

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Навчально-науковий інститут бізнесу, економіки та менеджменту
Кафедра економічної кібернетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ З МЕТОЮ
ОЦІНКИ РІВНЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ
СИТУАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ МІСТА СУМИ)»

Виконав студент 4 курсу, групи ЕК-71а
(номер курсу) (шифр групи)

Спеціальності 051 «Економіка»

(Економічна кібернетика)

Григоренко Олена Вікторівна
(прізвище, ініціали студента)

Керівник: к. ф.-м. наук, доцент Братушка С.М.
(посада, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Суми – 2021 рік

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему
«ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ З МЕТОЮ ОЦІНКИ
РІВНЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ (НА
ПРИКЛАДІ МІСТА СУМИ)»

студентки Григоренко Олена Вікторівна
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Актуальність теми, обраної для дослідження, визначається тим, що кожна нестабільність в місті супроводжується зниженням показників життя та фінансового стану. Якщо розглядати саму фінансово-економічну нестабільність, то вона супроводжується спадом обсягів виробництва, валютними коливаннями, фінансовими, бюджетними, борговими та банківськими потрясіннями. Під час такого становища місто втрачає будь-яку фінансову спроможність.

Тому, для того, щоб раніше виявити становище міста та провести певні заходи, для покращення стану міста, і будуються моделі, що розглядають економічні процеси.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у формуванні нечіткої математичної моделі для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації (на прикладі міста Суми).

Об'єктом дослідження є фінансово-економічний стан міста Суми.

Предметом дослідження є методи та моделі рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.

Задачами дослідження є:

– дослідити основні методи оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації;

– визначити можливість та доцільність використання методів нечіткої логіки для оцінки якості банківських послуг.

- сформуванати вимоги до нечіткої математичної моделі для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації;
- визначити основні параметри моделі, що впливають на оцінку, та виконати математичний опис;
- розробити методику проектування розрахунків та обґрунтувати вибір середовища дослідження і проведення розрахунків;
- налаштувати нечітку модель для проведення розрахунків;
- провести розрахунки, інтерпретувати результати та перевірити адекватність побудованої математичної моделі.

Для досягнення поставленої мети та задач дослідження були використані такі методи дослідження: метод математичної формалізації, метод порівняння Сааті, метод середнього геометричного виміру відстаней між об'єктами, лінійний метод врахування пріоритетів.

Інформаційною базою кваліфікаційної роботи є звітність Сумської міської ради з соціально-економічного розвитку міста.

Основний науковий результат кваліфікаційної роботи полягає у такому: що місто Суми має низький рівень нестабільності (0,2), що говорить про те, що місто знаходиться в нормальному фінансовому стані.

Одержані результати можуть бути використані для визначення рівня фінансово-економічної ситуації інших міст та визначення подальших дій для покращення становища міста.

Ключові слова: нестабільність фінансово-економічної ситуації, нечітка логіка, фазифікація, логічні виведення, дефазифікація, база правил, лінгвістична змінна, терм-множина, FIS.

Зміст кваліфікаційної роботи викладено на 47 сторінках.

Список використаних джерел із 31 найменувань, розміщений на 20 сторінках. Робота містить 8 таблиць, 21 рисунок, а також 2 додатків, розміщених на 4 сторінках.

Рік виконання кваліфікаційної роботи – 2021 рік.

Рік захисту роботи – 2021 рік.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Навчально-науковий інститут бізнесу, економіки та менеджменту
Кафедра економічної кібернетики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри д.е.н.,
професор

_____ О.В. Кузьменко
“ _ ” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
спеціальність 051 «Економіка (Економічна кібернетика)»
студентці IV курсу, групи ЕК-71а

Григоренко Олена Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Застосування методів нечіткої логіки з метою оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації (на прикладі міста Суми)» затверджена наказом по університету від «_» _____ 20__ року № _____
 2. Термін подання студентом закінченої роботи «_» _____ 20__ року
 3. Мета кваліфікаційної роботи формування нечіткої математичної моделі для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації (на прикладі міста Суми).
 4. Об'єкт дослідження фінансово-економічний стан міста Суми.
 5. Предмет дослідження методи та моделі рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.
 6. Кваліфікаційна робота виконується на матеріалах звітність Сумської міської ради про соціально-економічний стан міста Суми.
 7. Орієнтовний план кваліфікаційної роботи, терміни подання розділів керівникові та зміст завдань для виконання поставленої мети
- Розділ 1. Вивчення об'єкта моделювання – 11 травня 2021 року

(назва – термін подання)

У розділі 1 розглядаються методи оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації, а також визначення можливості та доцільності використання методів нечіткої логіки.

(зміст конкретних завдань до розділу, які має виконати студент)

Розділ 2. Побудова математичної моделі – 17 травня 2021 року.

(назва – термін подання)

У розділі 2 сформувані основні вимоги до модуля та визначити основні параметри, що впливають на нестабільності фінансово-економічної ситуації.

(зміст конкретних завдань до розділу, які повинен виконати студент)

Розділ 3. Оцінка рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації. – 17 травня 2021 року.

(назва – термін подання)

У розділі 3 налаштувати нечітку модель для проведення розрахунків та провести розрахунки, інтерпретувати результати та перевірити на адекватність.

(зміст конкретних завдань до розділу, які повинен виконати студент)

8. Консультації з роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1			
2			
3			
4			

9. Дата видачі завдання: «__» _____ 20__ року

Керівник кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

С.М.Братушка

(ініціали, прізвище)

Завдання до виконання одержала _____

(підпис)

О.В.Григоренко

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	2
ВСТУП.....	7
1. ВИВЧЕННЯ ОБ'ЄКТА МОДЕЛЮВАННЯ.....	9
1.1 Методи оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.....	9
1.2 Оцінка можливості використання методів нечіткої логіки для оцінки якості банківських послуг.....	10
2. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ.....	16
2.1 Формування вимог до моделі для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.....	16
2.2.1 Визначення основних параметрів моделі, що впливають на оцінку рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.....	17
2.2.2 Математичний опис взаємозв'язку основних параметрів об'єкта дослідження.....	18
2.3. Розробка методики проектувальних розрахунків та обґрунтування вибору середовища дослідження і проведення розрахунків.....	18
3. ОЦІНКА РІВНЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ.....	28
3.1. Налаштування нечіткої моделі для проведення розрахунків.....	28
3.2. Проведення розрахунків, інтерпретація результатів та перевірка адекватності побудованої математичної моделі.....	38
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42
ДОДАТКИ.....	425

ВСТУП

В даній роботі розглядається одна із важливих проблем кожного міста, а саме нестабільність фінансово-економічної ситуації.

Кожна нестабільність в місті супроводжується зниженням показників життя та фінансового стану. Якщо розглядати саму фінансово-економічну нестабільність, то вона супроводжується спадом обсягів виробництва, валютними коливаннями, фінансовими, бюджетними, борговими та банківськими потрясіннями. Під час такого становища місто втрачає будь-яку фінансову спроможність.

Тому для того, щоб раніше виявити становище міста та провести певні заходи, для покращення стану міста, і будуються моделі, що розглядають економічні процеси.

Для визначення рівня міста найкращім підходом є моделювання. Це дозволить виділити основні аспекти та зв'язки між досліджуваними факторами, абстрагуватися від зайвих чинників, сформулювати обмеження та інше.

Модель нечіткої логіки є простою та ефективною, в порівнянні з класичними моделями, особливо якщо дана модель визначає оцінку економічного рівня міста або держави при розрахунках ефективності показників.

Дослідження будуть проведені на основі фінансово-економічного стану міста Суми. Також при аналізі нестабільної ситуації буде використовуватись звітність соціально-економічного стану міст: Київ, Дніпро, Рівне, Запоріжжя.

Метою даної випускної роботи є формування нечіткої математичної моделі для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації (на прикладі міста Суми).

Об'єктом дослідження в роботі виступає фінансово-економічний стан міста Суми.

Предмет дослідження – методи та моделі рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.

Для досягнення поставленої мети сформовано наступні задачі дослідження:

- дослідити основні методи оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації;
- визначити можливість та доцільність використання методів нечіткої логіки для оцінки якості банківських послуг.
- сформулювати вимоги до нечіткої математичної моделі для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації;
- визначити основні параметри моделі, що впливають на оцінку, та виконати математичний опис;
- розробити методику проектування розрахунків та обґрунтувати вибір середовища дослідження і проведення розрахунків;
- налаштувати нечітку модель для проведення розрахунків;
- провести розрахунки, інтерпретувати результати та перевірити адекватність побудованої математичної моделі.

Результатом практичного розрахунку у даній випускній роботі є формування кількісної оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації, яка дозволить оцінити як загальний рівень нестабільності, так і дослідити, які саме показники та в якому обсязі впливають на досліджувану категорію.

1. ВИВЧЕННЯ ОБ'ЄКТА МОДЕЛЮВАННЯ

1.1 Методи оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації

Методологія оцінки показників, що впливають на нестабільність та глобальний дисбаланс, має ґрунтуватися виключно на економічній теорії. З цієї точки зору, доцільним, є аналіз теоретичних підходів до пояснення фінансової нестабільності.

