

ВИПУСКНИЙ КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ на тему:

«Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом»

Студента 4 курсу, 11 групи,
факультету обліку, аудиту та
інформаційних систем,
денної форми навчання
напряму підготовки
«Комп'ютерні науки»

(підпис студента)

Єгоров
Олександр
Сергійович

Науковий керівник
к.т.н., доцент кафедри
комп'ютерних наук

*(підпис наукового
керівника)*

Демідов
Павло
Григорович

Гарант освітньої програми
к.т.н., доцент кафедри
комп'ютерних наук

*(підпис гаранта
освітньої
програми)*

Демідов
Павло
Григорович

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОЦЕСУ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ НА УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМ ПРОЕКТОМ	7
1.1. Характеристика фінансової складової при управлінні інвестиційним проектом	7
1.2. Оцінка сучасного стану проблеми прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом.....	8
1.3. Огляд базових положень теорії нечітких множин	9
1.4. Опис моделей прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом	11
1.5. Висновки до розділу	12
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ НА УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМ ПРОЕКТОМ.....	13
2.1. Постановка задачі з розробки програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом	13
2.2. Обґрунтування вибору методу дослідження	14
2.3. Методи нечіткого логічного виведення в задачі прогнозування витрат на управління проектом	15
2.4. Висновки до розділу	18
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ НА УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМ ПРОЕКТОМ.....	19
3.1. Опис архітектури програмного забезпечення.....	19
3.2. Вхідні та вихідні форми документів системи.....	20
3.3. Моделі даних комп'ютерної системи	22

					<i>КНТЕУ_122_2019</i>		
<i>Зм</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ документу</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Пурський О.І.</i>				<i>Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом</i>	<i>Сторінка</i>	<i>Сторінок</i>
<i>Кеївник</i>	<i>Демідов П.Г.</i>					2	31
<i>Гарант</i>	<i>Демідов П.Г.</i>				<i>Зміст</i>		
<i>Розробив</i>	<i>Єгоров О.С.</i>						
<i>Перевірів</i>	<i>Демідов П.Г.</i>						
						<i>Кафедра комп'ютерних наук, 4-11</i>	

3.4. Опис контрольного прикладу для тестування інформаційної системи	23
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30
ДОДАТОК А	32
Код програми.....	32

АНОТАЦІЯ

Сгоров О.С. Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом. Дослідження присвячене спрощення прогнозування витрат на управління проектом. В роботі обґрунтована проблема дефіциту бюджету через відсутність системи прогнозування витрат на управління. Досліджено метод нечіткого логічного виводу та розроблено систему що прогнозує витрати на управління інвестиційним проектом.

Abstract

Yehorov O.S. Software development of cost forecasting for investment project management. The study is devoted to simplifying the forecasting of project management costs. The paper substantiates the problem of budget deficit due to the lack of a system for forecasting management expenses. The method of fuzzy logic output is explored and a system that predicts the cost of management of an investment project is developed.

ВСТУП

В умовах накопичення великих обсягів даних і стрімкого розвитку засобів і методів їх обробки актуальність і практичну значимість набуває завдання розробки програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом, що є особливо **актуальним** при необхідності економії фінансових та енергетичних, а також технічних ресурсів.

Для підвищення якості та точності прогнозування виникає необхідність оптимізації структури прогнозуючої моделі для отримання більш точного результату та скорочення часу розрахунків. В реальних умовах оцінка майбутніх витрат при управлінні інвестиційним проектом здійснюється здебільшого у вигляді експертних міркувань з використанням нечітких лінгвістичних складових, представлених судженнями та приблизними діапазонами значень параметрів.

Мета дослідження полягає у підвищенні якості процесу прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом шляхом розроблення програмного забезпечення з реалізацією прогнозуючої моделі на основі нечітких множин, що дозволить врахувати такі особливості процесу прогнозування як відсутність числових значень багатьох параметрів, представлених у вигляді експертних оцінок.

Для досягнення поставленої мети поставленні наступні завдання:

1. Дослідити загальні принципи процесу управління інвестиційним проектом.
2. Оцінити сучасний стан проблеми прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом.
3. Описати моделі прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом.

					<i>КНТЕУ_122_2019</i>		
<i>Зм</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Пурський О.І.</i>			<i>Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом</i>	<i>Сторінка</i>	<i>Сторінок</i>
<i>Кеївник</i>		<i>Демідов П.Г.</i>				5	31
<i>Гарант</i>		<i>Демідов П.Г.</i>			<i>Вступ</i>	Кафедра комп'ютерних наук, 4-11	
<i>Розробив</i>		<i>Єгоров О.С.</i>					
<i>Перевірів</i>		<i>Демідов П.Г.</i>					

4. Описати методи нечіткого логічного виведення в задачі прогнозування витрат на управління проектом.

5. Виконати розробку програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом.

Об'єктом дослідження є процес прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом.

Предметом дослідження є програмне забезпечення процесу управління інвестиційним проектом.

Методи дослідження. У процесі написання роботи використано такі загальнонаукові та спеціальні методи: абстрактно-логічний – для дослідження сутності понять, визначень і категорій; структурно-логічного аналізу – при аналізі статичних даних; логічного узагальнення та порівняння – при дослідженні результатів роботи програмного забезпечення; аналітично-математичний – при розрахунку відповідних показників, вербально-описовий – при дослідженні характеристик систем та процесів.

						Аркуш
						6
Зм.	Аркуш.	№ докум.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОЦЕСУ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ НА УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМ ПРОЕКТОМ

1.1. Характеристика фінансової складової при управлінні інвестиційним проектом

Діяльність, здійснювана організаціями, складається в основному з оперативної діяльності та виконання проектів. Ці види діяльності можуть перетинатися і мають схожі властивості: виконуються людьми; обмежені доступністю ресурсів; плануються, контролюються і управляються.

Проекти, як правило, виконуються організаціями для досягнення своїх стратегічних цілей. Оперативна діяльність і проекти відрізняються, головним чином, тим, що оперативна діяльність триває в часі і описує повторюваний процес, в той час як проекти є тимчасовими і унікальними. Проект можна визначити як тимчасову діяльність, призначену для створення унікальних продуктів і послуг.

Інвестиційний проект - це комплексний план заходів, що включає проектування, будівництво, придбання технологій та обладнання, підготовку кадрів, спрямованих на створення нового або модернізацію діючого технологічного процесу з метою отримання економічної або соціальної вигоди [3].

Для кожного проекту ставиться завдання зменшити втрати обмежених ресурсів, використовувати виділені ресурси з максимальною ефективністю. Це завдання вирішується за допомогою застосування методів управління проектами.

