возникновения. Рассмотрена сущность основных методов оценки инвестиционных рисков: корректировки поправки на риск, аналитических оценок, экспертных оценок и выделены их основные преимущества и недостатки. Показаны преимущества нечеткой логики в анализе инвестиционных проектов в условиях неопределённости. Описан алгоритм формирования базы правил системы нечеткого вывода. Проанализированы механизмы нечеткого вывода по различным алгоритмам. Рассмотрена сущность наиболее распространённых пакетов расширения Fuzzy Logic Toolbox и Flex Tool for MatLab Mathworks, Fuzzy TECH, CubiCalc, FIDE, а также пакет JFS. Обоснована необходимость внедрения системы оценки инвестиционных рисков на основе нечеткой логики. Модель может быть использована в качестве основы для создания систем поддержки принятия решений по управлению инвестиционными рисками.

Ключевые слова: инвестиционные риски, оценка, методы оценки, нечеткая логика.

Библ.: 16.

Тенета Владимир Михайлович – младший научный сотрудник, кафедра менеджмента, Национальная металлургическая академия Украины (пр. Гагарина, 4, Днепро, 49600, Украина)

E-mail: tenetav@ukr.net

Teneta V. M. Using the Elements of Fuzzy Logic Methods in the Evaluation of Investment Risks

The article considers the problem of evaluation of investment risks in the face of uncertainty. The article displays the main aspects of informational incompleteness: inaccuracy, ambiguity, and vagueness, describes their causes. The essence of the basic methods for evaluating investment risks: correction of risk adjustment, analytical estimation, expert estimation has been considered and their main advantages and disadvantages have been allocated. Benefits of fuzzy logic in analyzing investment projects under conditions of uncertainty have been displayed. The algorithm of forming the base of rules in the system for fuzzy output has been described. Mechanisms for fuzzy output have been analyzed by different algorithms. The essence of the most common packages such as Fuzzy Logic Toolbox and Flex Tool for MatLab Mathworks, Fuzzy TECH, CubiCalc, FIDE, as well as JFS package has been considered. The necessity of introducing a system for evaluation of investment risks based on fuzzy logic has been substantiated. The model can be used as a basis for establishing systems for supporting the decision-making in the management of investment risks.

Keywords: investment risks, evaluation, evaluation methods, fuzzy logic.

Bibl.: 16.

Teneta Vladimir M. – Junior Researcher, Department of Finance, The National Metallurgical Academy of Ukraine (4 Haharina Ave., Dnipro, 49600, Ukraine)

E-mail: tenetav@ukr.net

Розробка інвестиційних проектів практично завжди відбувається в умовах неповноти інформації, що сприяє певній невизначеності результатів реалізації цих проектів. Невизначеність пов'язана з відсутністю можливості підбору відповідної технології оцінювання ризику при обмеженій інформації. У таких умовах, у процесі оцінки факторів невизначеності, вправдані є застосування елементів нечіткої логіки.

У роботах [1, 2] достатньо визначено проблеми оцінки вартості інвестиційних проектів та урахування впливу ризиків на оцінку вартості. Проблеми багатокритеріального оцінювання розглядалися у роботах [3–5]. Можливості практичного використання нечіткої логіки широко досліджуються сучасними вченими [6–8]. Ана-

ліз публікацій показує глибоку ступінь розробки теоретичних основ нечітко-множинних методів, а також їх додатків у технічних галузях знань і галузях виробництва. Однак чітко виявився недолік використання подібних методів у інвестиційному аналізі, особливо у питаннях зняття суб'єктивізму експертних методів. Можливості оцінки інвестиційних ризиків за допомогою нечіткої логіки в літературі представлені недостатньо, що говорить про необхідність проведення досліджень в даному напрямку і підтверджує актуальність теми статті.

Метою даної статті є аналіз можливостей сучасного інструментарію оцінювання інвестиційних ризиків та обґрунтування можливостей його розширення за рахунок використання елементів нечіткої логіки.