Виходячи з економічної теорії, боротися з фінансовою нестабільністю можна завдяки досягненню рівноваги між показниками. Макроекономічна рівновага показує збалансованість та пропорційність багатьох зв'язаних економічних процесів.

Саме рівновага є ключовою проблемою економіки будь-якої країни чи окремого міста. Але, якщо звернутися до економічної історії різних країн, можна побачити, що макроекономічна рівновага практично ніде не прослідковується, через те, що дуже важко спрогнозувати поведінку суб'єктів ринкових відносин та вплинути на показники рівноваги.

Макроекономічна рівновага та економічні цикли є одними з основних напрямків, що досліджувалися в економічній теорії в ХІХ—ХХ ст., а на початку ХХІ ст. дані напрямки стали ще більш актуальними, в зв'язку з частими кризами в країнах.

В економічній теорії вченими, що досліджували напрямок економічної рівноваги, були Р.Хоутрі, Ф.Хаском, Л.Мізесом, І.Фішером, Й.Шумпетером, Дж.М.Кейнсом, М.Фрідменом, М.Туган-Барановським та інші. Ними були розроблені головні концепції економічного циклу, які пояснюють критерії, що мають вплив на фінансову нестабільність.

Посткейнсіанство приділило особливу увагу чинникам нестабільності та запропонувало в процесі аналізу враховувати рівень безробіття, інфляції, коливання ціни та фактори невизначеності й ризику.

Представник посткейнсіанства Хайман Філіп Мінські (1919 —1996 рр.) у своїй роботі «Гіпотезі фінансової нестабільності» [23], більш глибоко розглядає чинники фінансової нестабільності.

Головними рисами даної гіпотези є те, що вона предметно доповнює кейнсіанську концепцію сукупного попиту факторами очікувань і невизначеності, а також демонструє, що інвестиційна складова сукупного попиту залежить від довгострокових очікувань, як підприємств так і фінансів. Дана гіпотеза підтверджує, що причинами нерівноважної економіки і безробіття є невизначеність [6].

М. Столбов у своїй роботі підтвердив значимість першої та другої теорем гіпотези фінансової нестабільності. Згідно з першою теорією в економіці існують фінансування, що покращують економічне становище або, навпаки, погіршують. В другій теорії розглядається тривалий період розвитку економіки, в якій здійснюється перехід від фінансових відносин, що сприяють стабілізації економіки, до відносин, що її підривають [27].

В економічній теорії виділяють такі основні чинники фінансової нестабільності: дефіцит бюджету; надмірна заборгованість, як наслідок дефляція; звуження грошової пропозиції; неможливість погашення боргу, погіршення структури джерел ресурсів суб'єктів господарювання; звуження банківського кредиту; нестабільність грошової пропозиції; безробіття тощо.

1.2 Оцінка можливості використання методів нечіткої логіки для оцінки якості банківських послуг

На сьогодні, в галузі економіки, одним із перспективних напрямків є аналіз, прогноз та моделювання явищ і процесів, які використовують нечітку логіку. Нечітка множина часто представлена у вигляді програмного забезпечення, що дає можливість прийняти правильне обґрунтоване рішення та зменшити ризики.

Автором теорії нечіткої множини є відомий американський учений Л. А. Заде. Його теорія побудована на базі теорії множин. В ній Заде протиставляє двозначній і навіть багатозначній логіці логіку з нечіткою істинністю, нечіткими зв'язками й нечіткими висновками.

На його думку саме нечітка логіка дає людині змогу вибирати з широкого інформаційного потоку відомості, які дозволять розв'язати поставлені задачі. Саме ця здатність допоможе людині вибирати корисну інформацію з потоку, що поданий природною мовою.

1975 рік є початком застосування теорії нечіткої логіки, завдяки побудові першого нечіткого контролера Е. Мамдані (Е. Mamdani). Він заснований на заснований на нечітких лінгвістичних правилах «Якщо – то». Це привило до збільшення інтересу до даної теорії серед математиків [30].

Архітектура Fuzzy Logic складається з чотирьох основних частин: фазифікація; база правил; блок логічного висновку; дефазифіція (рис. 1.2.1).

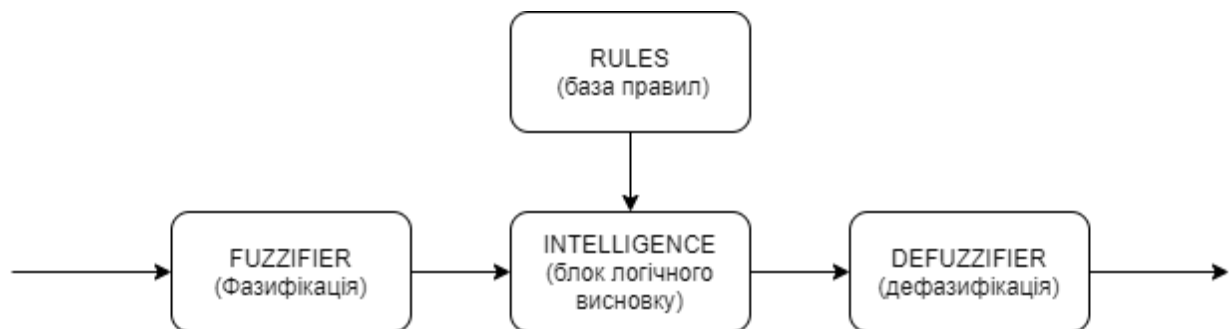


Рисунок 1.2.1 – Загальна структура нечіткої логіки

Етап фазифікації дозволяє перетворити чіткі величини на нечіткі, тобто на величини які описуються лінгвістичними змінними в базі знань.

Блок логічного висновку (виводу) передбачає використання нечітких умовних (if – then) правил, що закладаються до бази знань, для перетворення нечітких вхідних даних на необхідні керівні впливи

На етапі дефазифікації нечіткі дані перетворюються на чітку величину, яку застосовують для керування об'єктом.

Головним базовим поняття Fuzzy Logic є FIS-структура – система нечіткого виведення (Fuzzy Inference System). Вона містить а собі необхідні процеси для реалізацію функціонального відображення «входи-виходи» на основі нечіткого логічного виведення.

При використанні системи нечіткого виведення на етапі блоку нечіткого виведення з’являється поняття – функція приналежності. Дана функція вказує ступінь належності елемента нечіткій підмножині.

Також при роботі з нечіткою логікою, одним із головних понять є лінгвістична змінна. Вона є множиною нечітких змінних та дає словесний опис деякому нечіткому числу, що буде отримане в результаті розрахунків [30]. При формуванні лінгвістичних змінних множина їх значінь називається терм-множина.

Дана множина включає в себе всі можливі значення лінгвістичної змінної. А термом називають будь-який елемент даної множини [30].

Як вже було зазначено, для опису нечітких множин використовуються функції приналежності. Розглянемо основні їх види.

Найпростішими є кусково-лінійні функції приналежності, до яких належать трикутна (рис. 1.2.2, а) та трапецевидна (рис. 1.2.2, б) форми [23]. Також виділяють функції приналежності виду Z-образні та S-образні функції (рис. 1.2.3, 1.2.4).

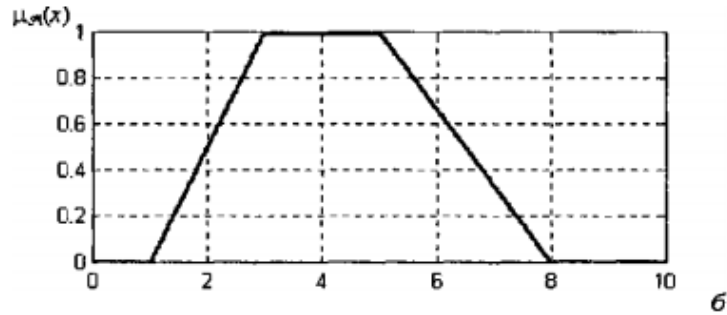
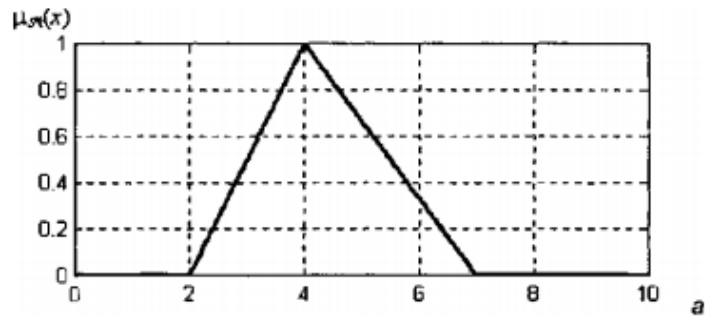


Рисунок 1.2.2 – Графіки функції приналежностей трикутної (а) та трапецевидної (б) форми