Методи управління проектами дозволяють:

- визначити цілі проекту і провести його обґрунтування;

					<i>КНТЕУ_122_2019</i>		
<i>Зм</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Пурський О.І.</i>			<i>Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом</i>	<i>Сторінка</i>	<i>Сторінок</i>
<i>Кеївник</i>		<i>Демідов П.Г.</i>				7	31
<i>Гарант</i>		<i>Демідов П.Г.</i>				Кафедра комп'ютерних наук, 4-11	
<i>Розробив</i>		<i>Єгоров О.С.</i>					
<i>Перевірів</i>		<i>Демідов П.Г.</i>					
					<i>Розділ 1</i>		

- виявити структуру проекту, основні етапи робіт;
- визначити необхідний обсяг робіт і джерела фінансування;
- підібрати виконавців (через процедури торгів і конкурси);
- підготувати та укласти контракти;
- визначити терміни виконання проекту, графік його реалізації, розрахувати необхідні ресурси;
- розрахувати кошторис і бюджет проекту;
- визначити і врахувати ризики;
- забезпечити контроль виконання проекту.

Вплив зазначених факторів взаємопов'язаний з окремими компонентами техніко-економічного обґрунтування і оцінюється з фінансової та економічної точок зору. Тому, прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом є першочерговою задачею.

1.2. Оцінка сучасного стану проблеми прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом

Прогнозування в загальному сенсі являє собою передбачення майбутніх подій. В економічній діяльності суттєве значення набуває можливість прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом, що дозволяє оцінювати економічний стан господарств та раціонально планувати бюджет на майбутній період з метою отримання більшого прибутку.

Метою прогнозування є зменшення ризику при прийнятті рішень [1]. У більшості випадків прогноз виходить помилковим, причому значення помилки суттєво залежить від методів прогнозування, за якими працює прогнозуюча система. Тому основною проблемою при прогнозуванні є виявлення неточності прогнозу. Таким чином, система прогнозування повинна визначити окрім прогнозованого значення невідомої змінної (змінних) ще і значення помилки отриманого прогнозу. Для зменшення помилки слід збільшувати кількість інформації, що використовується для налаштування роботи прогнозуючої системи.

						Аркуш
						8
Зм.	Аркуш.	№ докум.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	

Ефективним засобом прогнозування для задач з хорошою статистичною базою, тобто при наявності досить тривалих багатовимірних часових рядів, можуть бути нейронні мережі. За допомогою нейронних мереж можна передбачати показники біржового ринку, при цьому передбачення часового ряду зводиться до типової задачі нейроаналізу – апроксимації функції багатьох змінних по заданому набору прикладів [1].

Математично основним інструментом прогнозу є схема екстраполяції. Розрізняють формальну і прогнозуючу екстраполяцію. Найбільш поширеними методами оцінки параметрів залежностей є метод найменших квадратів і його модифікації, метод експоненціального згладжування, метод імовірнісного моделювання та метод адаптивного згладжування. Суть методу найменших квадратів полягає в знаходженні параметрів моделі тренду, що мінімізують її відхилення від точок вихідного часового ряду. У практичних дослідженнях в якості моделі тренда в основному використовують функції лінійну та квадратичну. Особливо широко застосовується лінійна, або лінеаризована, тобто така, яка зводиться до лінійної, форма якої найбільш проста і в достатньому ступені задовольняє вихідним даним.

Вибір моделі в кожному конкретному випадку здійснюється за цілою низкою статистичних критеріїв, наприклад згідно дисперсії, кореляційному відношенню тощо. Слід зазначити, що названі критерії є критеріями апроксимації, а не прогнозу. Однак, беручи до уваги прийняту гіпотезу про стійкість процесу в майбутньому, можна припускати, що в цих умовах модель, найбільш вдала для апроксимації, буде найкращою і для прогнозу [2].

1.3. Огляд базових положень теорії нечітких множин

У разі прогнозування показників, для яких математичну модель з точними даними неможливо скласти, застосовуються методи прогнозування, засновані на використанні нечіткої логіки (фазі-логіки).

Нечітка логіка передбачає відмову від основного твердження класичної теорії множин про те, що певний елемент x може або належати, або не

						Аркуш
						9
Зм.	Аркуш.	№ док.ум.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	

належати до певної множини X . При цьому вводиться спеціальна характеристична функція множини - функція приналежності $\mu_X(x)$. Ця функція визначає ступінь приналежності елемента множини в формі реального чисельного значення в діапазоні між 0 і 1. Ступінь приналежності елемента множини називають ступенем істинності даної величини, яку формально можна позначити наступним чином [6]:

$$X = \frac{\mu_1}{x_1} + \frac{\mu_2}{x_2} + \dots + \frac{\mu_i}{x_i} + \dots \quad (1.1)$$

В теорії нечітких множин центральну роль грає поняття «Лінгвістичної величини», за допомогою якої діапазони вимірювання фізичних величин окреслюються неоднозначно, тобто описуються лише якісно за допомогою таких понять, як «мало», «середньо», «багато», замість конкретних чисельних значень [6-9].

Процедура фазифікації [7] параметрів процесу полягає в переведенні поточних значень вхідних змінних в лінгвістичні величини істинності. Кожна така величина інтерпретується як фаззі-множина і описується функцією приналежності. Цим якісне висловлювання переводиться в кількісну величину таким чином, що вона для кожного поточного чисельного значення змінної величини процесу повідомляє ступінь приналежності до тієї підмножини, яка символізує конкретну лінгвістичну величину. Оскільки функції приналежності, як правило, перекривають одна одну, то для однієї і тієї ж змінної процесу кілька функцій приналежності можуть повідомляти різні величини істинності, що відрізняються від нуля.

Для формування логічного рішення застосовується лінгвістичне правило «якщо – то». Частина «якщо» (передумова) може при цьому означати сполучення будь-якої складності логічних операцій. Частина «то» (рішення, висновок) представляють собою зазвичай просте значення лінгвістичної величини для вихідного параметра [10-11].

Найбільш часто застосовується «мінімаксний» метод логічного висновку. Його можна описати рівнянням [6-9]:

						Аркуш
						10
Зм.	Аркуш.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$\mu^{(y)} = \max_{k=1, \dots, n} \{ \min [\mu_{e,k}, \mu_{T,k}(y)] \}, \quad (1.2)$$

де n – число правил, $\mu_{e,k}$ – величина істинності частини «якщо» к k -му правилі, $\mu_{T,k}(y)$ – функція приналежності частини «то» k -ого правила.

1.4. Опис моделей прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом

В процесі реалізації інвестиційний проект повинен забезпечувати отримання прийнятною прибутку на вкладений капітал і підтримку стійкого фінансового стану. Успішне вирішення цих завдань здійснюється на основі аналізу ряду коефіцієнтів. Перелік коефіцієнтів визначається особливостями проекту. При оцінці фінансової спроможності інвестиційних проектів розраховуються фінансові коефіцієнти, які характеризують кожну плановий період, потім проводять аналіз коефіцієнтів в часі і виявляють тенденції в їх зміні [3-5].

Оцінка економічної ефективності витрат, що здійснюються в ході реалізації проекту, займає центральне місце в процесі обґрунтування і вибору можливих варіантів вкладення коштів в операції з реальними активами.

Загальними методами представлення знань в прогнозуючих системах з нечіткою логікою є [5]:

- правила;
- семантичні мережі;
- фрейми.

Модуль вилучення знань є найбільш трудомістким. Правила забезпечують формальний спосіб представлення рекомендацій, знань або стратегій. Вони частіше підходять в тих випадках, коли предметні знання виникають з емпіричних асоціацій, накопичених за роки роботи з вирішення завдань в даній області.