Управління ризиком вимагає випереджаючого мислення та передбачає проведення ретельного аналізу умов для прийняття рішень. Будь-яке рішення потребує якісної інформації. Але особа, яка приймає рішення (ОПР), враховуючи багато критеріїв, наявні обмеження, що накладаються зовнішнім середовищем на можливі рішення, змушена виходити зі своїх уявлень про ефективність можливих альтернатив і важливість різних критеріїв та базується на власній суб'єктивній оцінці. Іноді ці оцінки є єдиною прийнятною альтернативою в умовах об'єднання різнорідних параметрів розв'язуваної проблеми в єдину модель, що дозволяє оцінювати варіанти рішень. Інформація, що використовується в інвестиційному аналізі, практично ніколи не буває абсолютно точною та достовірною. Це пов'язано як зі складністю проекту та неповнотою інформації, так і з непридатністю обраних методів для його аналізу.

Огляд робіт [9, 10] дозволяє виділити три основні аспекти неповноти: неточність, невизначеність і нечіткість. Невизначеність прийнято розділяти на три класи: невизначеність, пов'язана з неповнотою знань про проблему; невизначеність, пов'язана з неможливістю точного врахування реакції навколишнього середовища на дії ОПР; неточне розуміння цілей оцінювання. При оцінюванні інвестиційних проектів в умовах невизначеності можна виділити два основні моменти: невизначеність необхідно мінімізувати за допомогою уточнення інформації як кількісно, так і якісно; невизначеність потрібно формалізувати і врахувати при оцінці ризиків та вартості проектів. Достовірність оцінки прямо залежить як від ступеня невизначеності та якості вихідної інформації, так і від вибору математичного апарату, що враховує фактори невизначеності. Аналіз ризиків спрямований на досягнення таких основних цілей [5]:

- ✦ формування в ОПР цілісної картини ризиків, що загрожують інтересам організації;
- ✦ ранжування ризиків за ступенем впливу на діяльність організації та виявлення серед них найбільш небезпечних;
- ✦ зіставлення альтернативних варіантів проектів і технологій; створення баз даних і баз знань для експертних систем;
- ✦ обґрунтування заходів щодо зниження ризиків.

У результаті аналізу робиться висновок про прийнятність ризиків і організується система управління ризиками, здатна забезпечити достатній рівень захисту організації з урахуванням можливості реалізації виявлених ризиків.

Можна визначити такі методи оцінки ризиків: *методи коригування поправки на ризик, методи аналітичних оцінок, методи експертних оцінок*. Основна ідея коригування поправки на ризик полягає у використанні норми дисконту, яка вважається безризиковою або мінімально прийнятною, з подальшим додаванням до неї величини необхідної премії за ризик та розрахунком критеріїв ефективності інвестиційного проекту – *NPV, IRR, PI*. Рішення приймається згідно з правилом обраного критерію. Найбільш придатний метод коригування – метод *CCM (Cumulative Capital Model)*.

До групи аналітичних відносяться статистичні та імовірнісні методи оцінки ризику. Статистичні методи ґрунтуються на дослідженні статистики втрат, що мали місце в аналогічних видах діяльності, визначенні частоти появи певних рівнів втрат і прогнозуванні їх ймовірності. Імовірнісні методи базуються на математичних підходах. Широке поширення в даній групі отримало імітаційне моделювання, результати якого доповнюють статистичним аналізом та прогнозними моделями сценаріїв. Основний недолік цих методів полягає в залежності результатів від якості створеної прогнозної моделі. Удосконалення і практичне застосування методів даної групи привело до розробки аналізу чутливості і методу сценаріїв. У загальному випадку він зводиться до дослідження залежності результуючого показника від варіації значень показників, що беруть участь в його визначенні. Головним недоліком даного методу є те, що зміна одного фактору розглядається ізольовано, тоді як на практиці всі економічні чинники в тій чи іншій мірі пов'язані між собою. Метод сценаріїв дозволяє поєднати дослідження чутливості результуючого показника з аналізом імовірнісних оцінок його відхилень. У цілому метод сценаріїв дозволяє отримувати наочну картину для різних варіантів реалізації проектів, а також надає інформацію про чутливість і можливі відхилення. Водночас, метод має ряд недоліків, а саме – для використання даного методу експерту необхідно знати найбільш вірогідний, песимістичний та оптимістичний сценарії розвитку, проте, якщо середовище реалізації проекту дуже рухливе, то прогнозувати сценарії важко [11].