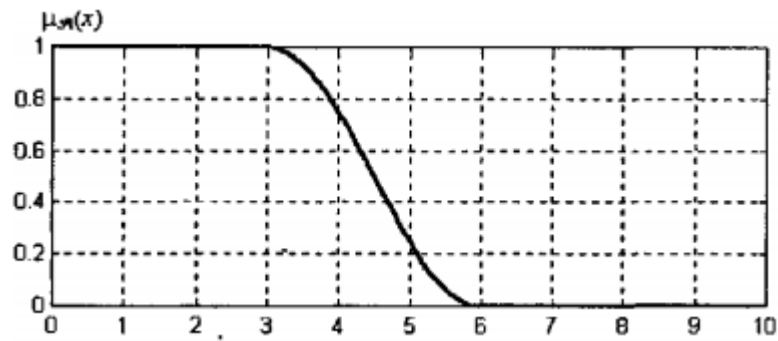


Рисунок 1.2.3 – Графік Z-образної функції приналежності

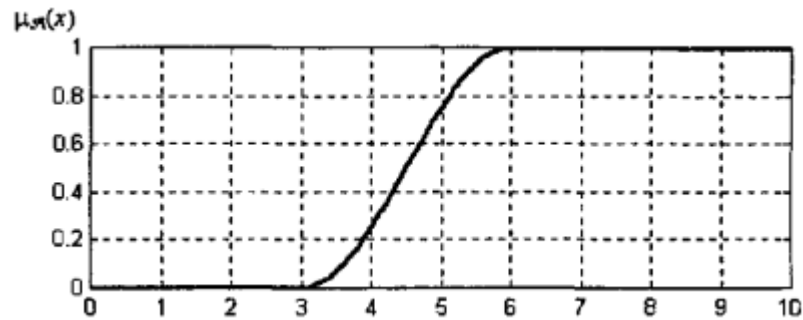


Рисунок 1.2.4 – Графік S-образної функції приналежності

Дані функції використовуються для ілюстрації властивостей нечітких множин, що характеризують невизначеність за допомогою лінгвістичних

значінь [22]. Дані значення можуть мати вид: «низький», «середній», «високий».

Існує ще велика кількість різноманітних функцій приналежності, наприклад, сигмоїдальна, колокообразна, функції приналежності Гаусса та ін., але найбільш поширеними є розглянуті вище функції.

В даній роботі буде використовуватися саме трикутна функція приналежності, що задається наступним аналітичним виразом:

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}, \quad (1.2)$$

де a, b, c – деякі числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням $a \leq b \leq c$ [23].

З метою нечіткого виведення необхідне, також, формування нечіткої бази знань.

Нечіткою базою знань (fuzzy knowledge base) про вплив факторів $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ на значення параметра y називається сукупність логічних висловлень типу: якщо $(x_1 = a_1^{j1})$ та $(x_2 = a_2^{j1})$ та ... та $(x_n = a_n^{j1})$ з вагою w_{j1} , або $(x_1 = a_1^{j2})$ та $(x_2 = a_2^{j2})$ та ... та $(x_n = a_n^{j2})$ з вагою w_{j2} ... або $(x_1 = a_1^{jk_j})$ та $(x_2 = a_2^{jk_j})$ та ... та $(x_n = a_n^{jk_j})$ з вагою w_{jk_j} , то $y = d_j$ для всіх $j = 1, 2, \dots, m$. У даних співвідношеннях, a_i^{jp} – нечіткий терм, яким оцінюється змінна x_i у рядку з номером jp ($p = 1, 2, \dots, k_j$), k_j – кількість рядків-кон'юнкцій, у яких вихід y оцінюється нечітким термом d_j ,

$j = 1, 2, \dots, m$, m – кількість термів, що використовується для оцінки вихідного параметра y , w_{jp} – вага p -го рядка кон'юнкцій j -го правила бази знань [30]. Вага правила – число в інтервалі $[0; 1]$, що характеризує суб'єктивну міру впевненості експерта у цьому правилі та використовується для відображення значимості правила.

Існує два види правил: правила Мамдані та правила Сугено.

В правилах Мамдані, які мають вигляд «якщо $x_1 \in A_1$ та $x_2 \in A_2$ та ..., то $y \in B$ » $\{x_i\}$ – це вхідні змінні, y – вихідна змінна, $\{A_i\}$ та B – нечіткі терми, визначені відповідно для $\{x_i\}$ та y . Зазвичай, при прийнятті рішень людина користується саме такими правилами, що допомагає їй визначитися з подальшими діями в умовах невизначеності [30].

Правила Сугено є іншим типом нечітких правил, які мають вигляд «якщо $x_1 \in A_1$ та $x_2 \in A_2$ та ..., то $y = f(x_1 \dots x_n)$ ». У даних правилах $\{x_i\}$ – це вхідні змінні, y – вихідна змінна, $\{A_i\}$ – нечіткі терми, визначені відповідно для $\{x_i\}$, $f(x_1 \dots x_n)$ – лінійна функція, що залежить від вхідних змінних [30].

Виходячи з даних пояснень, основна відмінність між даними системами полягає в різних способах завдання значень вихідної змінної в правилах, що утворюють базу знань. У системах типу Мамдані значення вихідної змінної задаються нечіткими термами, у системах типу Сугено – як лінійна комбінація вхідних змінних.

Отже, були розглянуті основні поняття нечіткої логіки. Відповідно, основною задачею дослідження є побудова математичної моделі оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації. Дана модель буде побудована на основі понять та засобів нечіткої логіки, а також з використанням економіко-математичних методів та моделей.

2. ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

2.1 Формування вимог до моделі для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.

При побудові нечіткої математичної моделі, для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації, одним із етапів є формування вимог до моделі.

До даної моделі будуть висуватися наступні вимоги:

- модель має базуватися виключно на науково-економічній теорії, яка надає закономірність інформації, що використовується;
- дані, які будуть використовуватися в моделі повинні дотримуватися відповідної розмірності економічної величини та єдності масштабу;
- модель повинна мати принципові відмінності між керованими і некерованими параметрами;
- модель має бути адекватною;
- модель має бути простою, не мати другорядних факторів;
- модель повинна бути чутливою до зміни початкових параметрів;
- модель має змогу бути універсальною, тобто мати широку область застосування [10].

Так як створена модель нечіткої логіки має конкретний напрям використання, відповідно вона повинна мати додаткові вимоги:

- 1) в результаті модель повинна надавати конкретну числову оцінку фінансово-економічного стану міста;
- 2) модель повинна надавати можливість користувачу оцінити який із критеріїв має більший вплив на стан міста.

2.2 Розробка математичної моделі.

2.2.1 Визначення основних параметрів моделі, що впливають на оцінку рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.

Перейдемо до першого етапу визначення основних параметрів моделі.

Даний етап полягає у визначенні фінансово-економічного стану міста шляхом визначення поточної фінансової ситуації [17]. На даному етапі, ми вважаємо доцільним звернутися до статистичних даних для визначення показників соціально-економічного стану міста [15].

Переглядаючи статистичну документацію міст, можна виділити такі основні показники соціально-економічного стану міста:

- надходження до держбюджету;
- середньомісячна заробітна плата одного штатного працівника;
- заборгованість із виплати заробітної плати на економічно-активних підприємствах;
- загальний обсяг прямих іноземних інвестицій (акціонерний капітал нерезидентів);
- експорт товарів та послуг;
- імпорт товарів та послуг;
- чисельність наявного населення;
- чисельність безробітного населення;
- обсяг реалізації промислової продукції;
- обсяг реалізованої продукції (товарів, послуг) великими, середніми та малими підприємствами;
- загальна кількість підприємств;
- оборот роздрібною торгівлі.

2.2.2 Математичний опис взаємозв'язку основних параметрів об'єкта дослідження.

Наступним кроком є формування гіпотези, на основі аналізу даних, про наявність причинно наслідкових зв'язків та їх структури для подальшого формування списку параметрів [21]. Їх взаємодія буде досліджена за допомогою обчислення коефіцієнтів інформативності.

Коефіцієнт інформативності – це коефіцієнт кореляції між результатом впливу показників і результатом вимірювання критерію інформативності. Даний критерій використовується в побудові дерева рішень.

Після даних обчислень відбудеться процедура зменшення отриманого списку до варіанту списку. На основі кінцевого списку параметрів ми можемо сформулювати загальні критерії на які впливають параметри, а дані критерії в свою чергу будуть впливати на нестабільність фінансово-економічного стану міста. Дані параметри повинні забезпечити прийнятну точність рішення задачі.

Отже, як результат будуть визначені такі критерії :

- рівень доходів населення;
- рівень зовнішньоекономічної діяльності;
- рівень розвитку підприємства;
- рівень діяльності промислового підприємства;
- рівень безробіття.

2.3. Розробка методики проектувальних розрахунків та обґрунтування вибору середовища дослідження і проведення розрахунків

При роботі з нечіткою логікою, як було зазначено, використовується не тільки кількісні значення показників, а і їх лінгвістична оцінка: «низький», «середній» та «високий» рівень [18]. Даний етап переходу від кількісної змінної до лінгвістичної називається математичною формалізацією.

Першим етапом математичної формалізації є визначення нечітких інтервалів для показників, які будуть описані в числовими значеннями. Після цього будуть сформовані функціональні належності для отримання нечіткої величини, яка описана лінгвістичною змінною. Тобто результатом даного етапу є табл. 2.3.1.