В системах, заснованих на правилах «якщо-то», предметні знання представляються набором правил, які перевіряють на групі фактів і знань

					Аркуш
					11
Зм.	Аркуш.	№ докум.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019

поточну ситуацію (вхідну інформацію). Коли частина правила «якщо» задовольняє фактам, то дії, зазначені в частині «то», виконуються. Коли це відбувається, то правило спрацьовує. Інтерпретатор правил зіставляє частини правил «якщо» з фактами і виконує те правило, частина «якщо» якого сходиться з фактами, тобто інтерпретатор правил працює в циклі "Зіставити - виконати", формуючи послідовність дій.

1.5. Висновки до розділу

Таким чином, в результаті виконання розділу визначено, що прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом грає ключову роль при плануванні стратегічних цілей підприємства. В умовах, близьких до невизначеності багатьох параметрів, які характеризують інвестиційні проекти та процес управління ними доцільно використовувати прогнозуючі моделі. Вони засновані на принципах теорії нечітких множин, згідно якої певна величина представляється через функції приналежності до кожної нечіткої множини, на основі чого виконується логічний висновок про визначення вихідної величини, представлені очікуваними витратами на інвестиційний проект.

						Аркуш
Зм.	Аркуш.	№ докум.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	12

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ НА УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМ ПРОЕКТОМ

2.1. Постановка задачі з розробки програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом

Програмне забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом призначене для оперативної оцінки очікуваних витрат на управління інвестиційним проектом в умовах відсутності числових значень основних параметрів. При написанні комп'ютерної програми передбачено використання засобів програмування середовища MS Visual Studio 2017 та мови C#.

Застосування програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом дозволяє підвищити швидкість і якість процесів обробки даних і формування рішень стосовно стратегічних цілей підприємства.

Обов'язкові вимоги:

- можливість введення значень вхідних параметрів, в якості яких використано: зручність локації, масштаб проекту та бюджет;
- можливість програмного завдання параметрів функцій належності та вагових коефіцієнтів правил;
- візуалізації результатів прогнозування шляхом побудови графічних залежностей та виведення розрахованих значень;
- виведення результатів оцінки вигоди проекту за заданим пороговим значенням.

Програмне забезпечення, що розробляється, повинно бути масштабованим і гнучким, зберігати незалежність від джерела даних.

					<i>КНТЕУ_122_2019</i>		
<i>Зм</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Пурський О.І.</i>			<i>Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом</i>	<i>Сторінка</i>	<i>Сторінок</i>
<i>Кеївник</i>		<i>Демідов П.Г.</i>				13	31
<i>Гарант</i>		<i>Демідов П.Г.</i>				Кафедра комп'ютерних наук, 4-11	
<i>Розробив</i>		<i>Єгоров О.С.</i>					
<i>Перевірів</i>		<i>Демідов П.Г.</i>				2 розділ	

Це повинно бути досягнуто за рахунок використання гнучкої мови програмування C#.

Вимоги до інтерфейсу:

Програмна частина повинна володіти дружнім, інтуїтивно зрозумілим користувачеві графічним інтерфейсом, що дозволяє здійснювати в повній мірі всі функціональні можливості модуля.

Вимоги до апаратних і програмних ресурсів:

Передбачається робота додатку шляхом звернення до сервера. Засоби, необхідні для роботи програми, не повинні створювати конфліктних ситуацій при організації інформаційних потоків. Запити до сервера повинні бути побудовані таким чином, щоб забезпечувати необхідну швидкість системи.

Вимоги до програмного забезпечення системи:

Програмний додаток прогнозуючої моделі повинен працювати на базі 32- і 64-разрядних операційних систем Windows XP / Vista / 7/8/10.

Вимоги до технічного забезпечення системи:

У комплекс технічних засобів повинні входити такі елементи:

- автоматизовані робочі станції;
- джерело безперебійного живлення;

2.2. Обґрунтування вибору методу дослідження

В умовах, що характеризуються стрімкою зміною зовнішніх впливів при роботі інтелектуальних систем, прогнозування ситуацій, що виникають при управлінні інвестиційним проектом, є складною задачею. Тому доцільним стає підхід до прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом, який заснований на теорії нечітких множин.

Управління інвестиційним проектом на основі нечіткої бази знань [1] здійснюється за допомогою теорії нечітких множин. Задача налаштування параметрів функцій приналежності є задачею багатовимірної оптимізації, в результаті вирішення якої визначається такий вектор параметрів функцій приналежності, при якому критерій оптимізації прийме значення свого

						Архив
					КНТЕУ_122_2019	14
Зм.	Архив.	№ докум.	Підпис	Дата		

екстремуму. Дана задача може бути вирішена методом сполучених градієнтів. Найбільш повний опис зміни вхідних і вихідних параметрів систем ситуаційного управління дозволяє отримати Гауссова функція приналежності, яка визначається згідно з рівнянням:

$$\mu(x) = e^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}}, \quad (2.1)$$

Нечітка база знань являє собою набір правил виду «якщо-то», логічно пов'язуючи поточне значення вектору вхідних параметрів з певним значенням вихідного параметра. Формування нечіткої бази знань відбувається на основі експертних оцінок або засобами інтелектуального аналізу даних. При роботі інтелектуальної прогнозуючої системи не завжди існує необхідність використання нечіткої бази знань в повному обсязі. При певних зовнішніх умовах виникає необхідність звернення до певного набору правил з нечіткою бази знань, розмір якого може бути істотно обмежений у порівнянні із загальним розміром сформованої бази знань. Тому доцільним стає застосування вибіркового підходу при реалізації керуючої стратегії, характерного для інтелектуальних систем, заснованих на принципах нечіткої логіки з декомпозицією бази знань.

Застосування нечітких баз знань до процесу прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом дозволяє підвищити якість управління інвестиційним проектом в умовах невизначеності, що характеризуються відсутністю точних числових значень багатьох ключових параметрів, і що є властивістю інвестиційних проектів.

2.3. Методи нечіткого логічного виведення в задачі прогнозування витрат на управління проектом

З огляду на дійсні умови прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом, що характеризуються нестачею достовірної інформації про ключові параметри, які характеризують процес управління проектом, а саме – параметри пов'язані з локацією об'єктів, масштабом

						Аркуш
						15
Зм.	Аркуш.	№ докум.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	

проекту, загальним обсягом бюджету, доцільно використовувати інтелектуальні системи на основі нечіткої логіки з нечітким висновком Мамдані [6].

Нечітким логічним висновком є апроксимація залежності між вхідними та вихідними даними на основі лінгвістичних висловлювань у формі «якщо-то» і логічних операцій над нечіткими множинами. Модельований об'єкт має безперервну вихідну величину, яка представлена прогнозованим значенням витрат на управління інвестиційним проектом, що відповідає задачі апроксимації функції при прогнозуванні [10-11].

Структурна схема процесу отримання нечіткого логічного висновку наведена на рис. 2.1.



