

Фірсов О. Д., кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-6528-6447

Маріщук А. В., магістрант кафедри інженерії
програмного забезпечення
Дніпровського державного технічного університету
ORCID: 0009-0005-0599-3093

НЕЧІТКА СИСТЕМА АНАЛІЗУ БІЗНЕС ПРАВИЛ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ

Об'єктом дослідження є процес розробки нечіткої системи для аналізу бізнес-правил при проектуванні баз даних, зокрема використання нечіткої логіки для обробки неповних і невизначених даних у сучасних бізнес-процесах.

Метою роботи є розробка нечіткої системи для аналізу бізнес-правил предметної області під час проектування бази даних; розробка відповідного програмного забезпечення засобами мови програмування C#, з використанням баз даних SQL для забезпечення адаптивності та гнучкості системи при роботі з нечіткими даними.

Представлено результати аналізу вітчизняної та зарубіжної літератури щодо використання нечіткої логіки в проектуванні баз даних, а також існуючих методів обробки нечітких та неповних даних у бізнес-системах. Огляд включає порівняння різних підходів до застосування нечітких систем у контексті управління даними та проектування баз даних.

Розроблено модель нечіткої системи для аналізу та обробки бізнес-правил, встановлено методи інтеграції нечіткої логіки в процес проектування бази даних, представлено результати тестування системи на реальних бізнес-сценаріях для оцінки її ефективності у порівнянні з традиційними підходами.

Наведено результати розробки програмного забезпечення засобами мови програмування C#, яке дозволяє здійснювати автоматизацію процесу аналізу бізнес-правил та проектування бази даних із врахуванням нечітких і неповних даних, що підвищує адаптивність та точність системи.

В результаті обчислень отримано значення, які можуть бути представлені у вигляді графічних результатів або конкретних числових показників, що вказують на відповідність заданим критеріям чи параметрам.

Аналіз результатів здійснюється на основі порівняння отриманих значень з заздалегідь визначеними межами та бізнес-правилами. Це дозволяє виявити аномалії або відхилення від очікуваних значень, а також визначити, наскільки ефективно працює система для кожної конкретної ситуації.

Зокрема, для кожної отриманої результатної множини здійснюється перевірка її валідності та точності. Це може включати: оцінку ступеня належності елементів до заданої категорії, визначення найбільш значущих факторів, що впливають на результат, порівняння отриманих результатів з попередніми чи контрольними даними для виявлення змін чи трендів.

Ключові слова: нечітка логіка, бази даних, бізнес-правила, нечіткі системи, програмне забезпечення, аналіз даних, адаптивність, інновації в інформаційних системах, C#, SQL, проектування баз даних.

Firsov O. D., Marischuk O. V. Fuzzy system for analysis of business rules of the subject area during database creation

The object of research is the process of developing a fuzzy system for analysing business rules in database design, in particular, the use of fuzzy logic to process incomplete and uncertain data in modern business processes.

The aim of the study is to develop a fuzzy system for analysing business rules of the subject area during database design; to develop the corresponding software using C# programming language, with the use of SQL databases to ensure adaptability and flexibility of the system when working with fuzzy data.

The analytical review presents the results of the analysis of domestic and foreign literature on the use of fuzzy logic in database design, as well as existing methods of processing fuzzy and incomplete data in business systems. The review includes a comparison of different approaches to the use of fuzzy systems in the context of data management and database design.

In the research part, a model of a fuzzy system for analysing and processing business rules is developed, methods for integrating fuzzy logic into the database design process are established, and the results of testing the system on real business scenarios are presented to assess its effectiveness in comparison with traditional approaches.

The application part presents the results of software development using the C# programming language, which allows automating the process of analysing business rules and designing a database taking into account fuzzy and incomplete data, which increases the adaptability and accuracy of the system.

As a result of the calculations, values are obtained that can be presented in the form of graphical results or specific numerical indicators indicating compliance with the specified criteria or parameters.

The analysis of the results is carried out on the basis of comparing the obtained values with predefined limits and business rules. This allows you to identify anomalies or deviations from expected values, as well as determine how effectively the system works for each specific situation.

For each resulting set, its validity and accuracy are checked. This may include: assessing the degree to which elements belong to a given category, determining the most significant factors affecting the result, comparing the obtained results with previous or control data to identify changes or trends.

Key words: fuzzy logic, databases, business rules, fuzzy systems, software, data analysis, adaptability, innovations in information systems, C#, SQL, database design.

Постановка проблеми. У сучасному світі інформаційні технології мають величезний вплив на всі сфери людської діяльності, і сфера управління даними та базами даних не є винятком. Розвиток сучасних інформаційних систем потребує нових підходів до створення та управління базами даних, адже ці системи мають справу з великими обсягами даних, що характеризуються різноманітністю, складністю та постійними змінами. Однією з головних проблем є адаптація традиційних методів до умов, коли необхідно працювати з даними, що містять невизначеність, нечіткість або неповноту.

Це актуалізує проблему створення нових методів і підходів до проектування баз даних, зокрема через використання нечіткої логіки та нечітких систем для аналізу бізнес-правил предметної області. Нечіткі системи, які здатні працювати з нечіткими та неточними даними, є ефективним інструментом для розв'язання цих проблем, оскільки вони дозволяють враховувати варіативність та невизначеність, властиві багатьом реальним бізнес-процесам. Завдяки застосуванню нечітких систем можна створювати бази даних, які більш гнучкі та адаптивні до змінних умов, що, в свою чергу, забезпечує ефективніше управління даними в умовах постійно змінюваного бізнес-середовища.

Актуальність теми обумовлена тим, що традиційні методи побудови баз даних часто не здатні повною мірою врахувати нечіткість, що характерна для багатьох бізнес-процесів. Бізнес-правила предметної області часто мають нечіткий або неповний характер, що призводить до складнощів при створенні баз даних, що повинні точно відображати реальну ситуацію в бізнесі. Врахування нечітких бізнес-правил може значно покращити ефективність роботи бази даних, забезпечуючи точність і гнучкість її структури.

Використання нечіткої логіки дозволяє створити такі системи, які можуть працювати з неповними, суперечливими та нечіткими даними, що є важливим аспектом для бізнесу, де точність даних може бути варіативною або не завжди визначеною. Зокрема, для великих підприємств або компаній, що працюють в динамічних умовах, створення бази даних, здатної адаптуватися до змін, є ключовим фактором для ефективного управління.

У останні десятиліття ми спостерігаємо стрімкий розвиток інформаційних технологій і, зокрема, методів обробки та зберігання даних. Бази даних стали невід'ємною частиною будь-якої організації, від малого бізнесу до великих корпорацій. Традиційні реляційні бази даних продовжують використовуватись, однак для вирішення задач, де має місце нечіткість і варіативність, реляційні моделі не завжди є ефективними. У цих умовах не можна обмежуватись лише класичними методами, і виникає потреба в застосуванні нових підходів.

Одна з таких нових технологій – нечітка логіка. Нечітка логіка дозволяє працювати з набагато більш широким діапазоном вхідних даних і дозволяє приймати рішення, навіть якщо точність цих даних невисока. Такий підхід дозволяє створювати системи, які краще адаптуються до реальних умов бізнесу, де дані можуть бути неповними або не до кінця визначеними.

Крім того, важливим аспектом є інтеграція новітніх методів із вже існуючими технологіями баз даних. Розробка нових інструментів, які б дозволяли враховувати нечіткість при проектуванні і функціонуванні баз даних, є однією з найбільш актуальних тенденцій у розвитку галузі. Такий підхід дозволить зменшити людський фактор при управлінні даними і покращити якість прийнятих рішень.

Основною метою цього дослідження є розробка нечіткої системи для аналізу бізнес-правил предметної області під час створення відповідної бази даних. Для досягнення цієї мети потрібно вирішити кілька важливих завдань:

- розробити модель нечіткої системи, здатної працювати з бізнес-правилами;
- визначити методи інтеграції нечіткої логіки в процес проектування бази даних;
- оцінити ефективність такої системи на прикладі реальних бізнес-сценаріїв;
- порівняти результати використання нечіткої системи з традиційними підходами до проектування баз даних.

Очікувані результати цієї роботи мають практичне значення для автоматизації процесу проектування баз даних і можуть бути використані в різних галузях, де потрібна обробка великої кількості даних з невизначеністю або неповнотою.

Розробка нечіткої системи для аналізу бізнес-правил має важливе значення для підвищення ефективності проектування баз даних. Очікується, що цей підхід дозволить значно полегшити процес створення

бази даних, зменшити ймовірність помилок, а також забезпечить більшу адаптивність до змінюваних умов бізнесу. Завдяки цьому підприємства зможуть швидше реагувати на зміни в зовнішньому середовищі та вдосконалювати свою інфраструктуру.