Таблиця 2.3.1– Приклад оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації

Критерії	Показники	Межі		Суми	Лінгвістична змінна
		min	max		
Y1	x1	8,9000	15,400	9,50	Низький
	x2	0,0400	1,090	1,09	Високий
Y2	x3	0,0087	1,143	0,04	Низький
	x4	0,0110	2,329	0,03	Середній
Y3	x5	0,0045	10,186	0,3380	Низький
	x6	0,0012	0,250	0,0049	Середній
Y4	x7	0,0011	0,021	0,0022	Низький
	x1	8,9000	15,400	9,50	Низький
Y5	x8	0,0030	0,017	0,0081	Середній

Наступним кроком є визначення оцінки запропонованих критеріїв. Дана оцінка може бути отримана в результаті використання системи FIS (Fuzzy Inference System, система нечіткого виведення) [19], тому що як результат буде отримано чіткий вектор оцінки для критерія (Y_j).

При роботі з Fuzzy Inference System передбачаються такі кроки:

- задання вхідних та вихідних змінних;
- вибір типу системи – Mamdani або Sugeno;
- вибір типу функції приналежності для вхідних та вихідних змінних;
- редагування бази знань;
- візуалізація нечіткого логічного виведення.

Задання вхідних і вихідних даних передбачає, що вихідною змінною буде виступати критерій рівня нестабільності фінансово економічного стану міста, а вхідні змінні будуть показниками, які впливають на даний критерій.

Для даного дослідження нами було прийнято рішення обрати систему типу Mamdani, зважаючи на те, що у правилі на виході ми маємо не лінійну залежність, а конкретне значення терму [10].

Також, при дослідженні буде використовуватися трикутна функція приналежності, так як вона є найпростішою та підходить для аналізу набору параметрів, які описують дану нечітку множину.

Під редагуванням бази знань розуміється введення правил. Дані правила будуть отримані в ході проведення аналізу показників декількох міст.

І кінцевим кроком є візуалізація, яка показує результати моделювання, та чітку оцінку критерія.

В дані роботі наступним етапом є визначення значимості кожного критерію та ваги у сумарній оцінці. Для визначення даних значінь ми скористаємося методом порівнянь Сааті.

Даний метод передбачає порівняння альтернатив (критеріїв) між собою. Дані об'єкти порівнюються попарно в залежності від впливу їх на загальну характеристику (фінансово-економічну ситуацію міста).

Отже, ми маємо основні критерії ($Y_1 \dots Y_j$), які впливають на ситуацію. Тоді для визначення структури критеріїв, що мають вплив, будується матриця парних порівнянь. В побудованій матриці, якщо позначити долю фактору Y_j

через w_j , то елемент матриці буде мати таке відношення $y_{jk} = \frac{w_j}{w_k}$. Тобто при

даному методі визначається відношення одного фактору до іншого, при чому

$y_{jk} = \frac{1}{y_{kj}}$ [24]. Отже, матриця матиме наступний вигляд (табл. 2.3.2):

Таблиця 2.3.2 – Матриця парних порівнянь Сааті

	Y_1	Y_2	...	Y_j
Y_1	1	y_{12}		y_{1k}
Y_2	y_{21}	1		y_{2k}
...			...	
Y_j	y_{j1}	y_{j2}		1

Дана матриця парних порівнянь є додатно-визначеною, зворотно-симетричною матрицею, яка має ранг рівний 1. Особливостями даної матриці є те, що елементи на головній діагоналі завжди дорівнюють 1, а також завжди має виконуватися співвідношення, що відповідає умові: якщо при порівнянні j -го об'єкта з k -м об'єктом ставиться оцінка y_{jk} , то при порівнянні k -го об'єкта з j -м оцінка має бути зворотною y_{jk} , тобто $y_{kj} = \frac{1}{y_{jk}}$ [24].

В результаті побудування матриці ми маємо можливість визначити вагові коефіцієнти. Для цього скористаємося методом середнього геометричного виміру відстаней між об'єктами, що оцінюються

$$\hat{k}_{geom} = \sqrt[n]{k_1 \cdot \dots \cdot k_n}, \quad (1.1)$$

де n – кількість об'єктів, що оцінюються

k_n – оцінка, що міститься у матриці парних порівнянь.

Розглянемо алгоритм розрахунку даного коефіцієнта:

1) розрахувати середнє геометричне за строками матриці парних порівнянь;

2) знайти суму отриманих середніх значінь ($K = \sum_{j=1}^n k_j$);

3) поділити кожне середнє значення та отриману суму ($\tilde{k}_j = \frac{k_j}{K}$)

[24].

Для отримання загальної оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації доцільно скористатися лінійним способом врахування пріоритету:

$$Q = \sum_{j=1}^n Y_j \cdot \tilde{k}_j \quad (1.2)$$

де Y_j – знайдена кількісна оцінка критерія;

\tilde{k}_j – отримані вагові коефіцієнти;

n – кількість критеріїв.

Таким чином, ми маємо сформовану концептуальну модель рівня фінансово-економічної ситуації у вигляді схеми (рис 2.3.1).

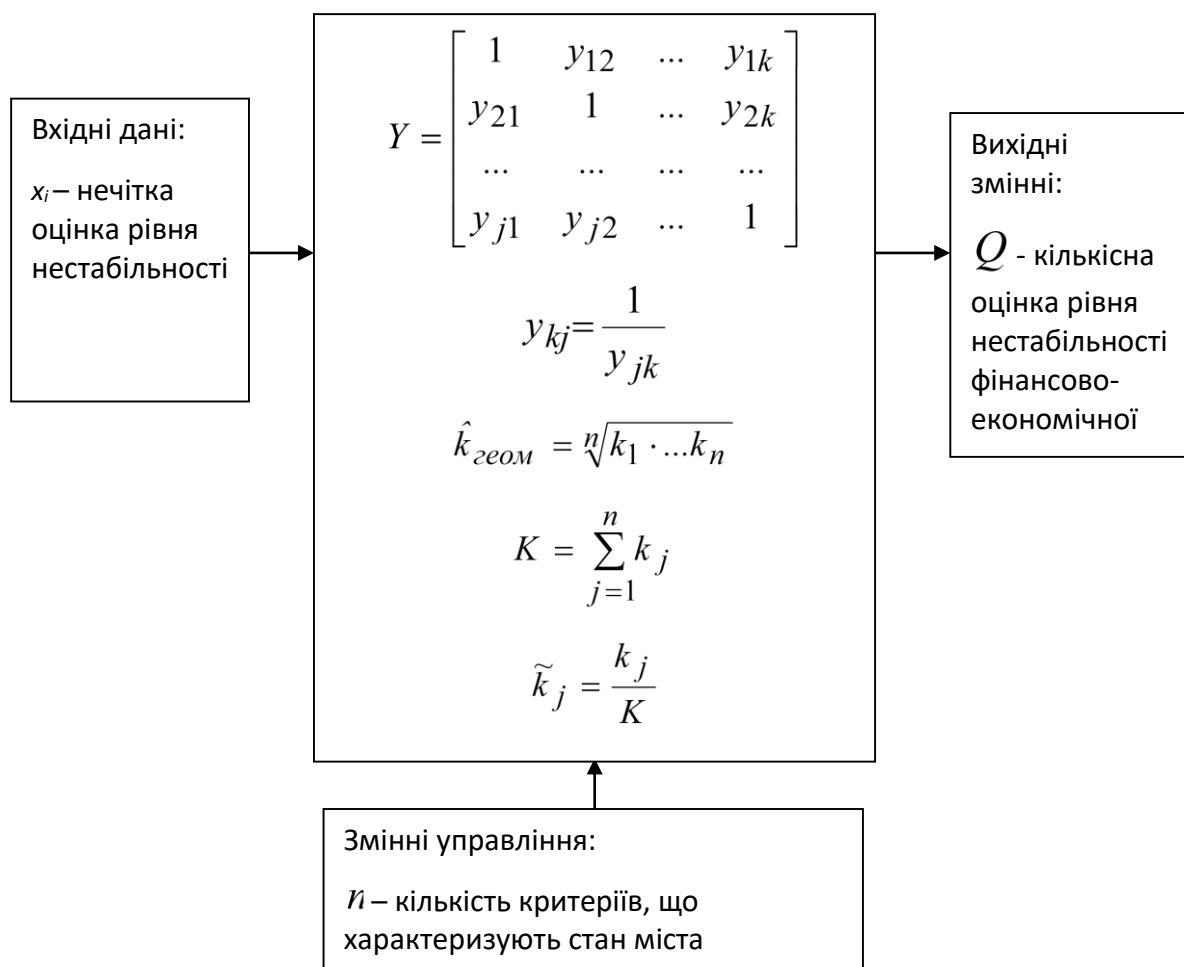


Рисунок 2.3.1 – Концептуальна модель нечіткої оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації.

Дану модель можливо описати із застосуванням IDEF0. Контекстна діаграма процесу представлена на рисунку 2.3.2. Вона виконана за допомогою програмного забезпечення AllFusion Process Modeler r7.