У роботі [12] проведено ранжування методів аналітичної діагностики показників. Автором було виділено 5 груп методів – традиційні методи (порівняння, деталізація, ситуаційний аналіз, експертні методи, побудова угруповань); методи побудування інтегральних показників та бальних оцінок (методи суми місць, метод підсумування, метод геометричної середньої, метод відстаней, метод відхилень від норм, кластерний аналіз, угруповання бальних оцінок); методи стохастичного факторного аналізу (кореляційно-регресійний аналіз, непараметричні методи оцінювання зв'язку, дисперсійний аналіз); методи детермінованого факторного аналізу (індексний аналіз, логарифмічний метод, інтегральний метод, ланцюгові підстановки, абсолютні різниці); методи оптимізаційного вирішення економічних завдань (лінійне програмування, теорія ігор, теорія масового обслуговування, метод побудови дерева рішень, дослідження операцій). Найбільш поширеними, та, на думку автора, найбільш придатними є методи побудування інтегральних показників та бальних оцінок (рейтинг методів у групі від 3,71 до 4,29), найменш затребуваними є методи оптимізаційного вирішення економічних завдань (рейтинг від 2,86 до 3,00).

Експертні оцінки є основним методом дослідження в загальній кваліметрії, вони використовують евристичні можливості людини, дозволяючи на основі знання, досвіду та інтуїції фахівців, що працюють в даній сфері, отримати оцінку досліджуваних явищ. Го-

ловна умова експертної оцінки – виключення взаємного впливу експертів один на одного. До основних типів експертних оцінок відносять кількісну оцінку, бальну оцінку та ранжування (упорядкування множини об'єктів відповідно до зменшення їх значимості). Для аналізу кількісними методами якісної експертної інформації використовують спеціальні так звані вербально-числові шкали. Поширеною є вербально-числова шкала Харінгтона, тобто шкала відповідностей словесних оцінок числовим [13]. У сучасній літературі широко описано метод Дельфі як один з найбільш відомих методів формування неупереджених групових оцінок експертів при проведенні експертиз. Для цього методу характерні три особливості: анонімність, регульований зворотний зв'язок, групові оцінки. Анонімність досягається завдяки використанню системи питань та способів особистого опитування. Методика отримання експертної оцінки в більшості випадках включає такі пункти: формування цілі експертизи та питань для експертів; формування правил проведення опитування або характеристики взаємин; формування груп експертів; вибір способу оцінки компетентності експертів; формування правил обробки думок експертів; проведення опитування і визначення групових оцінок; визначення ступеня узгодженості експертів. Основний недолік експертних оцінок – це суб'єктивізм, який, певною мірою, зменшують завдяки правильній організації проведення експертизи, застосуванню кількісних методів, груповій обробці результатів, тощо.

Аналіз застосування традиційних методів оцінки інвестиційних ризиків в умовах неповної або неточної інформації показує їх обмеженість, недостатню точність та надійність результатів. Значно посилює ненадійність оцінок відсутність точних числових характеристик, наявність вербального опису ризикової ситуації та її наслідків. Відповіді експерта зазвичай виміряні порядковою шкалою, є результатами порівнянь, об'єктами нечислової природи, але не є числами. У цих умовах заслуговує на увагу використання методів нечіткої логіки, які ближче за духом до людського мислення, ніж традиційні логічні системи. Нечітка логіка забезпечує ефективні засоби відображення нечіткості інформації, а наявність математичних засобів її відображення дозволяє побудувати модель, адекватну реальності.

У даний час серед додатків нечіткої логіки можна відзначити такі області: класифікація та аналіз даних, висновок в умовах невизначеності та проблеми прийняття рішень. Основними перевагами нечіткої логіки при вирішенні економічних задач є [6]: можливість оперувати вхідними даними, заданими нечітко: наприклад, значеннями, що безупинно змінюються в часі (динамічні задачі), значеннями, які неможливо задати однозначно (результати статистичних опитувань та ін.); можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки і порівняння; можливість проведення якісного оцінювання як вхідних даних, так і вихідних результатів; можливість проведення швидкого моделювання складних динамічних систем і їхній порівняльний аналіз із заданим ступенем точності: оперуючи принципами поведінки системи, описаними нечіткими методами, по-перше, не витрача-

ється багато часу на з'ясування точних значень змінних і упорядкування рівнянь, що їх описують, по-друге, можна оцінити різні варіанти вихідних значень.