Рисунок 2.1. Схема процесу нечіткого логічного висновку Мамдані

Нечітка база знань, позначена на рис. 2.1 містить інформацію про залежність $Y(X)$ у вигляді лінгвістичних правил «якщо-то». Функції приналежності використовуються для представлення лінгвістичних термів у вигляді нечітких множин. Машина нечіткого логічного висновка на основі правил з бази знань визначає значення вихідної змінної у вигляді нечіткої множини Y^* , яка відповідає нечітким значенням вхідних змінних X^* . Дефазифікатор виконує перетворення вихідної нечіткої множини Y^* в чітке

число - прогнозоване значення витрат на управління інвестиційним проектом, яке є результатом роботи системи [7-9].

При побудові системи прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом використано нечіткий логічний висновок Мамдані, який полягає у розбитті простору факторів впливу на області з нечіткими межами, в середині яких функція приймає нечітке значення. При використанні нечіткого логічного висновку Мамдані для визначення приналежності вихідної множини нечітким термам здійснюється операція агрегування за функціями приналежності нечітких множин, проілюстрована на рис. 2.2 [6].

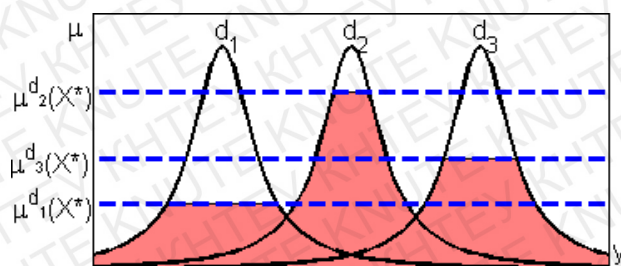


Рисунок 2.2. Ілюстрація операції агрегування нечіткої множини

Дефазифікацію вихідного параметра – прогнозованого значення витрат на управління інвестиційним проектом, здійснено методом центру ваги за рівнянням [7]:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^k y_i \mu(y_i)}{\sum_{i=1}^k \mu(y_i)} \quad (2.2)$$

Вибір типу нечіткого висновку Мамдані обумовлений використанням формалізованої компактної бази знань, яка може бути сформована як на основі експертних оцінок, так і за допомоги вилучення знань шляхом використання методів інтелектуального аналізу даних [11-14]. Нечіткий логічний висновок Мамдані на відміну від інших видів нечіткого логічного висновку спрощує процес змістовної інтерпретації отриманих результатів роботи нечіткої прогнозуючої моделі при аналізі модельованого процесу керування інвестиційним проектом та дозволяє якісно оцінити витрати на управління інвестиційним проектом.

2.4. Висновки до розділу

Таким чином, визначено вимоги до програмної системи, які полягають у розробці програмного продукту прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом з врахуванням таких показників проекту, як зручність локації, масштабність проекту, бюджет, який виділено на реалізацію проекту. При реалізації прогнозуючої моделі обрано використання теорії нечітких множин, що обґрунтовано відсутністю числових значень та чітких оцінок головних параметрів, що характеризують процес управління інвестиційним проектом. Тому вказані параметри доцільно представити у вигляді лінгвістичних змінних з визначенням ступеню приналежності до кожної з нечітких терм-множин, що виконується з використанням Гауссової функції приналежності, адже саме ця функція приналежності має найменшу кількість параметрів, що спрощує розрахунковий процес. Для здійснення логічного висновку обрано модель нечіткого логічного висновку Мамдані, що дозволить використовувати систематизовану базу знань про процес управління інвестиційним проектом, сформовану на основі експертних оцінок про модельований процес.

						Аркуш
						18
Зм.	Аркуш.	№ докум.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ НА УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМ ПРОЕКТОМ

3.1. Опис архітектури програмного забезпечення

Програмне забезпечення системи прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом складається з наступних функціональних модулів:

- 1) Модуль введення вхідних даних,
- 2) Модуль фазифікації вхідних даних,
- 3) Модуль нечіткого логічного висновку Мамдані,
- 4) Нечітка база знань,
- 5) Модуль дефазифікації,
- 6) Модуль оцінки вигоди проекту,
- 7) Модуль виведення та візуалізації вихідних даних.

Взаємозв'язок елементів архітектури програмного забезпечення системи наведено на рис. 3.1.



Рисунок 3.1. Схема модульної структури програмного додатку реалізації нечіткої моделі прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом

Модуль введення даних передбачає завдання користувачем вхідних

					КНТЕУ_122_2019		
Зм	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата			
Зав. Каф.		Пурський О.І.			Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом	Сторінка	Сторінок
Кеївник		Демідов П.Г.				19	31
Гарант		Демідов П.Г.				Кафедра комп'ютерних наук, 4-11	
Розробив		Єгоров О.С.					
Перевірів		Демідов П.Г.					
					Розділ 3		

значень через елементи інтерфейсу вікна програми. Модуль фазифікації використовує Гауссову функцію приналежності для визначення ступеня приналежності параметрів нечітким множинам. Нечітка база знань містить правила вигляду «якщо-то», які використовуються при здійсненні нечіткого висновку Мамдані. Модуль дефазифікації перетворює нечітке значення вихідної величини в чітке шляхом використання рівняння умовного центру ваги. Модуль оцінки вигоди проекту здійснює розрахунок процентного значення витрат на управління інвестиційним проектом та порівнює його з заданим пороговим значенням. Модуль виведення вихідних даних передбачає демонстрацію результатів розрахунків шляхом виведення у текстові поля та у вигляді графічної залежності у вікні побудови графіків.

3.2. Вхідні та вихідні форми документів системи

Прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом відбувається в умовах, для яких характерна висока ступінь невизначеності. У зв'язку з вище сказаним, для визначення залежності прогнозованих витрат на управління проектом від параметрів, що характеризують проект, доцільно використовувати нечіткі множини, попередньо визначивши структуру бази знань про процес управління інвестиційним проектом на основі систематизованої бази продукційних правил.

Вхідними значеннями нечіткої моделі прийняті локація, масштаб проекту та бюджет, а вихідне значення представлено прогнозованою величиною витрат на управління проектом. Для вхідних і вихідних параметрів сформовані нечіткі множини.

Нечітка база знань заснована на оцінці залежності вихідного параметру від вхідних. В результаті експертної оцінки сформована нечітка база знань на основі правил «якщо - то», відповідно до яких формується логічне рішення. В

						Аркуш
						20
Зм.	Аркуш.	№ докum.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	

системі використаний логічний висновок Мамдані, який має на виході нечітку величину, приведення якої до чіткого значення здійснюється методом умовного центру ваги.

Значення консеквентів в правилах, також, як і антецедентів, задані нечіткими термами [5]. Для вхідних параметрів є лінгвістичні змінні:

- 1) «Зручність локації»,
- 2) «Масштаб проекту»,
- 3) «Бюджет».

Нечіткі терми для лінгвістичної змінної «Зручність локації» представлено:

- a) «Висока»,
- b) «Середня»,
- c) «Низька».

Нечіткі терми для лінгвістичної змінної «Масштаб проекту» та «Бюджет» представлено:

- a) «Великий»,
- b) «Середній»,
- c) «Малий».