Оскільки більшість сучасних бізнес-даних має невизначену природу, застосування нечіткої логіки для їх аналізу відкриває нові можливості для ефективного управління і прийняття рішень. Таким чином, значення цього дослідження полягає не лише в його теоретичній цінності, але й у його практичній користі для сучасних інформаційних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність розроблення нечіткої системи для аналізу бізнес-правил предметної області під час створення відповідної бази даних обумовлена кількома ключовими факторами.

По-перше, у сучасному бізнес-середовищі існує потреба в ефективному управлінні інформацією, що часто характеризується великою кількістю даних з різними типами і структурою. Бізнес-правила визначають, як саме ці дані повинні оброблятися, зберігатися та використовуватися в процесах прийняття рішень. Однак традиційні підходи до моделювання бізнес-правил часто не здатні враховувати їхню складність, неоднозначність та динамічність.

По-друге, сучасні інформаційні системи повинні мати можливість адаптуватися до змінних умов бізнес-середовища. Нечітка логіка, як підхід до моделювання, дозволяє ефективно працювати з невизначеністю та неповними даними, що є типовим для реальних бізнес-процесів. Це забезпечує більш точне відображення бізнес-правил, які можуть бути суб'єктивними або варіативними, оскільки їх застосування може залежати від конкретних ситуацій чи умов.

По-третє, використання нечітких систем може призвести до підвищення точності та надійності рішень, що приймаються на основі аналізу бізнес-правил. Це, у свою чергу, дозволяє зменшити ризики, пов'язані з помилками в обробці даних, і підвищити загальну ефективність інформаційних систем.

Оскільки автоматизація бізнес-процесів стає все більш важливою для конкурентоспроможності організацій, розробка нечіткої системи для аналізу бізнес-правил є необхідним кроком у напрямку створення адаптивних, ефективних та точних баз даних. Це дослідження не тільки відповідає потребам сучасного ринку, але й сприяє розвитку нових підходів у сфері управління інформацією та базами даних.

Таким чином, дослідження актуальності розроблення нечіткої системи для аналізу бізнес-правил під час створення бази даних є важливим внеском у теорію та практику автоматизації бізнес-процесів, що, безумовно, має наукову і практичну цінність.

В Україні актуальність нечіткої системи для аналізу бізнес-правил предметної області – це, наприклад, така система як нечітка модель оцінки кредитоспроможності фізичних осіб. На сьогоднішній день прийняття рішень у інвестиційній діяльності за умов невизначеності досліджують такі вчені, як: Ю.П. Зайченко [1], А.В. Матвійчук [2], О.О. Недосекін [3], В.Г. Чернова [4]. Основний математичний апарат, що використовується дослідниками – це теорія нечітких множин.

Згідно з досвідом, для представлення критеріїв оцінки суб'єктів господарювання, запропонованих експертами, доцільно використовувати нечітку логіку з типами функцій належності [5].

Трикутні функції належності є найхарактернішим прикладом кусково-лінійних функцій. У нашому випадку кожна з розглядуваних функцій належності задається на інтервалі значень відповідних коефіцієнтів.

Сформулюємо всі критерії оцінки суб'єктів, які, можуть бути представлені у вигляді трикутної функції належності [6].

1. Коефіцієнт загальної ліквідності.

Коефіцієнт загальної ліквідності розраховується як відношення оборотних активів до поточних зобов'язань [7]. Позначимо цю величину K_1 таким чином:

$$\begin{cases} K_1' * 0,09; \text{ якщо } K_1' \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K_1'; \text{ якщо } K_1' \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K_1' * 1,1; \text{ якщо } K_1' \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

Функція належності для величини K_1 буде записана як:

$$\mu(K_1; 1; 1.75; 2.5) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_1 \leq 1; \\ \frac{4(K_1 - 1)}{3}, & \text{якщо } 1 < K_1 \leq 1.75; \\ \frac{c - x}{c - b}, & \text{якщо } 1.75 < K_1 < 2.5; \\ 0, & \text{якщо } K_1 \geq 2.5. \end{cases} \quad (1)$$

2. Коефіцієнт фінансової незалежності.

Коефіцієнт фінансової незалежності відображає рівень автономії підприємства від зовнішніх запозичень [8]. Він визначається як відношення загальної суми власних коштів до підсумку балансу. Цей коефіцієнт показує частку власного капіталу в загальному обсязі ресурсів, вкладених у його діяльність. Чим вищий коефіцієнт, тим фінансово стабільніше підприємство і менше залежить від зовнішніх кредиторів та інвесторів.

Коефіцієнт фінансової незалежності розраховується за такою формулою:

$$K_2' = \left(\begin{array}{l} \text{Забезпечення наступних витрат і цільове фінансування} + \\ + \text{Довгострокові зобов'язання} + \text{Поточні зобов'язання} \end{array} \right) / \text{Власний капітал}$$

Тоді запишемо величину K_2 наступним чином:

$$\begin{cases} K_2' * 0,09; \text{ якщо } K_2' \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K_2'; \text{ якщо } K_2' \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K_2' * 1,1; \text{ якщо } K_2' \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

Функцію належності побудуємо наступним чином:

$$\mu(K_2; 0; 1; 2) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_2 \leq 0; \\ K_2, & \text{якщо } 0 < K_2 \leq 1; \\ 2 - K_2, & \text{якщо } 1 < K_2 < 2; \\ 0, & \text{якщо } K_2 \geq 2. \end{cases} \quad (2)$$

3. Коефіцієнт маневреності власних коштів.

Коефіцієнт маневреності власних коштів визначається як різниця між власним капіталом та необоротними активами, поділена на власний капітал [9]. Цей показник демонструє, наскільки мобільні власні фінансові ресурси підприємства. Його значення може змінюватися в залежності від структури капіталу та галузі, до якої належить підприємство. Бажано, щоб коефіцієнт маневреності поступово зростав, але раптове його збільшення може бути недоцільним, оскільки це призведе до зниження інших показників, наприклад, коефіцієнта автономії, що збільшує залежність підприємства від кредиторів [10].

Позначимо цю величину K_3 таким чином:

$$\begin{cases} K_3' * 0,09; \text{ якщо } K_3' \text{ менше середнього значення коефіцієнта по галузі;} \\ K_3'; \text{ якщо } K_3' \text{ співпадає із середнім значенням коефіцієнта по галузі;} \\ K_3' * 1,1; \text{ якщо } K_3' \text{ більше середнього значення коефіцієнта по галузі.} \end{cases}$$

Функцію належності побудуємо наступним чином:

$$\mu(K_3; 0; 0.5; 1) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } K_3 \leq 0; \\ 2K_3, & \text{якщо } 0 < K_3 \leq 0.5; \\ 2 - 2K_3, & \text{якщо } 0.5 < K_3 < 1; \\ 0, & \text{якщо } K_3 \geq 1. \end{cases} \quad (3)$$

Згідно з наведеними даними, розвиток нечіткої системи для аналізу бізнес-правил, зокрема в контексті оцінки кредитоспроможності фізичних осіб, є надзвичайно актуальним для України. Нечітка логіка дозволяє враховувати як кількісні, так і якісні фактори, що є критично важливими в умовах невизначеності, характерних для сучасного економічного середовища. Використання експертних оцінок для визначення критеріїв стабільності роботи підприємств може суттєво підвищити точність оцінок та знизити ризики [11].

Використання трикутних, S-подібних та інших функцій належності дає змогу ефективно моделювати різноманітні бізнес-ситуації, адже ці функції можуть відображати складні відносини між змінними, які не піддаються чітким кількісним вимірюванням [12]. Це особливо важливо для підприємств, де фактори, що впливають на фінансову стабільність, можуть змінюватися під впливом зовнішніх та внутрішніх умов.

Наприклад, функції належності для коефіцієнтів загальної ліквідності, фінансової незалежності та маневреності власних коштів дозволяють більш точно аналізувати фінансове становище підприємства, що, в свою чергу, може впливати на прийняття рішень щодо інвестицій та кредитування. Врахування нечітких критеріїв у бізнес-аналізі забезпечує більш гнучкий підхід до оцінки, що відповідає реаліям сучасного бізнес-середовища в Україні [13-14].

Загалом, впровадження нечітких систем в управлінні фінансами підприємств сприяє не тільки підвищенню ефективності прийняття рішень, але й формує надійний фундамент для подальших досліджень та розробок у сфері автоматизації бізнес-процесів, що вимагає адаптації до змінюваних умов ринку.

Медичні працівники демонструють різноманітність у прийнятті рішень через різні підходи до управління невизначеністю та неясністю в знаннях і інформації. Діагностичні рішення також залежать від досвіду, експертності та сприйняття практикуючого лікаря [15]. Оскільки складність системи зростає, дотримуватись певного шляху діагностики без помилок стає нелегко. Нечітка логіка пропонує потужні методи міркування, які можуть справлятися з невизначеністю та неясністю. Нечіткі експертні системи (НЕС) визначають неточні знання та пропонують лінгвістичні концепції, які добре наближаються до медичних текстів [16].