Розрізняють два типи нечіткої інформації залежно від області визначення нечітких множин. До першого типу належать нечіткі множини, певні на деякій числовій безлічі, наприклад на інтервалі дійсних чисел. У цьому випадку говорять про нечіткі множини як про нечіткі величини, а безліч приймає назву числової шкали. Прикладами нечітких величин є нечіткі числа і нечіткі інтервали. До другого типу належать нечіткі множини, які належать до нечислової безлічі, наприклад, безлічі правил і фактів експертної системи, безлічі цілей або альтернатив. У цьому випадку говорять про нечітку безліч як про безліч нечітких об'єктів. Визначення, інтерпретація та обробка нечітких множин цих двох типів залежно від галузі використання можуть істотно відрізнятися між собою.

Взагалі, використання систем нечіткого виведення – це процес отримання нечітких висновків про управління об'єктом на основі нечітких умов або передумов, що представляють собою інформацію про поточний стан об'єкта. Цей процес поєднує в собі всі основні концепції теорії нечітких множин: функції приналежності, лінгвістичні змінні, методи нечіткої імплікації тощо. При використанні нечіткої логіки важливе значення має підбір функцій приналежності. Основними видами функцій приналежності є кусково-лінійні, Z-образні, S-образні та П-подібні функції [14]. При виборі функцій приналежності використовуються непрямі та прямі методи. При відсутності або неможливості кількісної оцінки досліджуваних параметрів використовуються непрямі методи побудови функцій приналежності (наприклад, метод парних порівнянь), в іншому випадку використовуються прямі методи (методи відносних частот, параметричний, інтервальний і т. ін.).

У загальному вигляді до основних етапів нечіткого виведення відносять формування бази правил системи нечіткого виведення, фазифікацію вхідних змінних, агрегування підумов у нечітких правилах продукцій, активізацію або композицію підзаклучень у нечітких правилах продукцій, акумулювання висновків нечітких правил продукцій, дефазифікацію вихідних змінних.

База правил системи нечіткого виведення призначена для формального подання емпіричних знань експертів у формі нечітких продукційних правил, яка відображає знання експертів про методи управління об'єктом в різних ситуаціях, характер його функціонування в різних умовах, тобто містить формалізовані людські знання. Вона може бути сформовано на основі такого алгоритму. На першому етапі генерується множина правил, виходячи з визначених можливих поєднань вхідних і вихідних параметрів. Найчастіше база правил має вигляд структурованого тексту, напр.: Правило 1. Якщо «Умова_A1» або «Умова_B1», ТО «Наслідок_C1». При цьому база нечітких правил повинна відповідати структурі *MISO* (*MultipleInput-Single Output*), у якій двом вхідним змінним відповідає одна вихідна. На другому етапі з метою проведення ранжирування правил за ступенем

важливості кожному правилу надають ваговий коефіцієнт. На третьому етапі проводиться виключення правил, які суперечать один одному та в яких однакові причини призводять до різних висновків. База правил нечіткого виводу включає в себе множину правил нечітких продукцій, найменування вхідних і вихідних лінгвістичних змінних. Матриця правил і сформовані на її основі правила є основою системи нечіткого логічного виведення.

Фазифікація (введення нечіткості) – це установка відповідності між чисельним значенням вхідної змінної системи нечіткого виведення і значенням функції приналежності відповідного їй терму лінгвістичної змінної. На етапі фазифікації значенням всіх вхідних змінних системи нечіткого виведення ставляться у відповідність конкретні значення функцій приналежності відповідних лінгвістичних.