Вихідний параметр представлено лінгвістичною змінною «Витрати на управління інвестиційним проектом», для якої задано нечіткі терми:

- a) «Високі»,
- b) «Середні»,
- c) «Низькі».

Нечітка база знань сформована на підставі аналізу процесу управління інвестиційним проектом і представлена набором продукційних правил вигляду «ЯКЩО-ТО».

3.3. Моделі даних комп'ютерної системи

Введення вхідних даних здійснюється через спеціальні області вікна програмного додатку системи прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом, як показано на рис. 3.2.

Рисунок 3.2. Комп'ютерна модель введення вхідних даних

Введення вхідних параметрів здійснюється шляхом використання елементів керування та полів введення у вікні програми. Кожному з вихідних параметрів призначено окрему область введення, яка містить як поля для редагування даних, так і поля для виведення результатів розрахунків функцій приналежності вхідних параметрів до кожної з нечітких терм-множин, що визначається на основі Гауссової функції приналежності.

Область для виведення вихідного параметру – результату розрахунку прогнозованих витрат на управління інвестиційним проектом містить також поле для завдання порогового значення витрат відносно бюджету проекту, як на рис. 3.3. на основі якого визначено вигоду інвестиційного проекту з точки зору розміру витрат на управління.

Прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом

<p>Вхідні дані. Локація Задайте оцінку ступеня зручності локації:</p> <p>60</p> <p>Функції приналежності</p> <p>Висока (зручно): 0,607</p> <p>Середня: 0,969</p> <p>Низька (не зручно): 0,325</p>	<p>Вхідні дані. Масштаб проекту Задайте оцінку ступеня масштаба проекту:</p> <p>17</p> <p>Функції приналежності</p> <p>Великий: 0,116</p> <p>Середній: 0,712</p> <p>Малий: 0,914</p>
<p>Вхідні дані. Бюджет</p> <p>Максимальний бюджет: 5000</p> <p>Мінімальний бюджет: 1000</p> <p>Очікуваний бюджет: 3300</p> <p>Функції приналежності</p> <p>Великий: 0,105</p> <p>Середній: 0,932</p> <p>Малий: 0,016</p>	<p>Вихідні дані. Прогноз витрат</p> <p>Прогнозована сума витрат: 1357,93</p> <p>Відносний розмір витрат, %: 41,15</p> <p>Порогове значення витрат, %: 30</p> <p>Оцінка вигоди: Ні</p> <p>Розрахунок</p>

Рисунок 3.3. Результати розрахунків функцій приналежності та нечіткого логічного висновку

3.4. Опис контрольного прикладу для тестування інформаційної системи

При написанні комп'ютерної програми використано засоби програмування середовища MS Visual Studio 2017 та мову C#.

Результати роботи системи прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом досліджено за різних умов, пов'язаних з значеннями вхідних параметрів. Блок-схему алгоритму роботи програми наведено на рис. 3.4. На рис. 3.5 наведено результати роботи системи при завданні максимально комфортних умов стосовно зручності локації, мінімальний розмір масштабу проекту та середній бюджет, що показало результат, який відповідає низьким витратам на управління та позитивне рішення стосовно вигоди проекту.

						Аркуш
Зм.	Аркуш.	№ докum.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	24



Рисунок 3.4. Блок-схема алгоритму роботи програмного додатку прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом

У вікні програми передбачено область виведення графіків функцій приналежності вихідної величини та результуюча функція приналежності за

логічним висновком Мамдані.

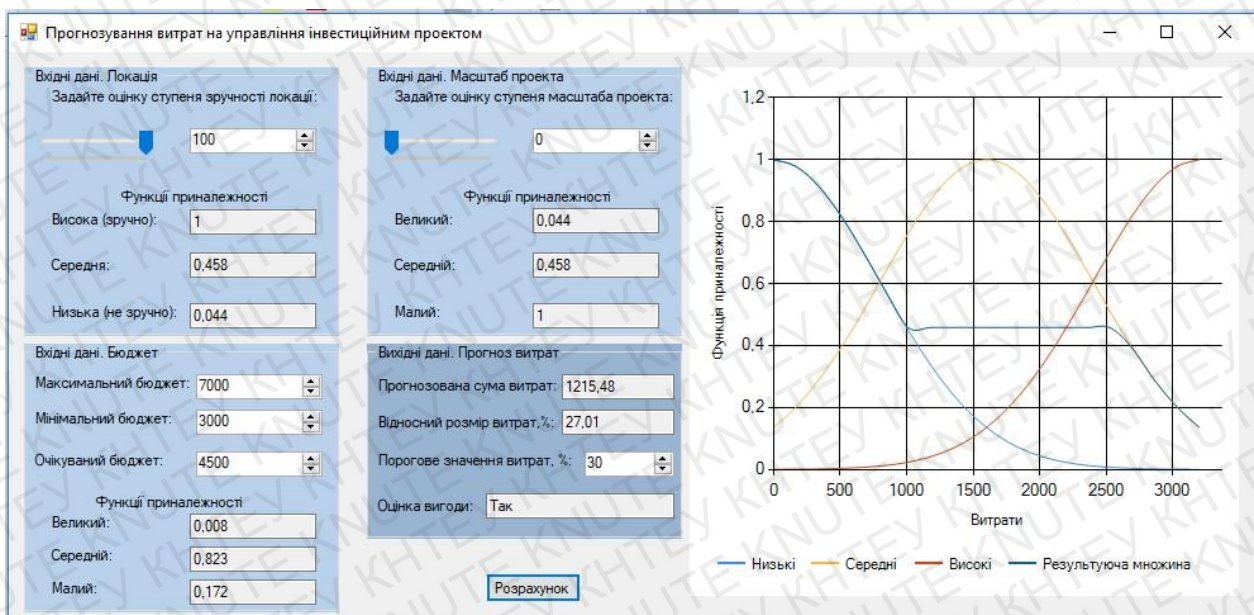


Рисунок 3.5. Результати тестування системи з результатом «Низькі витрати на управління інвестиційним проектом»

Аналогічним чином досліджено поведінку комп'ютерної системи при оцінці умов управління великим проектом з незручною локацією (рис. 3.6), де витрати виявилися високими, а проект не вигідним.