Нечітка логіка є методом, що дозволяє уточнити те, що є нечітким у сфері медицини. НЕС відіграють важливу роль у медицині для симптоматичної діагностики [17, 18]. Література, опублікована на тему НЕС у медичній діагностиці, охоплює широкий спектр, включаючи огляди, застосування, інновації, концептуальні дослідження та розробку діагностичних інструментів. Співпраця між медичними науковцями та комп'ютерними інженерами призвела до міждисциплінарного прогресу у розвитку інтелектуальних допоміжних інструментів і систем [19].

Звітні системи використовуються для моніторингу пацієнтів, прогнозування стану, обробки нечітких запитів у медичних застосуваннях, а також для оцінки та порівняння їх ефективності з існуючими практиками [20]. Область застосування НЕС знайшла своє застосування у діагностиці, диференціальній діагностиці, терапії, аналізі зображень, розпізнаванні образів, моніторингу пацієнтів, аналізі медичних даних, банках даних, текстовому аналізі та в теорії: багатозначна логіка, нечіткі відносини, теорія нечітких множин, нечітка класифікація тощо. Минулі дослідження сприяли розвитку діагностичних технік, кількісній оцінці медичної експертності, трансферу знань, виявленню патернів використання та застосуванню НЕС, а також їх впровадженню в практику медичних працівників [21].

Розуміння та прийняття рішень людиною є нечіткими, оскільки вони передбачають значний ступінь неясності в доказах і використанні концепцій та вимагають високого рівня управління невизначеністю в медичній діагностиці. Є кілька джерел неточності та невизначеності в галузі експертних систем. Розв'язання проблем у цій сфері може бути неточним [22]. Наприклад, це стосується більшості медичних проблем. Дослідники запропонували безліч інноваційних нечітких експертних систем для вирішення питань неясності та складності, надаючи практичні інструменти користувачам у формі нечітких експертних систем [23]. Інтелектуальні медичні системи створюються з акцентом на конкретні захворювання для підтримки процесу прийняття рішень [24]. Спостереження за пацієнтами, прогнозування стану, обробка нечітких запитів, а також оцінка та порівняння результатів з існуючими практиками також є сферами інтересу дослідників [25]. Розроблено освітні інструменти, що використовують підходи нечіткої логіки для підтримки користувачів.

У наведених дослідженнях обговорюються потреба, важливість, потенціал, необхідність нечіткої класифікації та підходи до проектування експертних систем для медичної діагностики [26]. Деякі дослідження були проведені для перевірки придатності теорії нечітких множин та її похідних теорій для розробки систем на основі знань та нечітких множин для моделювання медичних концепцій [27]. Системи підтримки прийняття рішень для діагностики людських хвороб значно допомогли пацієнтам і лікарям. Розробники розширили використання теорії нечіткої логіки при проектуванні експертних систем, специфічних для захворювань, та систем прийняття рішень для поширених хвороб. Нечіткий підхід був досліджений для вирішення проблеми невизначеності у стилі мислення лікаря та комп'ютеризованих експертних систем для прийняття рішень [28,38].

Комп'ютеризовані додатки для діагностики та лікування пацієнтів, здається, є більш новою сферою інтересу. Веб-орієнтовані нечіткі експертні системи були представлені для діагностики людських захворювань [29].

Сфери застосувань, які не пов'язані із захворюваннями, охоплюють: рентгенівську мамографію, інтерпретацію мамографічних і ультразвукових зображень, електрографічне дослідження людського тіла [30]. Нечітка експертна система для різних звуків, що виробляються різними органами в людському тілі, також була описана, використовуючи інструментарій нечіткої логіки MATLAB. Застосування нечіткої експертної системи та дерева рішень для вибору засобу в гомеопатії є одним із рідкісних застосувань. Інші сфери застосування нечіткої логіки включають: прогнозування аневризми, загоєння переломів та нестационарні нечіткі експертні системи, інтуїціоністські нечіткі множини [31].

Нечітка експертна система довела свою корисність у медичній діагностиці для кількісного аналізу та якісної оцінки медичних даних, що, в свою чергу, забезпечує точність результатів [32]. Комп'ютерні діагностичні інструменти та бази знань безперечно допомагають для ранньої діагностики захворювань. Розвиток веб-орієнтованих застосувань і інтерфейсів дозволив медичним працівникам ділитися своїм досвідом і знаннями по всьому світу. Спостерігається, що розвиток специфічних для захворювання застосувань за допомогою нечітких експертних систем є найбільшою сферою інтересу дослідників, які присвятили їй 44% своїх досліджень [33,37].

Як і в багатьох економічних задачах, під час розрахунків показників інвестиційного проекту економісти стикаються з проблемами неповноти, нечіткості або невизначеності вхідних даних. Для вирішення цих проблем існує безліч методів, наприклад, статистичні або мінімаксні, але на практиці вони не завжди ефективні, а іноді навіть непридатні. Найбільш адаптованим до цих проблем виявився апарат, заснований на теорії нечітких множин.

Прикладом, що ілюструє переваги «нечіткого підходу», є задача оцінки таких показників інвестиційних проектів, як чиста поточна вартість доходу (NPV) та внутрішня ставка прибутковості (IRR). У них поєднуються нечіткість і невизначеність даних, а також розпливчастість умов, в яких реалізується проект.

Наразі починають з'являтися інформаційні ресурси, що агрегують дані про діяльність сотень українських корпорацій. Весь цей обсяг даних ще не був серйозно досліджений, і не було ясності в тому, як аналізувати різноманітну кількість кількісної та якісної інформації в єдиній системі. Однак, сьогодні цей підхід до аналізу економічних даних починає формуватися під назвою Fuzzy Economics. Завдання полягає в тому, щоб на основі розробленої методології створити систему інтелектуального аналізу, що проводить аналітичну обробку даних і вироблення оптимальних економічних рішень.

Перерахуємо характерні економічні задачі, де застосування нечітких обчислень досягає вражаючих результатів:

Стратегічне планування. Оцінка бізнесів, опис стану ринків і конкурентоспроможності, а також аналіз сильних і слабких сторін підприємств – це кваліметричні задачі, які можуть бути успішно поставлені і вирішені у нечіткій формі. Саме на цьому принципі працює система стратегічного планування, реалізована у міжнародному регіональному співтоваристві Сіменс.

Комплексний аналіз стану корпорації. Ще одна кваліметрична задача. Важливо виявити чинники та оцінити їх ієрархію з відповідними системами пріоритетів. У простому випадку, коли всі чинники представлені у вигляді вектора, комплексна оцінка може бути отримана за допомогою двовимірної матричної агрегації поточних якісних рівнів чинників. У рамках цього підходу можна одночасно аналізувати всі аспекти діяльності корпорації (фінанси, управління, процеси, задоволеність клієнтів, стратегічне положення тощо).

Прогнозування фондових індексів. Якщо побудувати макроекономічну модель, в якій екзогенні чинники виступають прогнозними рівнями макроекономічних параметрів регіону, де випускаються цінні папери, а виходами моделі є фондові індекси, то прогнози і зв'язки між чинниками можуть бути нечіткими. Відповідно, результуючі прогнози фондових індексів будуть представлені у формі нечітких функцій.

Транспортна логістика. Якщо сегменти транспортної мережі мають нечітку тривалість перевезення, розумно вибрати маршрут, що має з одного боку мінімальну середню тривалість, а з іншого – максимальну ймовірність прибуття за графіком. Класичні моделі, на жаль, не дозволяють вирішити цю проблему.

Управління запасами. Хоча існує багато детермінованих моделей для оптимізації управління запасами, виявляється, що справжня проблема з управлінням запасами на підприємствах зазвичай має нечіткий характер, зумовлений розпливчастістю критеріїв, що використовуються для оцінки стану запасів, при прогнозуванні потреб у матеріалах і елементах для виробництва [36].

Мета статті. Для розробки нечіткої системи, що використовується для аналізу бізнес-правил предметної області, необхідно вибрати математичні методи, які дозволяють ефективно працювати з невизначеністю, нечіткістю і неповнотою даних. Одним із основних таких методів є нечітка логіка, яка базується на теорії нечітких множин. Вона дає змогу оперувати з даними, що мають варіативність і нечіткість, і застосовується для аналізу й прийняття рішень у ситуаціях, де традиційні підходи не дають точних результатів.

Окрім цього, для досягнення високої гнучкості та ефективності моделювання, ми використовуємо моделювання нечітких систем на основі нечітких множин та нечітких алгоритмів прийняття рішень, таких як нечіткі регресійні моделі та нечіткі когнітивні карти. Вибір цих методів зумовлений здатністю працювати з наборами даних, де елементи не мають чітких меж або визначених значень, а також можливістю комбінувати різні джерела даних і оцінок.