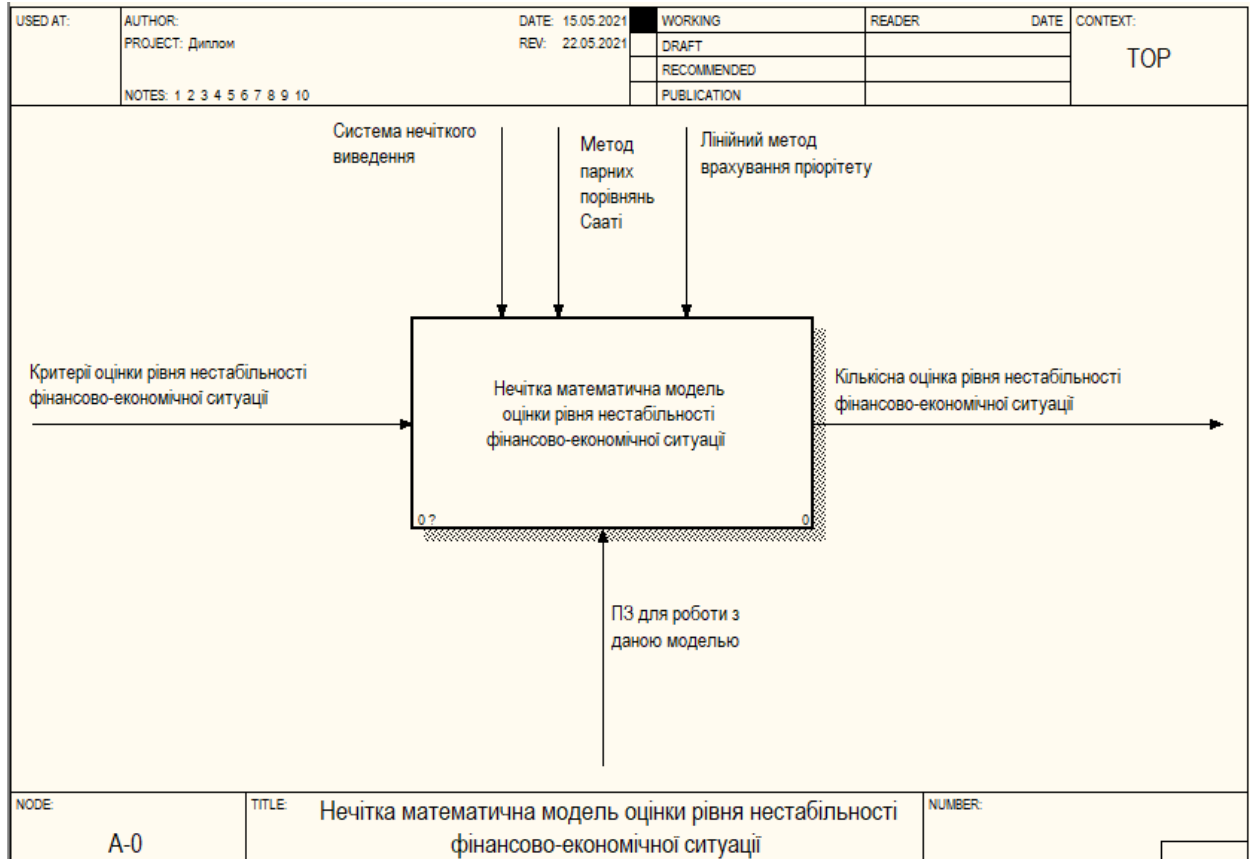


Рисунок 2.3.2– Контекстна діаграма побудованої моделі

Як ми бачимо з рис. 2.3.2, процес має 1 вхід – критерії оцінки рівня нестабільності ситуації. Результатом роботи з моделлю є отримання кількісної оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації. В ролі механізму виступає програмне забезпечення, що буде використовуватися для роботи з моделлю. Управління у моделі виступає система нечіткого виведення, метод парних порівнянь Сааті та лінійний метод врахування пріоритету.

Далі наведений рис. 2.3.3, що показує діаграму декомпозиції першого рівня.

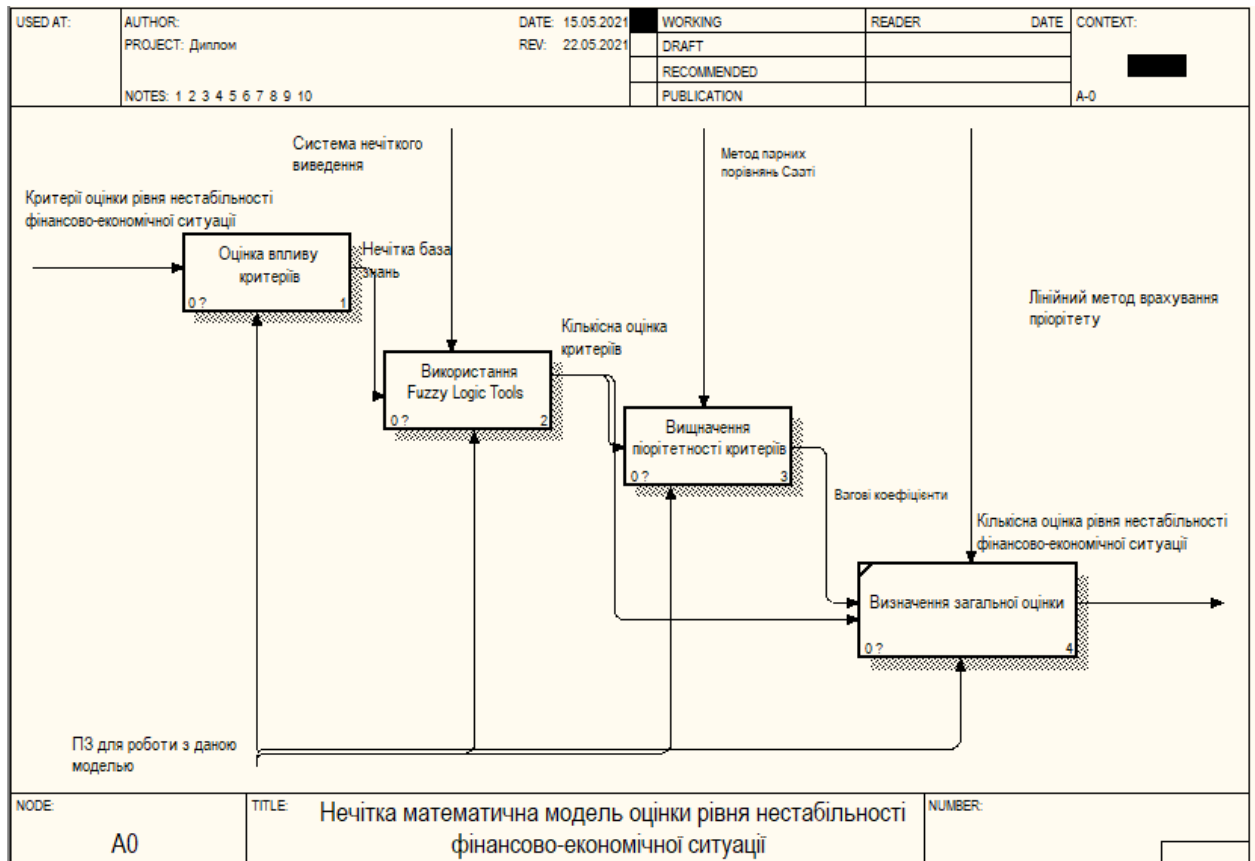


Рисунок 2.3.3 – Діаграма декомпозиції першого рівня

За даною діаграмою видно, що застосування нечіткої математичної логіки розбито на 4 основні етапи: оцінка впливу критеріїв, використання інструментарію нечіткого логічного виведення (Fuzzy Logic Tools), визначення пріоритетності критеріїв та формування загальної оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації. На першому етапі, з результату оцінки впливу критеріїв, формується нечітка база. Далі, використовуючи Fuzzy Logic Tools, формується кількісна оцінка критеріїв, що впливають на нестабільність фінансово-економічної ситуації. Кінцевим етапом є визначення ваги кожного критерію. На їх основі розраховується загальна оцінка.

На наступному рис. 2.3.4. представлено діаграму декомпозиції елемента A1.