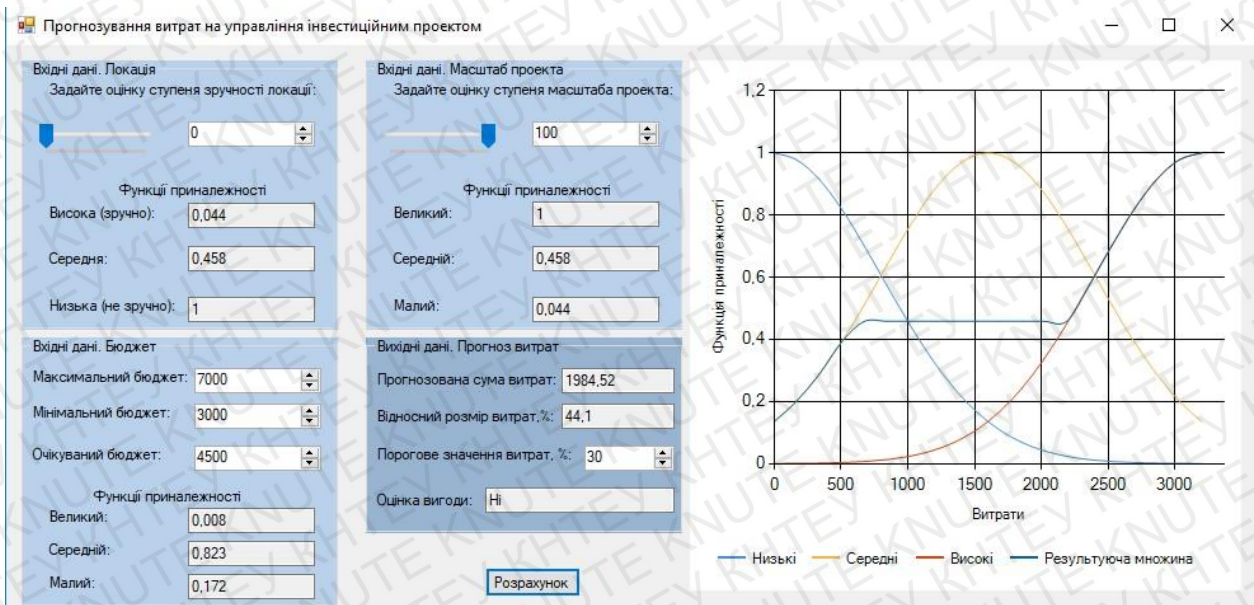


Рисунок 3.6. Результати тестування системи з результатом «Високі витрати на управління інвестиційним проектом»

При проміжних значеннях вказаних параметрів отримано середні витрати на управління проектом (рис. 3.7).

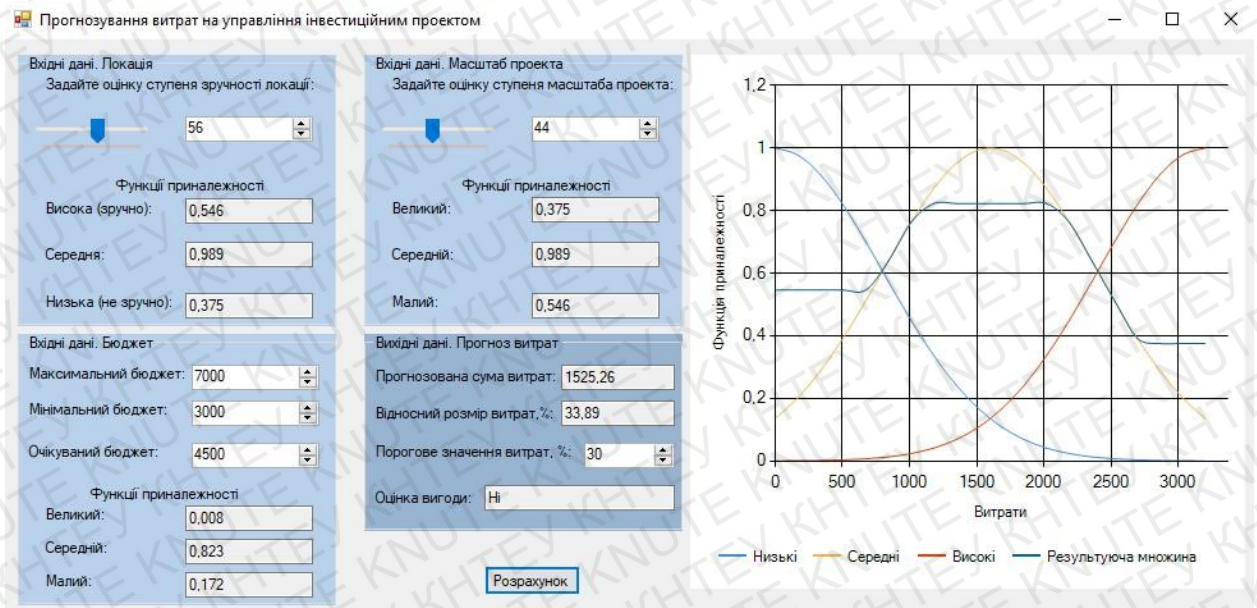


Рисунок 3.7. Результати тестування системи з результатом «Середні витрати на управління інвестиційним проектом»

Таким чином, можна зробити висновок про адекватність поведінки системи нечіткого логічного виведення Мамдані при прогнозуванні витрат на управління інвестиційним проектом.

ВИСНОВКИ

Таким чином, в результаті виконання роботи можна зробити наступні висновки:

1) Прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом грає ключову роль при плануванні стратегічних цілей підприємства. В умовах, близьких до невизначеності багатьох параметрів, які характеризують інвестиційні проекти та процес управління ними доцільно використовувати прогнозуючі моделі, засновані на принципах теорії нечітких множин, згідно якої певна величина представляється через функції приналежності до кожної нечіткої множини, на основі чого виконується логічний висновок про визначення вихідної величини, представленої очікуваними витратами на інвестиційний проект.

2) Визначені вимоги до програмної системи полягають у розробці програмного продукту прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом з врахуванням таких показників проекту, як зручність локації, масштабність проекту, бюджет, який виділено на реалізацію проекту.

3) При реалізації прогнозуючої моделі використано теорію нечітких множин, що обґрунтовано відсутністю числових значень та чітких оцінок головних параметрів, що характеризують процес управління інвестиційним проектом, тому вказані параметри доцільно представити у вигляді лінгвістичних змінних.

4) Визначення ступенів приналежності до кожної з нечітких терм-множин, виконується з використанням Гауссової функції приналежності, адже саме ця функція приналежності має найменшу кількість параметрів, що спрощує розрахунковий процес.

					<i>КНТЕУ_122_2019</i>		
<i>Зм</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Пурський О.І.</i>			<i>Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом</i>	<i>Сторінка</i>	<i>Сторінок</i>
<i>Кеївник</i>		<i>Демідов П.Г.</i>				28	31
<i>Гарант</i>		<i>Демідов П.Г.</i>			<i>Висновки</i>	Кафедра комп'ютерних наук, 4-11	
<i>Розробив</i>		<i>Єгоров О.С.</i>					
<i>Перевірів</i>		<i>Демідов П.Г.</i>					

5) Для здійснення логічного висновку обрано модель нечіткого логічного висновку Мамдані, що дозволить використовувати систематизовану базу знань про процес управління інвестиційним проектом, сформовану на основі експертних оцінок про модельований процес.