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій, зокрема в процесі проектування баз даних, існує багато проблем, пов'язаних з аналізом та обробкою великих обсягів даних. Враховуючи їхню складність, неповноту та нечіткість, традиційні підходи, засновані на класичних математичних моделях і методах, часто не здатні адекватно описати та вирішити поставлені завдання. Тому виникає потреба у застосуванні нових, більш ефективних математичних методів, що дозволяють працювати з даними, що мають непевність або нечіткість. Одним із таких методів є нечітка логіка, що є основою для розробки нечітких систем, здатних обробляти і аналізувати нечіткі бізнес-правила.

Аналіз бізнес-правил предметної області є важливою частиною процесу проектування бази даних. Багато бізнес-правил можуть бути нечіткими або суперечливими. Наприклад, в процесі, пов'язаних з обробкою замовлень, ціни товарів, попиту на продукцію або прогнозування бізнес-стратегії можуть бути визначені не тільки через чіткі числові величини, але й через нечіткі категорії, такі як «високий попит», «середній рівень ризику» або «низька ймовірність». В цих випадках використання традиційних моделей для точного моделювання бізнес-правил стає складним або неможливим.

Однак, оскільки основною проблемою є аналіз нечітких, суперечливих та неповних даних, нечітка логіка є найбільш підходящим математичним методом для реалізації цієї задачі. Вона дозволяє забезпечити високий рівень гнучкості та адаптивності, що є важливим для проектування сучасних баз даних, які повинні ефективно працювати в умовах постійних змін і невизначеності.

Отже, вибір нечіткої логіки як основного математичного методу для розробки нечіткої системи для аналізу бізнес-правил є обґрунтованим та ефективним. Нечітка логіка дозволяє вирішувати задачі, пов'язані з обробкою нечітких, суперечливих або неповних даних, що є характерними для бізнес-процесів. Її використання в процесі створення баз даних дозволяє забезпечити більш точне, адаптивне та гнучке управління бізнес-процесами, що є ключовим фактором для успішної роботи в сучасному бізнес-середовищі.

Виклад основного матеріалу. Розробка методики дослідження є важливим етапом на шляху до створення нечіткої системи для аналізу бізнес-правил під час проектування бази даних. Методика визначає послідовність дій та застосовувані методи, що дозволяють досягти поставленої мети, а також забезпечує обґрунтованість результатів та їх узгодженість з теоретичними і практичними вимогами.

Перший етап дослідження полягає в зборі та аналізі вимог до розроблюваної нечіткої системи. Це критичний крок, оскільки саме на основі цих вимог буде побудована модель та визначено функціонування системи. Аналіз вимог включає кілька етапів:

- формулюванні мети розробки нечіткої системи для аналізу бізнес-правил. Метою є створення моделі, яка б допомогла автоматизувати аналіз і перевірку бізнес-правил, зокрема тих, які містять нечіткі або суперечливі дані.

- визначення, з яких джерел будуть надходити дані для аналізу. Це можуть бути існуючі бази даних, документи, зовнішні інформаційні системи або дані, зібрані під час дослідження. Важливо з'ясувати, яка частина даних є нечіткою або неповною, що вимагатиме застосування нечіткої логіки.

- формулювання критеріїв, за якими буде оцінюватися ефективність розробленої системи. Це можуть бути точність результатів, здатність до адаптації до змін у даних, зручність інтеграції з іншими системами тощо.

Другий етап методики включає безпосередню розробку математичних моделей нечіткої системи, яка буде застосовуватися для аналізу бізнес-правил. Цей етап складається з підетапів:

- вибір конкретної моделі, який залежить від особливостей предметної області та типу бізнес-правил, які аналізуються. Для цього можуть бути застосовані такі моделі, як нечіткі регресійні моделі, нечіткі когнітивні карти чи нечіткі нейронні мережі.

- створення нечітких множин, які описують категорії цих параметрів.

- створення нечітких правил.

- створення механізму дефузії, який перетворює нечіткі результати в чіткі, зручні для прийняття рішень.

Наступним кроком є інтеграція розробленої нечіткої системи в процес проектування бази даних. Це дозволяє забезпечити автоматизований аналіз бізнес-правил безпосередньо в процесі роботи з базою даних, що підвищує ефективність та знижує ймовірність помилок при введенні і перевірці даних.

Далі необхідно розробити структуру бази даних, яка буде містити всі необхідні таблиці та зв'язки для збереження бізнес-правил і результатів їх аналізу. Важливою частиною є правильне проектування структури даних для зберігання нечітких величин та правил.

Оскільки система буде використовуватися людьми для аналізу бізнес-правил, необхідно розробити зручний інтерфейс, який дозволяє вводити дані, перевіряти бізнес-правила та отримувати результати.

Важливою частиною є забезпечення інтеграції розробленої нечіткої системи з іншими програмними продуктами та базами даних, що можуть бути використані в процесі аналізу даних. Це дозволяє забезпечити більш ефективну роботу в рамках єдиної інформаційної екосистеми.

Останнім етапом методики дослідження є тестування та валідація розробленої моделі. Це дозволяє оцінити ефективність створеної системи, перевірити її на реальних даних та з'ясувати, чи досягаються поставлені цілі.

Розробка методики дослідження для створення нечіткої системи для аналізу бізнес-правил включає важливі етапи збору вимог, моделювання, інтеграції та тестування. Кожен етап має свої завдання та методи, які забезпечують успішне вирішення поставленої задачі. У результаті дослідження буде створена гнучка та адаптивна система, здатна ефективно працювати з нечіткими даними та забезпечити автоматизований аналіз бізнес-правил [39].

У контексті розробки нечіткої системи для аналізу бізнес-правил предметної області під час створення відповідної бази даних задача моделювання спрямована на створення математичних моделей, які дозволяють врахувати нечіткість, суперечливість та неповноту даних, що мають місце в реальних бізнес-процесах. Це дозволить значно покращити процес аналізу і прийняття рішень у галузі проектування баз даних, забезпечивши більшу точність і ефективність при роботі з недосконалими даними.

Задача моделювання в даному дослідженні полягає в тому, щоб створити таку систему, яка на основі нечіткої логіки дозволяє автоматизувати аналіз бізнес-правил, роблячи процес більш точним, зручним

і ефективним. Усі моделі та алгоритми, що будуть розроблені, повинні бути адаптовані до специфіки предметної області та вимог проекту. Це дозволить зменшити людський фактор, прискорити процес прийняття рішень і автоматизувати ключові етапи проектування бази даних.

Основною метою постановки задачі моделювання є створення математичної моделі для нечіткої системи, яка дозволить аналізувати бізнес-правила, що мають нечіткий, неповний або суперечливий характер. Це дозволить підвищити ефективність проектування бази даних та автоматизувати процеси, що потребують великих витрат часу і зусиль при використанні традиційних методів. Завдяки використанню нечіткої логіки можна зменшити вплив неточностей в даних і прийняти більш обґрунтовані рішення.

Обмеження моделі визначають, у яких умовах модель може не працювати або працювати не так ефективно:

Не всі види даних можуть бути адекватно представлені в нечіткій формі. Наприклад, для точних числових значень (наприклад, визначення конкретної ціни чи кількості товару) може бути доцільніше використовувати традиційні методи аналізу. У таких випадках нечітка логіка не дасть значного покращення.

Обмеження по часу та ресурсах. Моделювання може вимагати значних обчислювальних потужностей та часу для аналізу великих обсягів даних. Тому модель повинна бути оптимізована, щоб ефективно працювати з реальними обсягами даних.

Задача моделювання для нечіткої системи, що аналізує бізнес-правила, полягає у наступному:

– Опис параметрів бізнес-правил через нечіткі множини. Кожен параметр, що використовується в бізнес-правилах (наприклад, попит, ціна, кількість товару тощо), повинен бути описаний через нечіткі множини. Це дозволяє моделювати ситуації, де точне значення не можна отримати через невизначеність або неповноту даних. Наприклад, попит може бути представлений нечіткою множиною з елементами «низький», «середній», «високий», де кожен елемент має свою ступінь належності до множини.

– Створення нечітких правил на основі нечітких множин. На основі нечітких множин будуть створюватися нечіткі правила, які формулюють логіку прийняття рішень. Наприклад: «Якщо попит високий, то ціна має бути високою». Необхідно формалізувати ці правила так, щоб система могла автоматично приймати рішення на їх основі.

– Створення механізму дефузії. Оскільки результат аналізу бізнес-правил буде нечітким, необхідно створити механізм дефузії, який перетворює нечіткі значення на чіткі для подальшого використання в базі даних. Це може бути здійснено за допомогою методів центру ваги, максимізації тощо.

– Прийняття рішень на основі нечітких даних. Модель повинна бути здатною до прийняття рішень на основі нечітких даних, таких як визначення ціни або кількості товару в залежності від попиту та інших факторів. Це включає створення системи оцінки та вибору найбільш оптимальних рішень для конкретних умов.