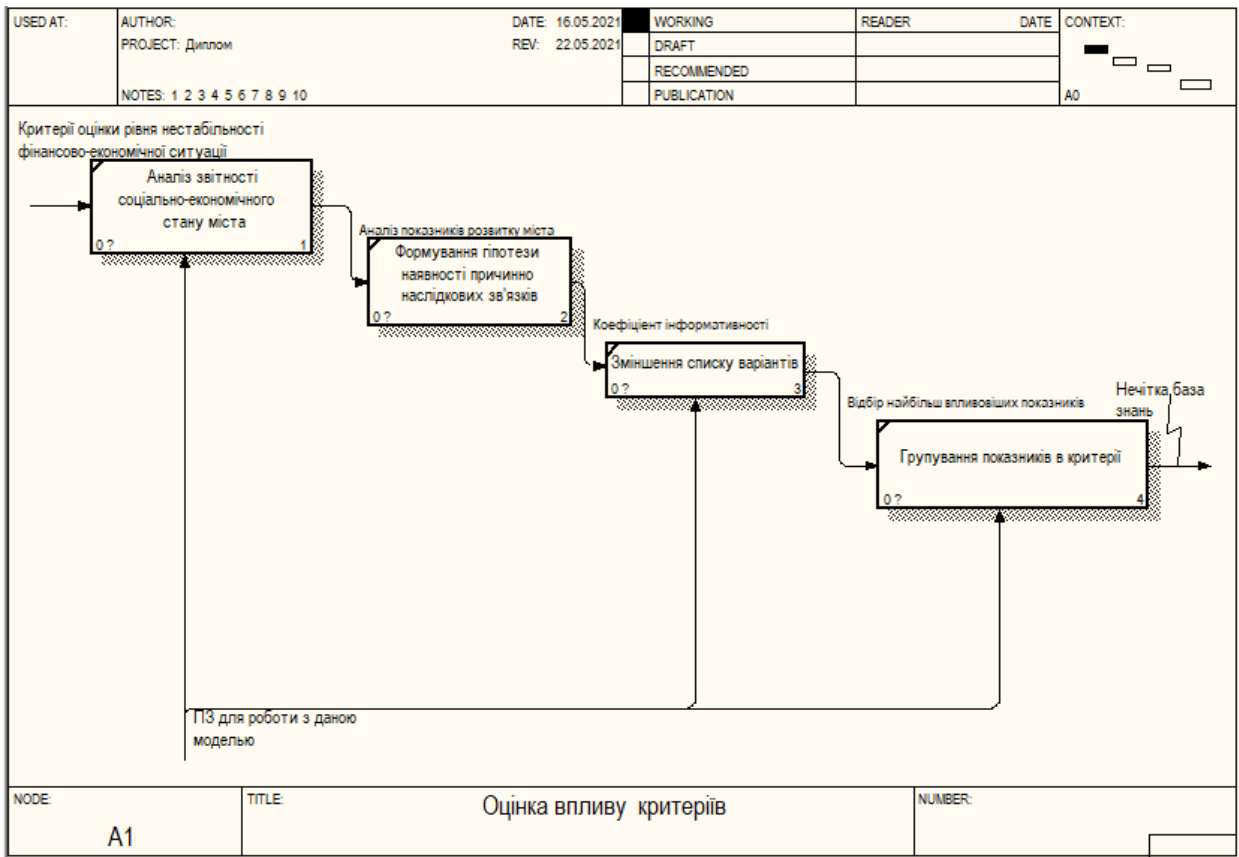


Рисунок 2.3.4– Діаграма декомпозиції елемента А1

На даній діаграмі спостерігається етап оцінки впливу критеріїв. Він передбачає 4 етапи: аналіз звітності соціально-економічного стану міста, формування гіпотези наявності причинно наслідкового зв'язків, зменшення списку варіантів, групування показників в критерії. На виході ми отримуємо нечітку базу знань.

На рис. 2.3.5 представлено діаграму декомпозиції елемента А2.

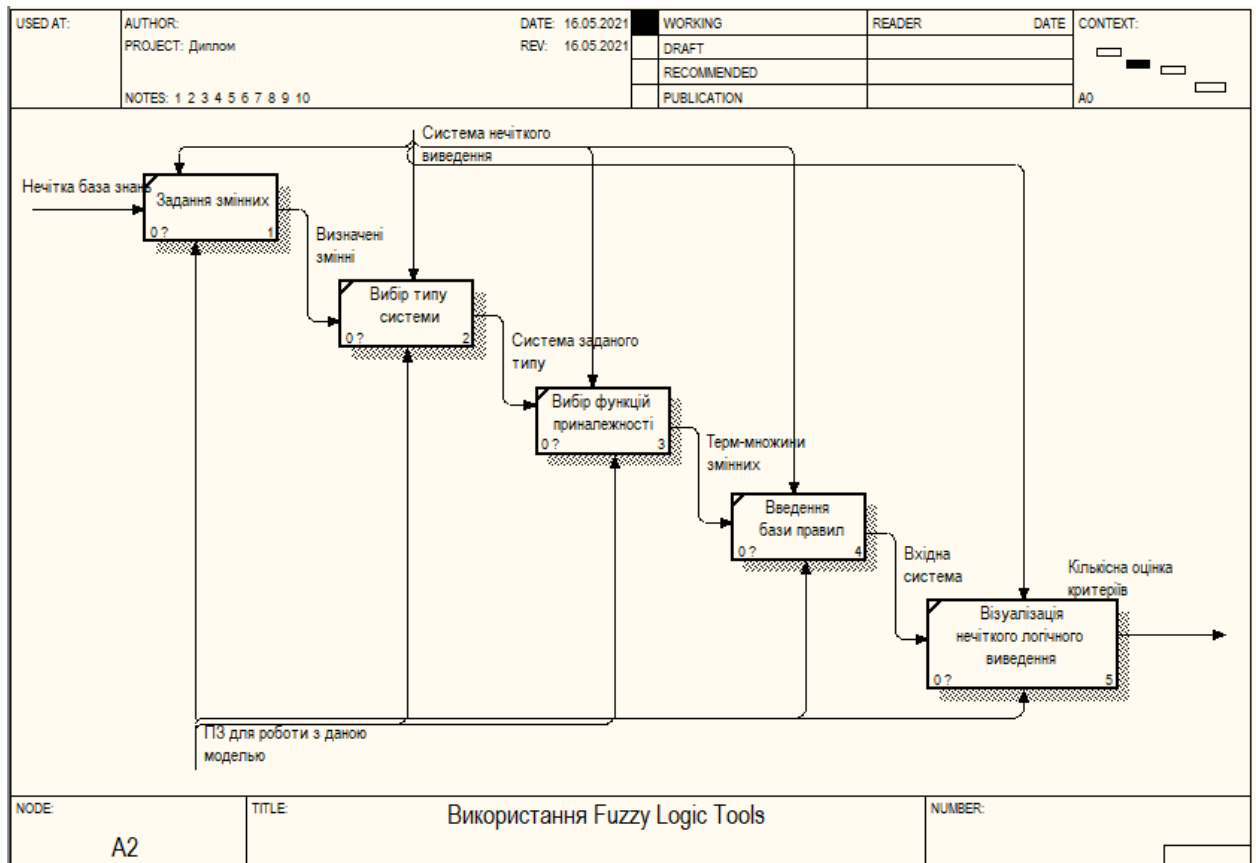


Рисунок 2.3.5 – Діаграма декомпозиції елемента A2

Використання Fuzzy Logic Tools передбачає наступні етапи: задання вхідних та вихідних змінних, вибір типу системи нечіткого виведення, вибір функцій приналежності, введення бази правил та візуалізація нечіткого логічного виведення. Дані етапи дозволяють перетворити нечітку якісну оцінку показників та виражену оцінку визначених критеріїв.

Діаграма декомпозиції процесу «Визначення пріоритетності критеріїв» наведено на рис. 2.3.6.

3. ОЦІНКА РІВНЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ

3.1. Налаштування нечіткої моделі для проведення розрахунків.

Вибір об'єкта дослідження обумовлено обраною базою проходження практики.

Суми – місто обласного значення на північному-сході України, адміністративний центр Сумської міської громади, Сумського району і Сумської області. Засноване в 1655 році.

На 1 січня 2021 року на території міста Суми чисельність наявного населення складає 262,5 тис. осіб.

За результатами звітності Сумської міської ради місто має високий соціально-економічний показник розвитку. За оновленим рейтингом 16.12.2020 інвестиційної привабливості міста Суми на рівні invA- (висока інвестиційна привабливість м. Суми порівняно з іншими суб'єктами рейтингування) та довгостроковий кредитний рейтинг м. Суми за Національною рейтинговою шкалою на рівні uaA- з прогнозом «у розвитку» (висока кредитоспроможність порівняно з іншими українськими позичальниками). У наслідок негативних зовнішніх та внутрішніх факторів (російська збройна агресія, пандемія COVID-19 тощо) Сумська міська рада прогнозує зниження рівня діяльності показників [28].

Перейдемо до виконання оцінки рівня фінансово-економічного стану міста Суми.

Характеристика критеріїв:

– Y_1 – рівень доходів населення. Даний критерій характеризується такими показниками діяльності: середній розмір заробітної плати (x_1); загальна заборгованість із виплати заробітної плати (x_2).

– Y_2 – рівень зовнішньоекономічної діяльності: експорт (x_3), імпорт (x_4);

- Y_3 – рівень розвитку підприємства: загальна кількість підприємств (x5); обсяг реалізованої продукції (x6);
- Y_4 – рівень діяльності промислового підприємства: обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) (x7); середній розмір заробітної плати (x1);
- Y_5 – рівень безробіття розраховується за формулою (x8):

$$P_6 = \frac{Ч_6}{Ч_{e.a}} * 100\% \quad (3.1)$$

де, P_6 – рівень безробіття;

$Ч_6$ – загальна чисельність безробітних осіб;

$Ч_{e.a}$ – чисельність економічно активного населення;

Для першого критерія Y_1 , що характеризується показниками x_1, x_2 , будується база правил. Відповідно, база правил, що встановлює співвідношення між показниками міст та рівнем критерія матиме вигляд наведений в табл. 3.1.1. Правила побудовані на базі показників соціально-економічного стану міста Київ, Дніпро, Рівне та Запоріжжя [26, 13, 14, 20].