						Аркуш
						29
Зм.	Аркуш.	№ докум.	Підпис	Дата	КНТЕУ_122_2019	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бочуля Т.В. Організація інформаційної складової процесу управління в економічному просторі / Європейський вектор економічного розвитку, 2013. №2, с. 32-43.
2. Рибалко Л.П. Застосування сучасних корпоративних інформаційних систем в управлінні підприємствами / Науковий вісник Херсонського державного університету : зб. наук. пр. Сер.: Економічні науки. Херсон , 2015. Вип. 15. С. 82-85.
3. Ротштейн А.П. Вплив методів дефазифікації на швидкість настройки нечіткої моделі / А.П. Ротштейн, С.Д. Штовба // Кібернетика і системний аналіз.- 2002.-№5.- С.169-176.
4. Ротштейн А.П. Управління динамічною системою на основі нечіткої бази знань / А.П. Ротштейн, С.Д. Штовба // Автоматика і обчислювальна техніка.- 2001.- №2.- С.23-30.
5. Ситник Б.Т. Організація продукційних баз знань в ситуаційних системах управління / Б.Т. Ситник, А.Н. Караван // Радіоелектроніка та інформатика. – 2000. – № 3. – С. 64 – 67.
6. Штовба С.Д. Нечітка ідентифікація на основі регресійних моделей параметричної функції приналежності / С.Д. Штовба // Проблеми управління та інформатики. - 2006.- №6. С.38-44.
7. Штовба С.Д., Штовба Е.В., Панкевич О.Д. Критерії точності і компактності для оцінки якості нечітких баз знань в задачах ідентифікації // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2012. – №4.

					<i>КНТЕУ_122_2019</i>		
<i>Зм</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Пурський О.І.</i>				<i>Розробка програмного забезпечення прогнозування витрат на управління інвестиційним проектом</i>	<i>Сторінка</i>	<i>Сторінок</i>
<i>Кеївник</i>	<i>Демідов П.Г.</i>					30	31
<i>Гарант</i>	<i>Демідов П.Г.</i>				<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	Кафедра комп'ютерних наук, 4-11	
<i>Розробив</i>	<i>Єгоров О.С.</i>						
<i>Перевірів</i>	<i>Демідов П.Г.</i>						

8. Ahmed A.S. Seleim. Understanding the knowledge management□ intellectual capital relationship: a two□way analysis / Journal of Intellectual Capital, 2011. Vol. 12 Issue: 4, pp.586-614.
9. Andrew C. Ologbo, Khalil Md Nor. Knowledge Management Processes and Firm Innovation Capability: A Theoretical Model / Asian Social Science, 2015. Vol. 11 No 18, pp.10-17.
10. Guy Paré, Marie-Claude Trudel, Mirou Jaana, Spyros Kitsiou Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews / Information & Management, 2015. Volume 52, Issue 2, pp. 183-199.
11. Henri Inkinen Review of empirical research on knowledge management practices and firm performance / Journal of Knowledge Management, 2016. Vol. 20 Issue: 2, pp.230-257.
12. Hervé Panetto, Milan Zdravkovic, Ricardo Jardim-Goncalves, David Romero, J.Cecil, István Mezgár New perspectives for the future interoperable enterprise systems / Computers in Industry, 2016. Volume 79, pp. 47-63.
13. Manuel Brhel, Hendrik Meth, Alexander Maedche, Karl Werder Exploring principles of user-centered agile software development: A literature review / Information and Software Technology, 2015. Volume 61, pp. 163-181.
14. Veda C.Storey, Il-YeolSongb Big data technologies and Management: What conceptual modeling can do / Data & Knowledge Engineering, 2017. Vol. 108, pp.50-67.

						Арқуш
Зм.	Арқуш.	№ доқум.	Підпис	Дата		31

ДОДАТОК А

Код програми

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace InvestForecast
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public double loc, vol, budg;
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            loc = 0; vol = 0; budg=0;
        }
        private void trackBar1_Scroll(object sender, EventArgs e)
        { // введення значення локації проекту через компонент trackBar
            loc = trackBar1.Value;
            numericUpDown1.Value = Convert.ToDecimal(loc);
        }
        double memb_func(double y, double b, double c)
```



```
{ // розрахунок функції приналежності  
return Math.Exp(-(b - y) * (b - y) / (2 * c * c));  
}
```

```
double t_norm(double a, double b)
```

```
{ // розрахунок t-норми для логічного висновку  
return Math.Min(a, b);  
}
```

```
double s_norm(double a, double b)
```

```
{ // розрахунок s-норми для логічного висновку  
return Math.Max(a, b);  
}
```

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
```

```
{ // завдання властивостей компонентів форми  
    textBox1.ReadOnly = true;  
    textBox2.ReadOnly = true;  
    textBox3.ReadOnly = true;  
    textBox4.ReadOnly = true;  
    textBox5.ReadOnly = true;  
    textBox6.ReadOnly = true;  
    textBox7.ReadOnly = true;  
    textBox8.ReadOnly = true;  
    textBox9.ReadOnly = true;  
    textBox10.ReadOnly = true;  
    textBox11.ReadOnly = true;  
    textBox12.ReadOnly = true;  
    numericUpDown5.Maximum = numericUpDown3.Value;
```

```
numericUpDown4.Maximum = numericUpDown3.Value;  
numericUpDown3.Minimum = numericUpDown4.Value;  
numericUpDown5.Minimum = numericUpDown4.Value;
```

```
// завдання локації та масштабу проекту
```

```
loc = Convert.ToDouble(numericUpDown1.Value);  
trackBar1.Value = Convert.ToInt32(loc);  
vol = trackBar2.Value;  
numericUpDown2.Value = Convert.ToDecimal(vol);  
chart1.ChartAreas[0].AxisX.Minimum = 0;  
}
```

```
private void numericUpDown1_ValueChanged(object sender,  
EventArgs e)
```

```
{ // завдання локації проекту через компонент numericUpDown  
loc = Convert.ToDouble(numericUpDown1.Value);  
trackBar1.Value = Convert.ToInt32(loc);  
}
```

```
private void numericUpDown3_ValueChanged(object sender,  
EventArgs e)
```

```
{ // налаштування властивостей компонентів форми  
numericUpDown5.Maximum = numericUpDown3.Value;  
numericUpDown4.Maximum = numericUpDown3.Value;  
}
```

```
private void trackBar2_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
```

```
{ // завдання масштабу проекту через компонент trackBar  
vol = trackBar2.Value;  
numericUpDown2.Value = Convert.ToDecimal(vol);  
}
```

```

// обробник події натиснення на кнопку розрахунку
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{ // зчитування значень вхідних параметрів
    loc = Convert.ToDouble(numericUpDown1.Value);
    vol = Convert.ToDouble(numericUpDown2.Value);
    budg = Convert.ToDouble(numericUpDown5.Value);
    double y = fuzzy(loc, vol, budg); // розрахунок значення вихідного
    параметра – прогнозованого значення витрат на управління проектом через
    виклик функції нечіткого логічного висновку Мамдані
    textBox1.Text = Math.Round(y,2).ToString(); // виведення розрахованого
    значення
    // виведення відносного значення витрат у відношенні до бюджету
    проекту та порівняння з пороговим значенням
    double proc = y / (Convert.ToDouble(numericUpDown5.Value)) * 100;
    textBox12.Text = Math.Round(proc, 2).ToString();
    if (proc <= Convert.ToDouble(numericUpDown6.Value))
    { textBox8.Text = "Так"; }
    else
    { textBox8.Text = "Hi"; }
}
private void numericUpDown4_ValueChanged(object sender,
EventArgs e)
{ // налаштування властивостей компонентів форми
    numericUpDown3.Minimum = numericUpDown4.Value;
    numericUpDown5.Minimum = numericUpDown4.Value;
}
void defuzz(int ny, double[] yfp, double[] maxfp, ref double yfk)
{ // функція дефазифікації методом центру ваги
    double сумуmax, summax;
    сумуmax = maxfp[0] * yfp[0];
}