Архітектура розробленої нечіткої системи для аналізу бізнес-правил побудована з урахуванням специфіки задачі та вимог до гнучкості, адаптивності та ефективності обробки даних. Система складається з кількох основних модулів, кожен з яких виконує чітко визначену функцію.

Основні компоненти архітектури:

Модуль введення даних:

– відповідає за прийом даних, що надходять від користувача або з БД;

– забезпечує обробку вхідних параметрів, таких як попит, ціна, доступність ресурсів;

– формалізує параметри у вигляді нечітких множин із визначенням функцій належності.

База знань. Містить усі нечіткі правила, які визначають логіку взаємозв'язків між параметрами.

Правила формуються у вигляді:

– «Якщо попит високий і ціна низька, то продажі великі.»

– «Якщо попит середній і ціна висока, то продажі середні.»

Забезпечує зберігання та динамічне оновлення правил відповідно до змін у бізнес-логіці.

Модуль обробки даних реалізує алгоритми нечіткої логіки для аналізу даних:

Фазифікація – перетворює чіткі вхідні дані на нечіткі множини.

Виведення рішень – обробляє нечіткі правила для отримання результату.

Дефазифікація – перетворює нечіткий результат у чітке значення для подальшого використання.

Модуль інтеграції з базою даних. Забезпечує зв'язок із системою управління базами даних (СУБД).

Зберігає результати аналізу, які використовуються для створення або оновлення структури бази даних.

Надає дані для візуалізації та подальшого аналізу.

Модуль прийняття рішень. Проводить аналіз результатів обробки для формування конкретних рекомендацій.

Приклад: на основі аналізу попиту та ціни рекомендує рівень запасів продукції.

Модуль управління системою. Дозволяє адмініструвати базу знань і налаштовувати параметри системи.

Забезпечує управління правами доступу користувачів.

Архітектура моделі побудована таким чином, щоб забезпечити ефективну взаємодію всіх компонентів:

Користувач або інша система вводить дані через модуль введення.

- Дані передаються в модуль обробки, де вони фазифікуються.
- База знань надає правила, що застосовуються до нечітких даних.
- Модуль обробки генерує нечіткий результат, який дефазифікується для отримання чіткої рекомендації.
- Результати передаються до бази даних через модуль інтеграції.

Основні переваги архітектури:

- легкість у додаванні нових функцій або зміні існуючих компонентів;
- здатність адаптуватися до нових умов і вимог бізнес-логіки;
- можливість розширення для обробки великих обсягів даних;
- зменшення людського фактору, скорочення часу на обробку даних.

Розроблена архітектура забезпечує ефективне вирішення задачі аналізу бізнес-правил з використанням нечіткої логіки, сприяючи підвищенню точності та швидкості прийняття рішень.

Розглянемо цю ж систему змодельовану у MatLab.

Система базується на нечіткій логіці та використовує вхідні дані для визначення ціни товару. Основні елементи:

1. Вхідні параметри:

Попит (Demand): характеризує рівень попиту на товар. Діапазон значень: [0, 100].

Мітки нечітких множин:

- Низький (Low)
- Середній (Medium)
- Високий (High)

Конкурентна ціна (CompetitorPrice): представляє ціну, встановлену конкурентами. Діапазон значень: [0, 100].

Мітки нечітких множин:

- Низька (Low)
- Середня (Medium)
- Висока (High)

2. Вихідний параметр:

Ціна товару (Price): визначається на основі вхідних параметрів. Діапазон значень: [0, 100].

Мітки нечітких множин:

- Низька (Low)
- Середня (Medium)
- Висока (High)

3. Правила нечіткої логіки:

Система містить дев'ять правил, які визначають вихідний параметр на основі комбінацій значень вхідних параметрів:

Наприклад:

- Якщо попит низький і конкурентна ціна низька, тоді ціна висока.
- Якщо попит середній і конкурентна ціна середня, тоді ціна середня.
- Якщо попит високий і конкурентна ціна висока, тоді ціна низька.

4. Тип функцій приналежності:

Для всіх змінних використовуються трикутні функції приналежності (trimf).

5. Процес роботи:

Вхідні значення задаються для двох параметрів, наприклад:

Попит = 60 (середній)

Конкурентна ціна = 40 (ближче до середнього).

Система застосовує нечіткі правила для визначення ступеня приналежності вхідних значень до заданих множин.

Обчислюється результат (ціна товару) шляхом нечіткого висновку (рис. 3.1-3.3).

Розроблена система визначення ціни товару на основі нечіткої логіки демонструє можливість врахування багатозначних вхідних параметрів, таких як попит і конкурентна ціна, для ухвалення рішення про встановлення оптимальної ціни.

Основні переваги:

– система дозволяє обробляти невизначеність і неточність у даних, що характерно для реальних ринкових умов;

– додавання нових правил або параметрів не потребує суттєвих змін у структурі;

– графічні результати допомагають зрозуміти вплив кожного з параметрів на кінцеве рішення.

Разом з тим, існують деякі аспекти для подальшого вдосконалення:

– Можна використати більш складні функції приналежності (наприклад, гаусові чи трапецієподібні), щоб краще відобразити реальні залежності.

– Оптимізація правил і меж змінних може бути здійснена на основі емпіричних даних.