Таблиця 3.1.1 – Нечітка база правил

x1	x2	Y1
низький	високий	низький
високий	низький	високий
середній	середній	середній

Далі переходимо до етапу фазифікації. Для виконання даного етапу ми скористаємося FIS-редактором пакету Matlab. Завантаження відповідного редактора можливо за допомогою команди fuzzy, що вводиться до командного вікна програми (рис. 3.1.1).

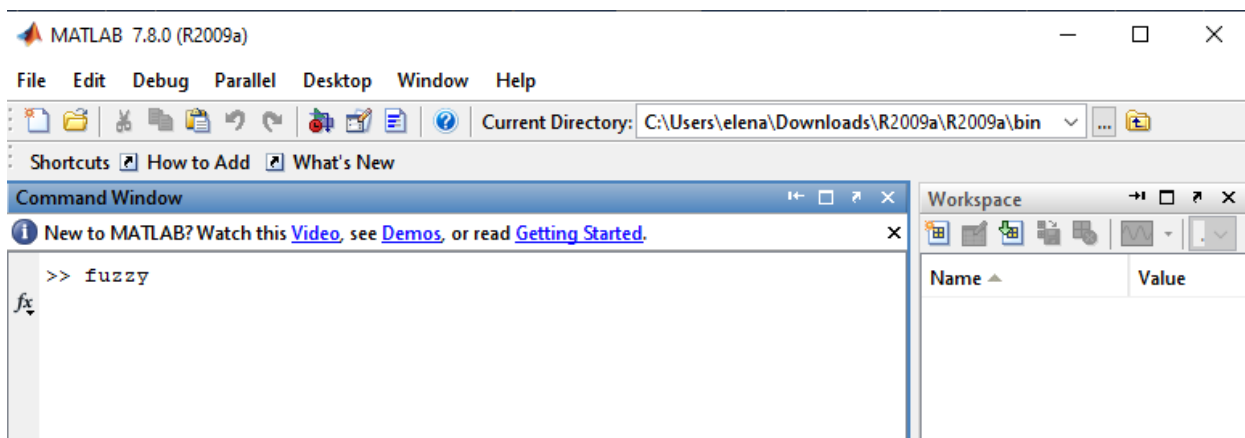


Рисунок 3.1.1– Завантаження FIS-редактора

Після виконання команди на екрані з'явиться інтерактивне графічне вікно (рис. 3.1.2).

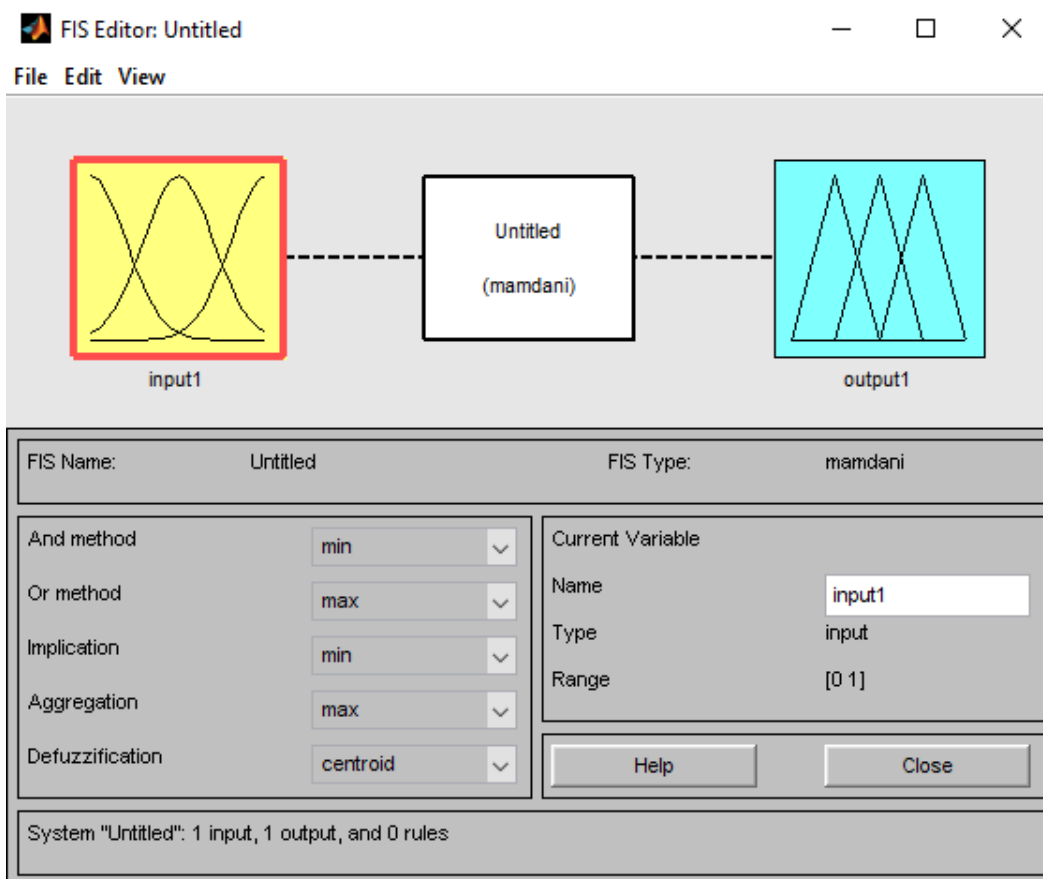


Рисунок 3.1.2– Інтерактивне графічне вікно FIS-редактора

Для виконання моделювання даного критерія береться дві вхідні змінні, додаємо одну додаткову та змінимо ім'я на x_1 , x_2 , а також ім'я вихідної змінної на Y_1 (рис. 3.1.3)

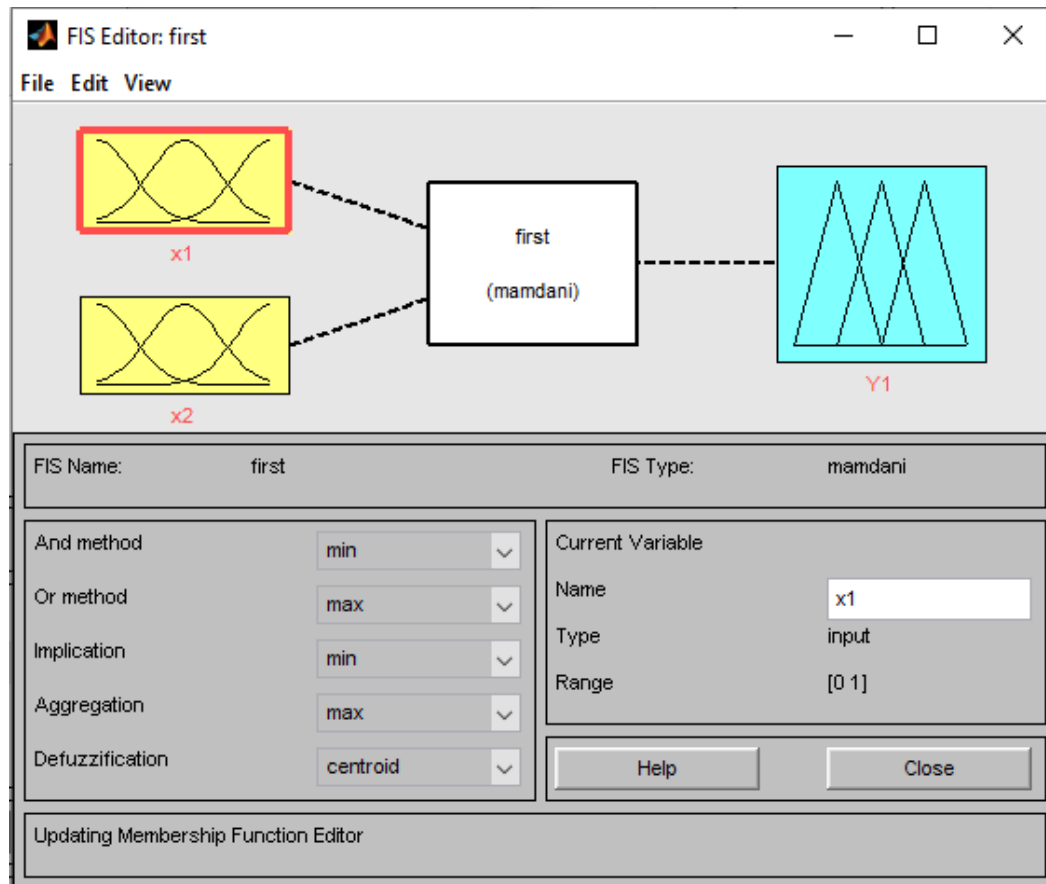


Рисунок 3.1.3– Редагування вхідних та вихідної змінних

Задамо ім'я для всієї системи. Для цього викличемо пункт меню File / Export / To file... та задамо ім'я «first».

Перейдемо до редактору функції приналежності. Для цього будем використовувати редактор функції Membership Function Editor, що призначений для задання термів вхідних та вихідних змінних, найменування терм та їх кількість, а також тип і параметри функції приналежності.

Загальний вид редактора функцій приналежності приведений на рис. 3.1.4.