```

```

summax = maxfp[0];
for (int j = 1; j < ny; j++)
{
    sumymax += maxfp[j] * yfp[j];
    summax += maxfp[j];
}
yfk = sumymax / summax; // результат дефазифікації
}
// функція здійснення нечіткого логічного висновку Мамдані
double fuzzy(double x1f, double x2f, double x3f)
{ // завдання параметрів функцій приналежності
    int ny = 20;
    double maxsum = 100, maxsumbudg =
Convert.ToDouble(numericUpDown3.Value), minsumbudg =
Convert.ToDouble(numericUpDown4.Value);
    int n = 22;
    double[] b = new double[3] { 0, 50, 100 };
    double c = 40, c3 = (maxsumbudg - minsumbudg)*0.2, tmpmaxt, c4 =
(maxsumbudg - minsumbudg) * 0.8 * 0.2;
    double[] b3 = new double[3] { minsumbudg, (maxsumbudg +
minsumbudg) * 0.5, maxsumbudg }, b4 = new double[3] { 0, (maxsumbudg -
minsumbudg) * 0.4, (maxsumbudg - minsumbudg) * 0.8 };
    double[] mux1 = new double[3], mux2 = new double[3], mux3 = new
double[3], yfp = new double[ny+5], minwp = new double[20], maxx12 = new
double[20], maxfp = new double[ny+5];
    double[,] muyp = new double[5, ny + 5], minfp = new double[5, ny + 5];
    yfp[0] = 0;
    for (int i = 1; i < ny; i++)
    {
        yfp[i] = yfp[i - 1] + (maxsumbudg - minsumbudg)*0.8 / (ny-1);
    }
}

```

```
}  
// розрахунок функцій приналежності вхідних параметрів  
for (int i = 0; i < 3; i++)  
{ mux1[i] = memb_func(x1f, b[i], c);  
  mux2[i] = memb_func(x2f, b[i], c);  
  mux3[i] = memb_func(x3f, b3[i], c3); }  
// виведення розрахованих функцій приналежності вхідних параметрів  
textBox4.Text = Math.Round(mux1[0],3).ToString();  
textBox3.Text = Math.Round(mux1[1],3).ToString();  
textBox2.Text = Math.Round(mux1[2],3).ToString();  
textBox7.Text = Math.Round(mux2[2], 3).ToString();  
textBox6.Text = Math.Round(mux2[1], 3).ToString();  
textBox5.Text = Math.Round(mux2[0], 3).ToString();  
textBox11.Text = Math.Round(mux3[2], 3).ToString();  
textBox10.Text = Math.Round(mux3[1], 3).ToString();  
textBox9.Text = Math.Round(mux3[0], 3).ToString();  
chart1.Series[0].Points.Clear();  
chart1.Series[1].Points.Clear();  
chart1.Series[2].Points.Clear();  
for (int j = 0; j < ny; j++)  
{  
  for (int i = 0; i < 3; i++)  
  { // розрахунок функцій приналежності множини вихідного  
параметра  
    muyp[i, j] = memb_func(yfp[j], b4[i], c3);  
  }  
  chart1.Series[0].Points.AddXY(Math.Round(yfp[j], 3), muyp[0, j]);  
  chart1.Series[1].Points.AddXY(Math.Round(yfp[j], 3), muyp[1, j]);  
  chart1.Series[2].Points.AddXY(Math.Round(yfp[j], 3), muyp[2, j]);  
}
```

// обчислення міри істинності правил нечіткої бази знань для здійснення нечіткого логічного висновку

```
minwp[0] = t_norm(mux1[1], mux2[0]);
minwp[1] = t_norm(mux1[2], mux2[0]);
minwp[2] = t_norm(mux1[2], mux2[1]);
minwp[2] = t_norm(minwp[2], mux3[0]);
minwp[3] = t_norm(mux1[2], mux2[1]);
minwp[3] = t_norm(minwp[3], mux3[1]);
maxx12[0] = s_norm(minwp[0], minwp[1]);
maxx12[0] = s_norm(maxx12[0], minwp[2]);
maxx12[0] = s_norm(maxx12[0], 0.8 * minwp[3]);
minwp[0] = t_norm(mux1[0], mux2[0]);
minwp[1] = t_norm(mux1[1], mux2[1]);
minwp[1] = t_norm(minwp[1], mux3[0]);
minwp[2] = t_norm(mux1[1], mux2[1]);
minwp[2] = t_norm(minwp[2], mux3[1]);
minwp[3] = t_norm(mux1[2], mux2[1]);
minwp[3] = t_norm(minwp[3], mux3[2]);
minwp[4] = t_norm(mux1[2], mux2[2]);
minwp[4] = t_norm(minwp[4], mux3[1]);
minwp[5] = t_norm(mux1[1], mux2[2]);
minwp[5] = t_norm(minwp[5], mux3[0]);
maxx12[1] = s_norm(minwp[0], minwp[1]);
maxx12[1] = s_norm(maxx12[1], minwp[2]);
maxx12[1] = s_norm(maxx12[1], minwp[3]);
maxx12[1] = s_norm(maxx12[1], minwp[4]);
maxx12[1] = s_norm(maxx12[1], minwp[5]);
minwp[0] = t_norm(mux1[0], mux2[2]);
minwp[1] = t_norm(mux1[1], mux2[2]);
minwp[1] = t_norm(minwp[1], mux3[1]);
```

```

minwp[2] = t_norm(mux1[1], mux2[2]);
minwp[2] = t_norm(minwp[2], mux3[2]);
minwp[3] = t_norm(mux1[0], mux2[1]);
minwp[4] = t_norm(mux1[1], mux2[1]);
minwp[4] = t_norm(minwp[4], mux3[2]);
maxx12[2] = s_norm(minwp[0], 0.5*minwp[1]);
maxx12[2] = s_norm(maxx12[2], minwp[2]);
maxx12[2] = s_norm(maxx12[2], minwp[3]);
maxx12[2] = s_norm(maxx12[2], minwp[4]);
// операція агрегації множин
for (int j = 0; j < ny; j++) {
    for (int i = 0; i < 3; i++)
        { minfp[i, j] = t_norm(maxx12[i], muyp[i, j]); } }
// формування нечітких множин для вихідного параметра
for (int j = 0; j < ny; j++) {
    maxfp[j] = s_norm(minfp[0, j], minfp[1, j]);
    for (int i = 2; i < 3; i++) {
        tmpmaxt = maxfp[j];
        maxfp[j] = s_norm(tmpmaxt, minfp[i, j]); } }
double yfk = 0;
defuzz(ny, yfp, maxfp, ref yfk); // дефазифікація вихідного
параметра нечіткої моделі Мамдані
// побудова графіку
chart1.Series[3].Points.Clear();
for (int i = 0; i < ny; i++) {
    chart1.Series[3].Points.AddXY(Math.Round(yfp[i],3), maxfp[i]); }
return yfk;
}
}

```