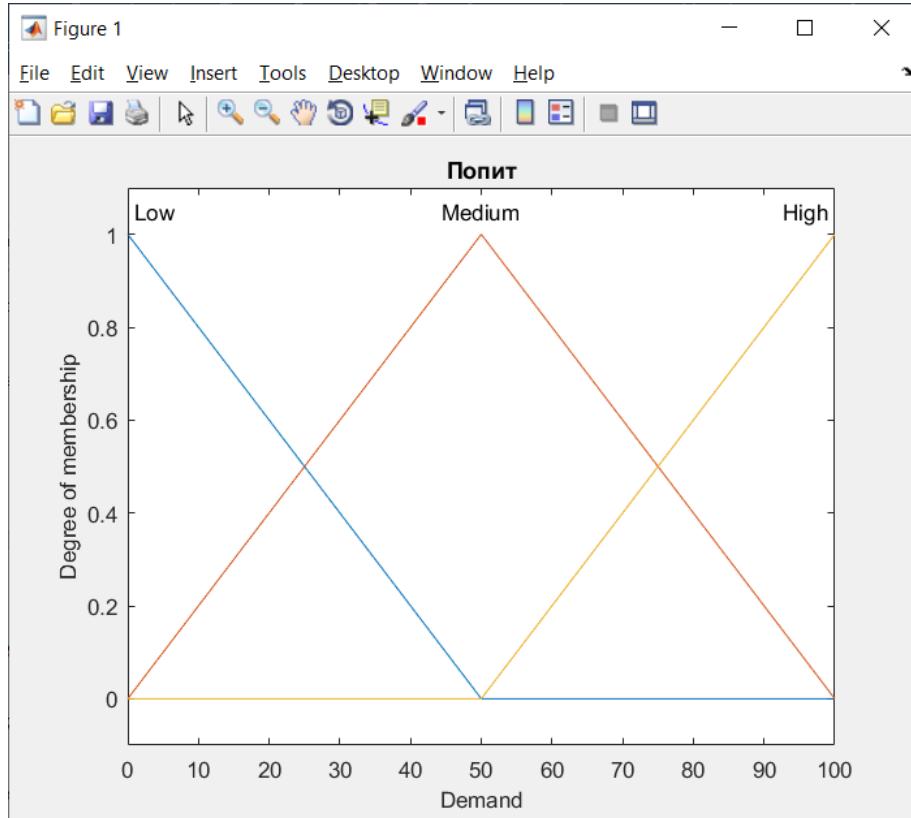


Рис. 1. Графік Попиту

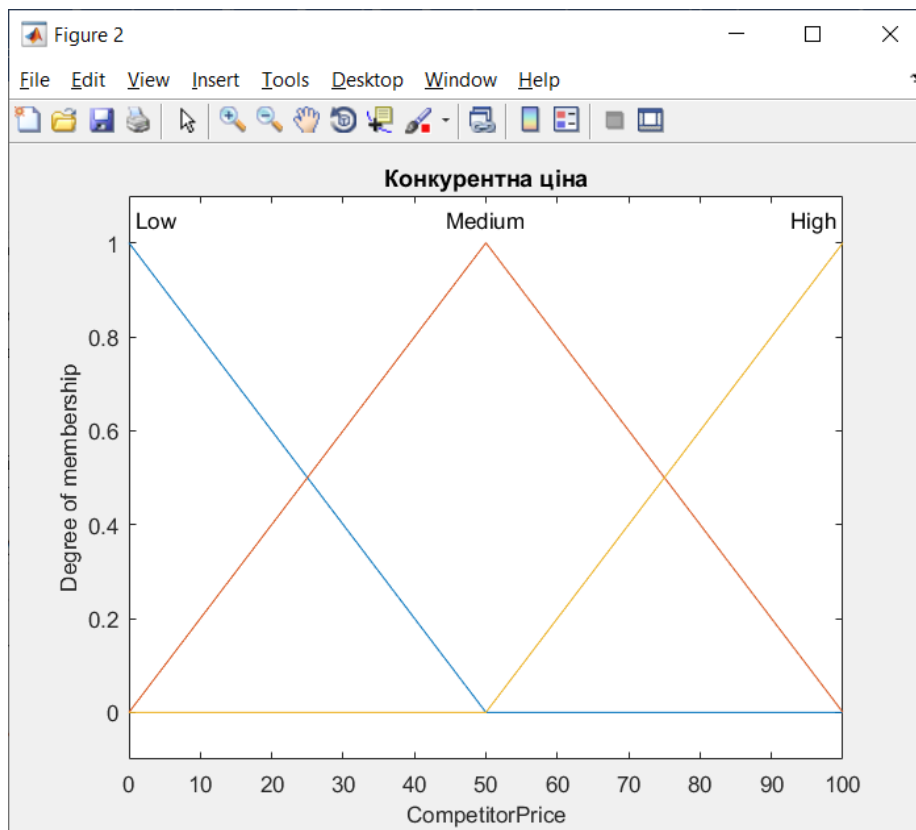


Рис. 2. Графік Конкурентної ціни

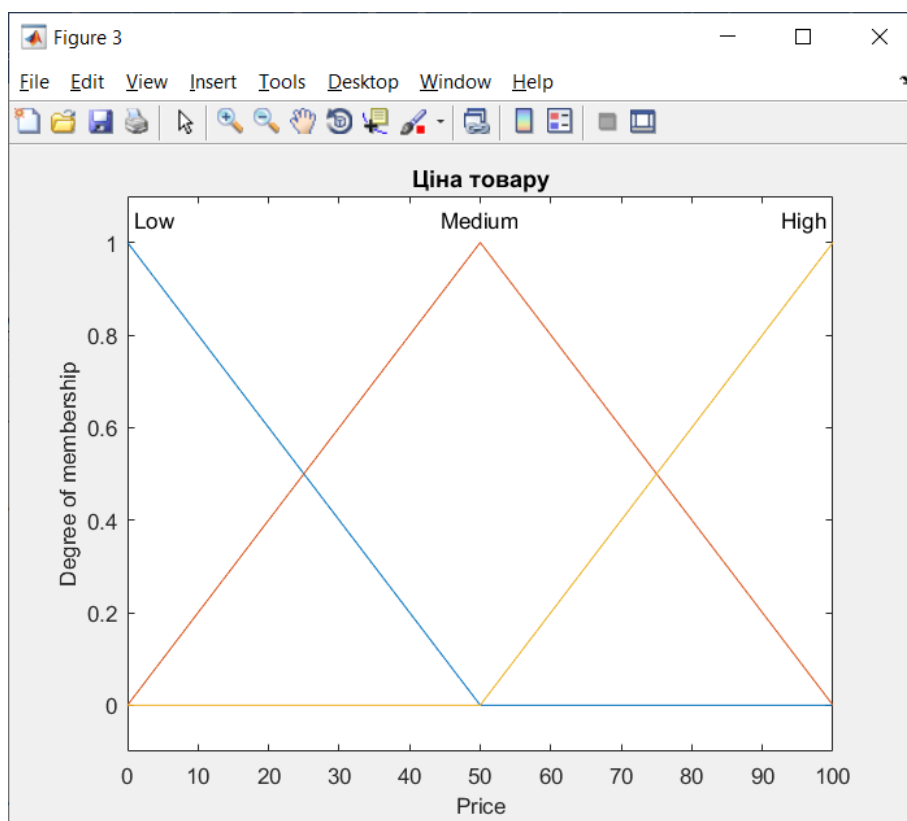


Рис. 3. Графік Ціни товару

Таким чином, розроблена модель є доброю основою для автоматизованого аналізу бізнес-правил і може бути інтегрована в систему ціноутворення в реальних комерційних умовах після усунення поточних технічних недоліків.

На етапі аналізу вимог проводиться вивчення потреб замовника та визначення технічних вимог до програмного продукту.

Принципові результати аналізу вимог:

- 1 Створення документації про функціональні та нефункціональні вимоги;
- 2 Складання плану роботи над проектом, визначення етапів і пріоритетів.

На етапі проектування розробляється архітектура програмного продукту та база даних, що буде використовуватися для зберігання та обробки даних.

Проектування бази даних:

- визначаються таблиці для зберігання даних, такі як `business_rules`, `fuzzy_sets`, `inputs`, `outputs`, `fuzzy_set_types` тощо. Кожна таблиця містить відповідні атрибути та зовнішні ключі для забезпечення зв'язків між даними;
- створюються зв'язки між таблицями, що дозволяє забезпечити цілісність даних. Наприклад, таблиця `fuzzy_sets` має зв'язок з таблицею `fuzzy_set_types` для ідентифікації типів множин;
- для забезпечення швидкості роботи з великою кількістю даних проектується індексація таблиць та оптимізація SQL-запитів;
- окрему увагу приділено зручності взаємодії користувача з системою. Це включає: створення графічного інтерфейсу для введення та виведення даних; використання діалогових вікон для надання інформації про помилки або успішні операції; побудова інтуїтивно зрозумілих форм для введення бізнес-даних та виведення результатів аналізу нечіткої логіки, механізм обробки винятків.

Використання графічного інтерфейсу для побудови графіків та аналізу нечіткої логіки дозволяє користувачам легко вводити дані та отримувати наочні результати аналізу. Можливість додавання та видалення бізнес-правил, а також перегляд результатів у зручному вигляді, робить програму гнучкою та зручною для користувачів.

Обробка отриманих результатів є критично важливим етапом у процесі використання нечіткої логіки для аналізу та прийняття рішень на основі зібраних даних. Цей етап передбачає кілька ключових процесів: інтерпретацію результатів, візуалізацію, перевірку на відповідність очікуванням та подальше використання цих результатів для прийняття обґрунтованих рішень. Інтерпретація результатів здійснюється на основі аналізу нечітких множин, отриманих за допомогою алгоритмів нечіткої логіки. Для кожної множини нечіткої логіки визначаються вхідні параметри, що передаються в систему, а також розраховується ступінь належності елементів до тієї чи іншої категорії в рамках заданих бізнес-правил.

Form1

Бізнес правило:

Умова:

Результат:

Назва множини:

Тип множини:

Параметри:

rule_id	rule_description	condition	result
13	Premium quality	quality > 9	Buy
14	Unreasonable price	price > 300	Avoid
15	Special offer	price < 50 AND discou...	Buy
21	Unreasonable price1	price < 200	Buy
*			

Рис. 4. Інтерфейс додатку для роботи з бізнес-правилами

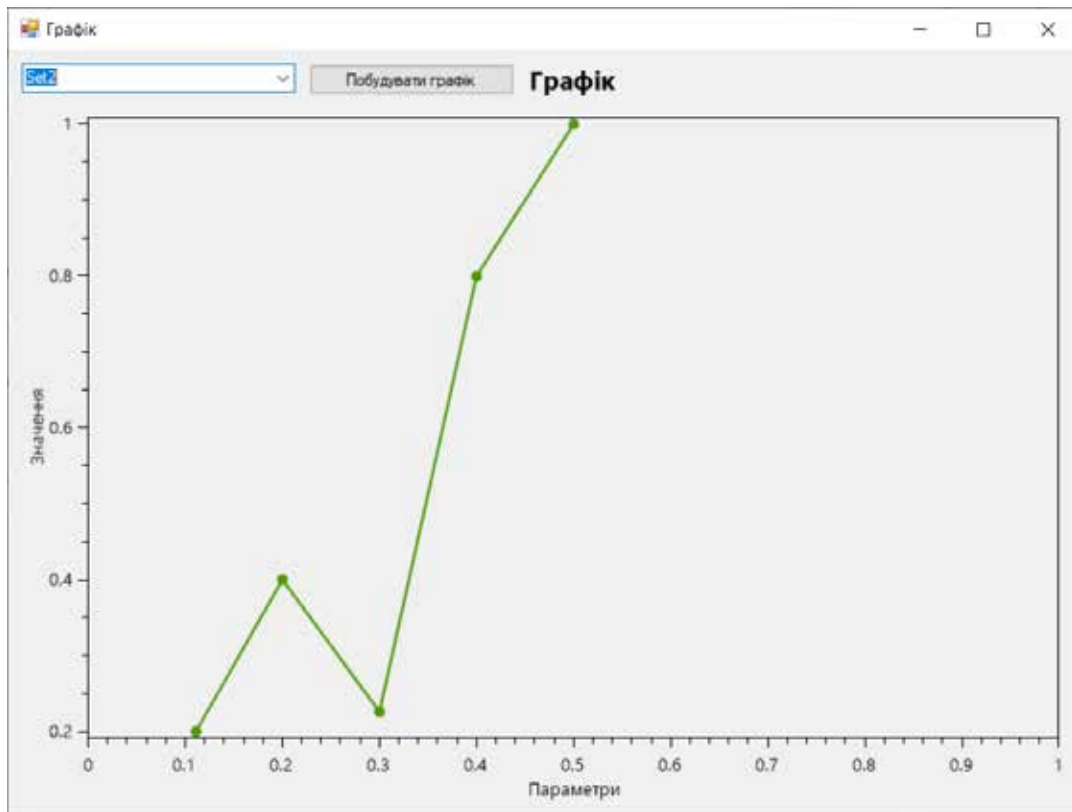


Рис. 5. Параметри системи

В результаті цих обчислень отримуються значення, які можуть бути представлені у вигляді графічних результатів або конкретних числових показників, що вказують на відповідність заданим критеріям чи параметрам.