Агрегування – це процедура визначення ступеня істинності умов по кожному з правил системи нечіткого виведення. При цьому використовуються отримані на етапі фазифікації значення функцій приналежності термів лінгвістичних змінних. У процедурі активації функція приналежності до підзаключень може бути визначена за допомогою методів нечіткої композиції, таких як *prod-активізація*, *min-активізація*, *average-активізація*. З метою знаходження функції приналежності для вихідних лінгвістичних змінних використовують процедуру акумуляції, за допомогою якої проходить акумулювання всіх ступенів істинності заключень. Поєднання функцій приналежності всіх підзаключень проводиться, як правило, класичним *max-об'єднанням*, а також алгебраїчним, граничним або драстичним об'єднанням. Далі використовують процедуру дефазифікації, тобто процедуру приведення до чіткості, яка дає можливість на основі значень вхідних змінних різної природи отримати результати у вигляді чіткого кількісного значення. Існують різні методи дефазифікації, тому вибір і застосування того чи іншого методу залежить від типу об'єкта моделювання. Найпростіший метод зводиться до вибору значення вихідного параметра з максимальним значенням функції приналежності. Найбільш розповсюджені методи центру тяжіння (*Centre of Gravity*), центру площі (*Centre of Area*), лівого або правого модального значення. Поширено п'ять основних схем нечіткого виведення: алгоритм Мамдані (*Mamdani*), алгоритм Цукamoto (*Tsukamoto*), алгоритм Сугено (*Sugeno*), алгоритм Ларсена (*Larsen*), спрощена схема нечіткого виведення. Найбільше розповсюдження отримав алгоритм Мамдані, перевагою якого є прозорість та інтуїтивна зрозумілість створених на його основі нечітких баз, тоді як при використанні інших алгоритмів виникають труднощі при виборі лінійних залежностей між досліджуваними параметрами [15].

У даний час існує велика кількість програмного забезпечення, що використовує теорію нечітких множин. Найбільшого поширення набули пакети розширення *Fuzzy Logic Toolbox* і *Flex Tool for MatLab Mathworks*, *Fuzzy TECH*, *CubiCalc*, *FIDE*, а також пакет *JFS*. При моделюванні складних технічних систем найбільш універсальні *Fuzzy TECH* і *Fuzzy Logic Toolbox for MatLab*.

У *Fuzzy TECH* реалізовані методи структурної адаптації нечіткої моделі та методи генерації нечітких правил «Якщо-То». У пакеті *Fuzzy Logic Toolbox for MatLab* застосовуються метод субтрактивної кластеризації та технологія, що здійснює настройку функцій приналежності з використанням методу зворотного поширення помилок. Різні алгоритми та еволюційні обчислення в методах налаштування нечітких моделей у пакеті *Fuzzy Logic Toolbox for MatLab* відсутні, але вони доступні в спеціалізованому комерційному пакеті розширення *Flex Tool* компанії *Sunap Sys*. У даному пакеті реалізовано три типи функцій приналежності, десять способів нечіткої імплікації, два алгоритми нечіткого виводу (Мамдані, Сугено), 19 способів суперпозиції нечітких множин і вісім методів дефазифікації. Для навчання моделі використовуються такі генетичні алгоритми: стандартний, модифікований (*Micro-GA*) і стійкий (*Steady State GA*) [16].

ВИСНОВКИ

Ідентифікація інвестиційних ризиків підприємства зумовлює необхідність їх оцінювання. Використовуючи нечітку логіку для обробки недетермінованих даних, можна оперувати лінгвістичними змінними, які є більш природними для людського розуміння при описанні елементів економічних систем.

Використання математичного апарату нечіткої логіки дає можливість експертам працювати зі змінними, опис яких наявний тільки в якісних категоріях (у інтервальному вигляді) без використання середніх значень, або рангів. Така модель нечутлива до кількості вхідних даних: при зміні ризикових факторів відповідно змінюється лише кількість правил виведення, але логіка моделі при цьому не змінюється. Це дозволяє використовувати модель для оцінки не тільки інвестиційних ризиків, але і ризиків функціонування підприємства взагалі. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Шарп У. Инвестиции / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 1028 с.
2. Гитман Л. Дж. Основы инвестирования / Л. Дж. Гитман, М. Д. Джонк / Пер. с англ. – М.: Дело, 1997. – 488 с.
3. Ansell, J. Risk, Analysis, Assessment and Management / Edited by Jake Ansell and Frank Wharton. – N.Y.: J.Wiley & Sons Ltd., 1992. – 482p.
4. Анализ данных и процессов : учеб. пособие / [А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
5. Вітлінський В. В. Аналіз, оцінка і моделювання економічного ризику / В. В. Вітлінський. – К.: Деміур, 1996. – 212 с.
6. Асаи К. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
7. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка : монографія / А. В. Матвійчук. – К.: КНЕУ, 2011. – 439 с.
8. 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.
9. Экспертные системы. Принципы работы и примеры : производственное издание / А. Брукинг, П. Джонс, Ф. Кокс и др. ;

Под ред. Р. Форсайта / Пер. с англ. С. И. Рудаковой. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.