Аналіз результатів здійснюється на основі порівняння отриманих значень з заздалегідь визначеними межами та бізнес-правилами. Це дозволяє виявити аномалії або відхилення від очікуваних значень, а також визначити, наскільки ефективно працює система для кожної конкретної ситуації.

Зокрема, для кожної отриманої результатної множини здійснюється перевірка її валідності та точності. Це може включати:

- 1 оцінку ступеня належності елементів до заданої категорії;
- 2 визначення найбільш значущих факторів, що впливають на результат;
- 3 порівняння отриманих результатів з попередніми чи контрольними даними для виявлення змін чи трендів.

Одним з важливих аспектів обробки результатів є їх візуалізація, що дозволяє користувачу зрозуміти інформацію та зробити відповідні висновки на основі графічного відображення даних. В розробленому програмному продукті візуалізація здійснюється через побудову графіків, які показують різні аспекти результатів нечіткої логіки, зокрема: графіки функцій належності; графіки, що демонструють вплив різних параметрів на кінцевий результат; візуалізація розподілу значень по типах множин та їх частотах.

Ці графіки допомагають користувачам краще зрозуміти, як працює система і яким чином параметри впливають на результати.

Після отримання результатів і їх візуалізації важливо здійснити перевірку їх відповідності заданим бізнес-правилам. На цьому етапі порівнюються результати обробки нечіткої логіки з критеріями, визначеними замовником чи аналітиками. Це дозволяє оцінити точність і адекватність результатів для конкретної предметної області.

Остаточні результати обробки нечіткої логіки можуть бути використані для прийняття рішень у різних бізнес-процесах. Вони допомагають користувачам ефективно управляти ресурсами, прогнозувати майбутні тенденції, а також оперативно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі. В залежності від бізнес-правил, система може надавати користувачам конкретні рекомендації або варіанти рішень на основі отриманих результатів.

Отримані результати можуть бути збережені в базі даних для подальшого аналізу або звітності. Це дозволяє відслідковувати зміни у часі, оцінювати ефективність різних стратегій або оцінювати результативність системи в умовах реального використання.

Обробка результатів є невід'ємною частиною аналізу та застосування нечіткої логіки в реальних умовах. Вона включає не тільки обчислення та візуалізацію результатів, але й глибоке розуміння їх значення для бізнесу. Якісна обробка результатів дозволяє не лише точніше передбачати тенденції, а й робити обґрунтовані висновки та приймати стратегічні рішення, що сприяють підвищенню ефективності діяльності організацій.

Висновки. У результаті роботи було виконано реалізацію основних компонентів розробленої нечіткої системи для аналізу бізнес-правил при проектуванні баз даних. Інтерфейсна частина системи була розроблена з орієнтацією на зручність використання, що дозволяє користувачам ефективно вводити дані, формулювати бізнес-правила та отримувати результати аналізу.

Алгоритми взаємодії з користувачем, що були реалізовані в рамках цього розділу, забезпечили зручний процес збору та обробки інформації. Окремо було проаналізовано отримані результати, що дозволило провести їхню верифікацію та порівняння з реальними даними, забезпечивши точність і ефективність системи.

Реалізація цих компонентів не тільки підтвердила працездатність системи, але й показала її значний потенціал для використання в реальних умовах. Зокрема, система продемонструвала високу адаптивність до змінних умов бізнес-процесів і здатність ефективно обробляти нечіткі та неповні дані.

Список використаних джерел:

1. Згуровский М. З. Модели і методи прийняття рішень за нечітких умов. К.: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2011. 279 с.
2. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія. К.: КНЕУ, 2011. 439 с.
3. Матвійчук А. В. Моделивання фінансової стійкості підприємств із застосуванням теорій нечіткої логіки, нейронних мереж і дискримінантного аналізу. *Вісник НАН України*. № 9. К, 2010. С. 24-46.
4. Недосекин О. О. Фондовый менеджмент у розпливчастих умовах. Типографія «Сезам», 2003. 201 с.
5. Чернов В. Г. Модели підтримки прийняття рішень у інвестиційній діяльності на основі апарата нечітких множин. Телеком, 2007. 312 с.
6. Волошин О. Ф. Моделивання конкурентоспроможності об'єктів економічної діяльності за допомогою нечітких множин. *Вісник НУ «Львівська політехніка»*. № 690. 2010. С. 534-539.
7. Литвин Б. М. Фінансовий аналіз: Навч. посібник. К.: «Хай-Тек Прес», 2008. 336 с.
8. Маляр М. М. Модель оцінки кредитоспроможності підприємства в умовах невизначеності. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. № 1/4(55). Харків, 2012. С. 51-57.

-
9. Міхевич В. С., Волкович В. Л. Числові методи дослідження та проектування складних систем. М.: Наука, 1982. 286 с.
 10. Постанова НБУ “Положення про порядок формування та використання резерву для відшкодування можливих втрат за кредитними операціями банків” від 06.07.2000 року, № 279.
 11. Ротштейн О. П. Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі. Вінниця: «Універсум-Вінниця», 1999. 320 с.
 12. Шило В. П. Аналіз фінансового стану виробничої та комерційної діяльності підприємства: Навч. посібник. К.: Кондор, 2005. 240 с.
 13. Zadeh L. Fuzzy Sets. *Information and Control*. № 81965. P. 338–353.
 14. Adlassnig, K. P., Fuzzy Systems In Medicine. *EUSFLAT_2001*, pp. 11-15.
 15. Aruna P., Puviarasan N., Palaniappan B. An Investigation of Neuro-Fuzzy System in Psychosomatic Disorders. *Expert Systems with Applications*. 2005. Vol. 28. pp. 673–679.
 16. Liao S. H. Expert System Methodologies And Applications: A Decade Review From 1995-2004. *Expert Systems with Applications*. Vol. 28. 2005. pp. 93–103.
 - Kuncheva L. I., Steimann F. Editorial – Fuzzy Diagnosis. *Artificial Intelligence in Medicine*. Vol. 16. 1999. pp. 121–128.
 17. Abbod M. F., Keyserlingk D. G., Linkens D. A., Mahfouf M. Survey of Utilization of Fuzzy Technology in Medicine and Healthcare. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 120. 2001. pp. 331–349.
 18. Mahfouf M. Intelligent Systems Modelling and Decision Support in Bioengineering (Chapter 2). *ISM*. 2006. 342 p.
 19. Phuong, N. H., Kreinovich, V., Fuzzy Logic & its Applications in Medicine. *Vladi-2000*, pp 34-56.
 20. Smith, D.E. 1992. Expert Systems for Medical Diagnosis: A Study in Technology Transfer. *Technology Transfer fall*, pp. 45-53.
 21. Mahfouf M., Abbod M. F., Linkens D. A. A Survey of Fuzzy Logic Monitoring and Control Utilization in Medicine. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2001. Vol. 21. pp. 27–42.
 22. Horvitz E. Problem-Solving Design: Reasoning About Computational Value, Tradeoffs and Resources. *Proceedings of the NASA Research Forum*. 1987. pp. 26–43. Mountain View, CA.
 23. Anjaneyulu K. S. R. Expert Systems: An Introduction. *Resonance*. 1998. pp. 46–58.
 24. Adlassnig K. P., Kolarz G., Scheithauer W. Present State of the Medical Expert System CADIAG-2. *Methods of Information in Medicine*. 1985. Vol. 24. pp. 13–20.
 25. Linkens, D.A., Abbod, M.F., Mahfouf, M., An Initial Survey of Fuzzy Logic in Monitoring And Control Utilization in Medicine. *Citeseerx.ist*. Vol 1, pp. 234-245.
 26. Winkel, P. The Application of Expert Systems in the Clinical Laboratory. *Clinical Chemistry*, 35 1989, 8: pp. 1595-1600.
 27. Candel A. Fuzzy Expert Systems. CRC Press. 1991. (Chapter 1). 512 p.
 28. Engle R. L., Flehinger B. J. Why Expert Systems for Medical Diagnosis Are Not Being Generally Used: A Valedictory Opinion. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*. 1987. Vol. 63, No. 2. pp. 193–198.
 29. Ali Z., Singh V. Potentials of Fuzzy Logic: An Approach to Handle Imprecise Data. *American Medical Informatics Association*. 2010. Vol. 2, No. 4. pp. 358–361.
 30. Ameri, A., Moshtaghi H. Design and Development of an Expert System in Differential Diagnosis of Maxillofacial Radio-lucent Lesions. *Mdh*. Vol 2. pp. 456-468.
 31. Harris, G. Capacity Building and Local Empowerment. *Expert Systems*. Vol 1, 2006. pp. 654-673.
 32. Pereira J. C. R., Tonelli P. A., Barros L. C., Ortega N. R. S. Defuzzification in Medical Diagnosis. *Advances in Logic, Artificial Intelligence & Robotics*. 2002. pp. 202–207.
 33. Ahmad M. R., Mahdi A. A., Salih A. A. Designing a Disease Diagnosis System by Using Fuzzy Set Theory. *Proceedings of 5th Asian Mathematical Conference*. 2009. pp. 256–260.
 34. Schumann A. Unconventional Probabilities and Fuzziness in CADIAG’s Computer Assisted Medical Expert Systems. *Studies in Logic, Grammar & Rhetoric*. Vol. 22, No. 35. 2010. pp. 113–124.
 35. Черняк О. І., Захарченко П. В. Інтелектуальний аналіз даних: підручник. Київ, 2014. 559 с.
 36. Сергєєва В. В. Застосування методів нечіткої логіки з метою виявлення нестабільної фінансово-економічної ситуації міста. *Ефективна економіка*. № 5. 2014. с. 23-34.
 37. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навчальний посібник. Ірпінь : Національний університет ДПС України, 2016. 212 с.

References:

1. Zghurovskiy M.Z. (2011) Modeli i metody pryiniattia rishen za nechitkykh umov. *Vydavnytstvo «Naukova dumka» NAN Ukrainy*, 279 p.
2. Matviichuk A. V. (2011) Shtuchnyi intelekt v ekonomitsi: neironni merezhi, nechitka lohika. *Monohrafiia*, 439 p.
3. Matviichuk A. V. (2010) Modeliuvannya finansovoi stikosti pidpriemstv iz zastosuvanniam teorii nechitkoi lohiky, neironnykh merezh i dyskryminantnoho analizu. *Visn*, no 9. pp. 24-46.

-
4. Nedosekyn O. O. (2003) Fondovi menedzhment u rozplyvchastykh umovakh. *Typohrafiia «Sezam»*, 201 p.
 5. Chernov V.H. (2007) Modeli pidtrymky pryiniattia rishen u investytsiinii diialnosti na osnovi aparata nechitkykh mnozhyn. *Telekom*, 312 p.
 6. Voloshyn O.F. (2011) Modeliuvannia konkurentospromozhnosti obektiv ekonomichnoi diialnosti za dopomohoiu nechitkykh mnozhyn. *Visnyk NU «Lvivska politekhnika»*, no 690, pp. 534-539.
 7. Lytvyn B.M. (2008) Finansovyi analiz. *Khai-Tek Pres*. 336 p.
 8. Maliar M.M. (2012) Model otsinky kredytopromozhnosti pidpriumstva v umovakh nevyznachenosti. *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii*, no 1/4(55), pp. 51-57.
 9. Mikhevych V.S., Volkovych V.L. (1982) Vychysni metody doslidzhennia ta proiektuvannia skladnykh system. *Nauka*. 286 p.
 10. Polozhennia pro poriadok formuvannia ta vykorystannia rezervu dlia vidshkoduvannia mozhylyvykh vtrat za kredytnymy operatsiiamy bankiv. *Postanova NBU*, no 279.
 11. Rotshtein O.P. (1999) Intelektualni tekhnolohii identyfikatsii: nechitki mnozhyny, henetychni alhorytmy, neironni merezhi. *UNIVERSUM-Vinnytsia*. 320 p.
 12. Shylo V.P. (2005) Analiz finansovoho stanu vyrobnychoi ta komertsiiinoi diialnosti pidpriumstva. *Kondor*. 240 p.
 13. Zadeh L. Fuzzy Sets / L. Zadeh (1965) *Information and Control*, no 8, pp. 338–353.
 14. Adlassnig, K.P., Fuzzy Systems In Medicine. *EUSFLAT_2001*, pp. 11-15.
 15. Aruna P., Puviarasan N., Palaniappan B. (2005) An Investigation of Neuro-Fuzzy System in Psychosomatic Disorders. *Expert Systems with Applications*. Vol. 28, pp. 673–679.
 16. Liao S. H. (2005) Expert System Methodologies And Applications: A Decade Review From. *Expert Systems with Applications*. Vol. 28, pp. 93–103.
 17. Kuncheva L. I., Steimann F. (1999) Editorial – Fuzzy Diagnosis. *Artificial Intelligence in Medicine*. Vol. 16, pp. 121–128.
 18. Abbod M. F., Keyserlingk D. G., Linkens D. A., Mahfouf M. (2001) Survey of Utilization of Fuzzy Technology in Medicine and Healthcare. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 120, pp. 331–349.
 19. Mahfouf M. (2006) Intelligent Systems Modelling and Decision Support in Bioengineering. *ISM*. 342 p.
 20. Phuong, N.H., Kreinovich, V. (2000) Fuzzy Logic & its Applications in Medicine. *Vladi-2000*, pp 34-56.
 21. Smith, D.E. (1992) Expert Systems for Medical Diagnosis: A Study in Technology Transfer. *Technology Transfer*, no 17, pp. 45-53.
 22. Mahfouf M., Abbod M. F., Linkens D. A. (2001) A Survey of Fuzzy Logic Monitoring and Control Utilization in Medicine. *Artificial Intelligence in Medicine*. Vol. 21, pp. 27–42.
 23. Horvitz E. (1987) Problem-Solving Design: Reasoning About Computational Value. *Tradeoffs and Resources. Proceedings of the NASA Research Forum*. pp. 26–43.
 24. Anjaneyulu K. S. R. (1998) Expert Systems: An Introduction. *Resonance*, pp. 46–58.
 25. Adlassnig K. P., Kolarz G., Scheithauer W. (1985) Present State of the Medical Expert System CADIAG-2. *Methods of Information in Medicine*. Vol. 24, pp. 13–20.
 26. Linkens, D.A., Abbod, M.F., Mahfouf, M. (2000) An Initial Survey of Fuzzy Logic in Monitoring And Control Utilization in Medicine. *Citeseerx.ist*. Vol 1, pp 234-245.
 27. Winkel, P. (2000) The Application of Expert Systems in the Clinical Laboratory. *Clinical Chemistry*, no 35, pp. 1595-1600.
 28. Candel A. (1991) Fuzzy Expert Systems. *CRC Press*. 512 p.
 29. Engle R. L., Flehinger B. J. (1987) Why Expert Systems for Medical Diagnosis Are Not Being Generally Used: A Valedictory Opinion. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*. Vol. 63, no. 2, pp. 193–198.
 30. Ali Z., Singh V. (2010) Potentials of Fuzzy Logic: An Approach to Handle Imprecise Data. *American Medical Informatics Association*. Vol. 2, no. 4., pp. 358–361.
 31. Ameri, A., Moshtaghi H. (2000) Design and Development of an Expert System in Differential Diagnosis of Maxillofacial Radio-lucent Lesions. *Mdh*. Vol 2. pp. 456-468.
 32. Harris, G. (2006) Capacity Building and Local Empowerment. *Expert Systems*. Vol 1, pp. 654-673.
 33. Pereira J. C. R., Tonelli P. A., Barros L. C., Ortega N. R. S. (2006) Defuzzification in Medical Diagnosis. *Advances in Logic, Artificial Intelligence & Robotics*. pp. 202–207.
 34. Ahmad M. R., Mahdi A. A., Salih A. A. (2009) Designing a Disease Diagnosis System by Using Fuzzy Set Theory. *Proceedings of 5th Asian Mathematical Conference*, pp. 256–260.
 35. Schumann A. (2010) Unconventional Probabilities and Fuzziness in CADIAG's Computer Assisted Medical Expert Systems. *Studies in Logic, Grammar & Rhetoric*. Vol. 22, No. 35. pp. 113–124.
 36. Cherniak O. I., Zakharchenko P. V. (2014) Intelektualnyi analiz danykh. *Kyiv*, 559 p.
 37. Sierhieieva V. V. (2014) Zastosuvannia metodiv nechitkoi lohiky z metoiu vyavlennia nestabilnoi finansovo-ekonomichnoi sytuatsii mista. *Efektivna ekonomika*, no 5. Pp. 23-34.
 38. Antonenko V. M. (2016) Suchasni informatsiini systemy i tekhnolohii: upravlinnia znanniamy. *Natsionalnyi universytet DPS Ukrainy*. 212 p.
-