10. 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.

11. Ярушкина Н. Г. Методы нечетких экспертных систем в интеллектуальных САПР / Н. Г. Ярушкина. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1997. – 107 с.

12. Локтионова Ю. А. Механизм обеспечения экономической безопасности предприятия / Ю. А. Локтионова // Социально-экономические явления и процессы. – 2013. – № 3. – С. 91–98.

13. Harrington, E. C. The Desirability Function / Edwin C. Harrington, Jr. // *Industrial Quality Control*. – 1965. – April. – P. 494–498.

14. Раскин Л. Г. Нечеткая математика : монография / Л. Г. Раскин, О. В. Серая. – Харьков : Парус, 2008. – 352 с.

15. Вовк В. М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах : монографія / В. М. Вовк. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 584 с.

16. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

Науковий керівник – Козенков Д. Є., кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри менеджменту Національної металургійної академії України (Дніпро)

REFERENCES

Ansell, J. *Risk, Analysis, Assessment and Management*. New York: J. Wiley & Sons Ltd., 1992.

Asai, K. *Prikladnyye nechetkiye sistemy* [Applied fuzzy systems]. Moscow: Mir, 1993.

Altunin, A. E., and Semukhin, M. V. *Modeli i algoritmy priniatiya resheniy v nechetkikh usloviyakh* [Models and algorithms of decision-making in fuzzy environment]. Tyumen: Izd-vo Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2000.

Barsegyan, A. A. *Analiz dannykh i protsessov* [The analysis data and processes]. St. Petersburg: BKhV-Peterburg, 2009.

Bruking, A. et al. *Ekspertnyye sistemy. Printsipy raboty i primery* [Expert systems. The principles and examples]. Moscow: Radio i sviaz, 1987.

Gitman, L. Dzh., and Dzhonk, M. D. *Osnovy investirovaniya* [Investing Basics]. Moscow: Delo, 1997.

Harrington, Edwin C. "The Desirability Function". *Industrial Quality Control*, April (1965): 494-498.

Loktionova, Yu. A. "Mekhanizm obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya" [Mechanism to ensure the economic security of the enterprise]. *Sotsialno-ekonomicheskiye yavleniya i protsessy*, no. 3 (2013).

Leonenkov, A. V. *Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzyTECH* [Fuzzy modeling in MATLAB environment and fuzzoTECh]. St. Petersburg: BKhV-Peterburg, 2005.

Modeli i algoritmy priniatiya resheniy v nechetkikh usloviyakh [Models and algorithms of decision-making in fuzzy environment]. Tyumen: Izd-vo Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2000.

Matviichuk, A. V. *Shtuchnyi intelekt v ekonomitsi: neuronni merezhi, nechitka lohika* [Artificial intelligence in the economy: neural networks, fuzzy logic]. Kyiv: KNEU, 2011.

Raskin, L. G., and Seraya, O. V. *Nechetskaya matematika* [Fuzzy math]. Kharkiv: Parus, 2008.

Sharp, U., Aleksander, G., and Beyli, Dzh. *Investitsii* [Investments]. Moscow: INFRA-M, 1998.

Vovk, V. M. *Matematychni metody doslidzhennia operatsii v ekonomiko-vyrobnychyykh systemakh* [Mathematical methods of operations research in the economic and production systems]. Lviv: LNU im. Ivana Franka, 2007.

Vitlinskyi, V. V. *Analiz, otsinka i modeliuvannia ekonomichnoho ryzyku* [Analysis, assessment and modeling economic risks]. Kyiv: Demiur, 1996.

Yarushkina, N. G. *Metody nechetkikh ekspertnykh sistem v intellektualnykh SAPR* [Methods of fuzzy expert systems into intelligent CAD]. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 1997.