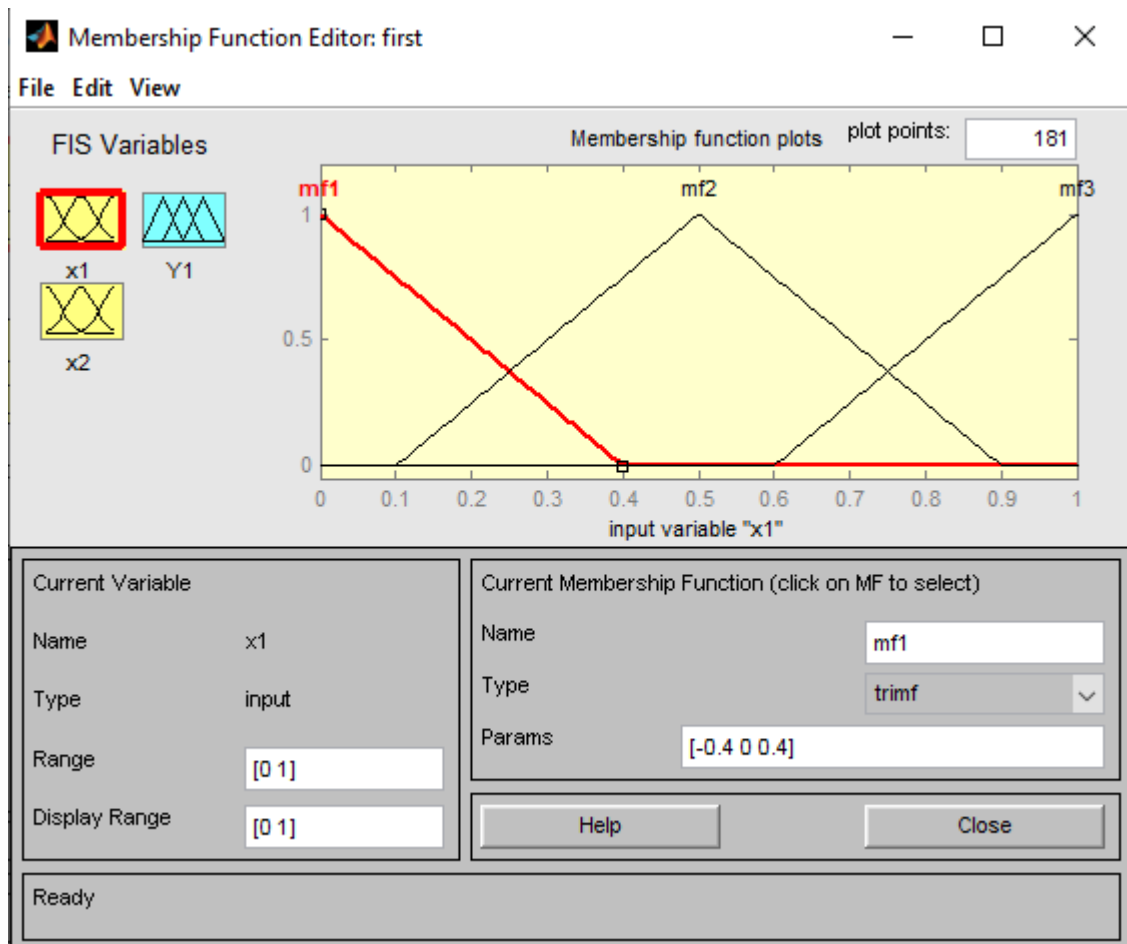
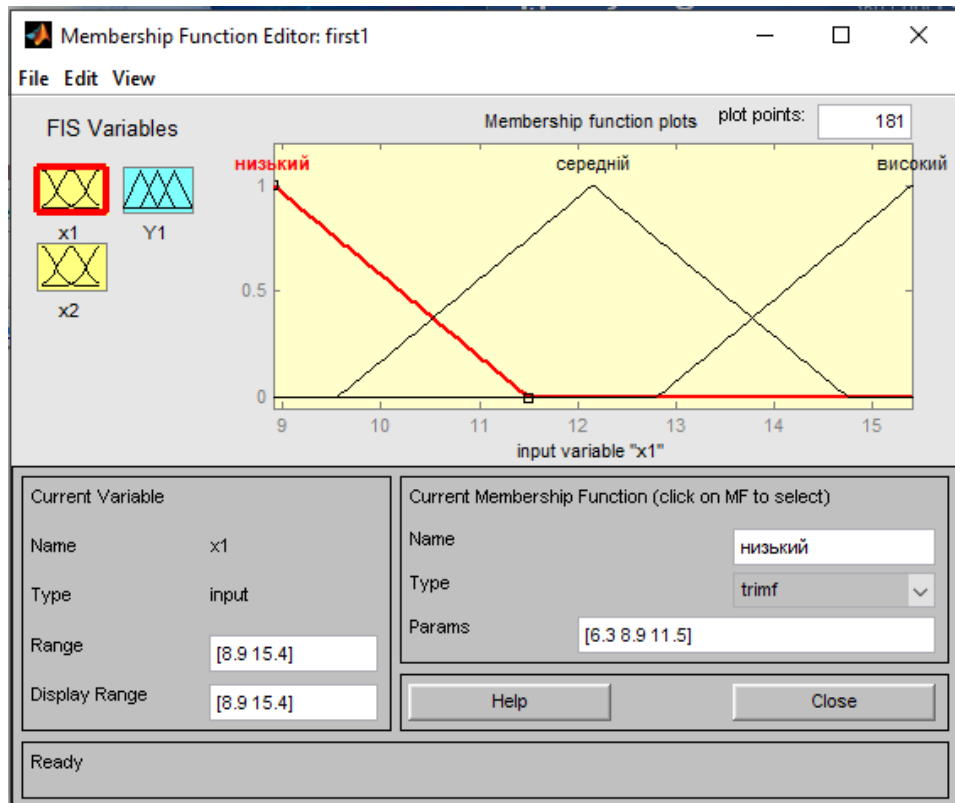


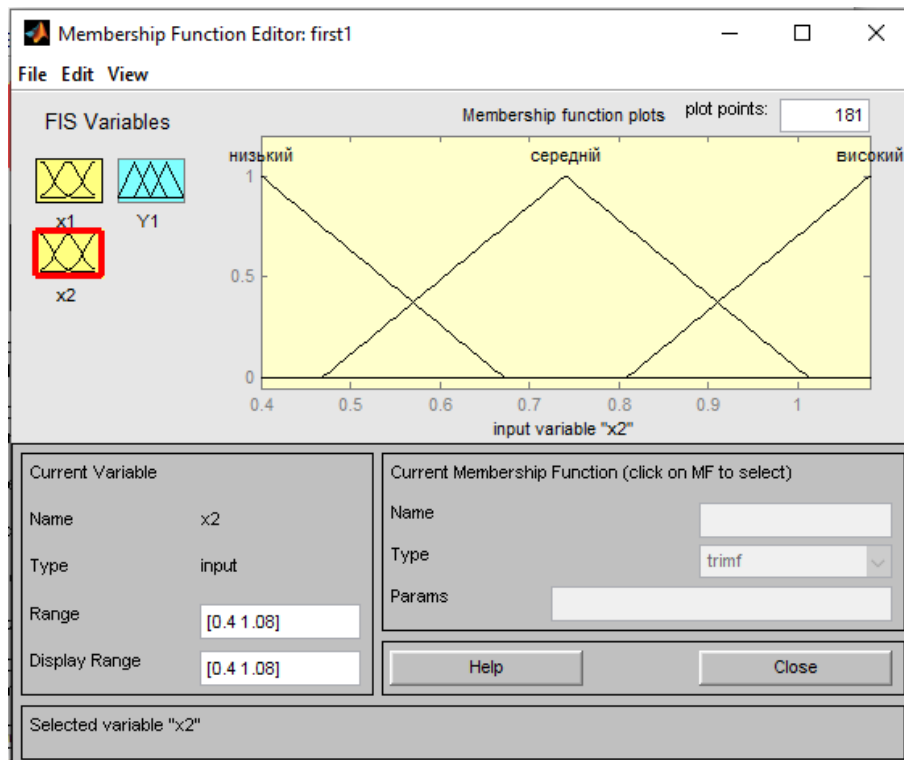
Рисунок 3.1.4– Загальний вид редактора функцій приналежності

Перейдемо до редагування змінних, почнемо зі змінної x_1 .

Задамо загальний діапазон зміни даної змінної $[8,9; 15,4]$, де 8,9 є мінімальним значенням, а 15,4 максимальним. Для лінгвістичної оцінки даної змінної будемо використовувати три терми з трикутними функціями приналежності. Вони встановлені за замовчуванням. Виконаємо перейменування термів відповідно до необхідних, тобто терми «низький», «середній» та «високий» (рис. 3.1.5).

Рисунок 3.1.5 – Редагування вхідної змінної x_1

Аналогічно виконаємо редагування змінної x_2 (рис. 3.1.6).

Рисунок 3.1.6 – Редагування вхідної змінної x_2

Вихідна змінна Y_1 редагується аналогічним чином. Зважаючи на те, що у даному дослідженні необхідно отримати її числове вираження для подальших розрахунків, встановимо діапазон $[0; 1]$, в якому вона може змінюватись (рис. 3.1.7). Це дозволить отримати загальний рівень нестабільності фінансово-економічної ситуації.

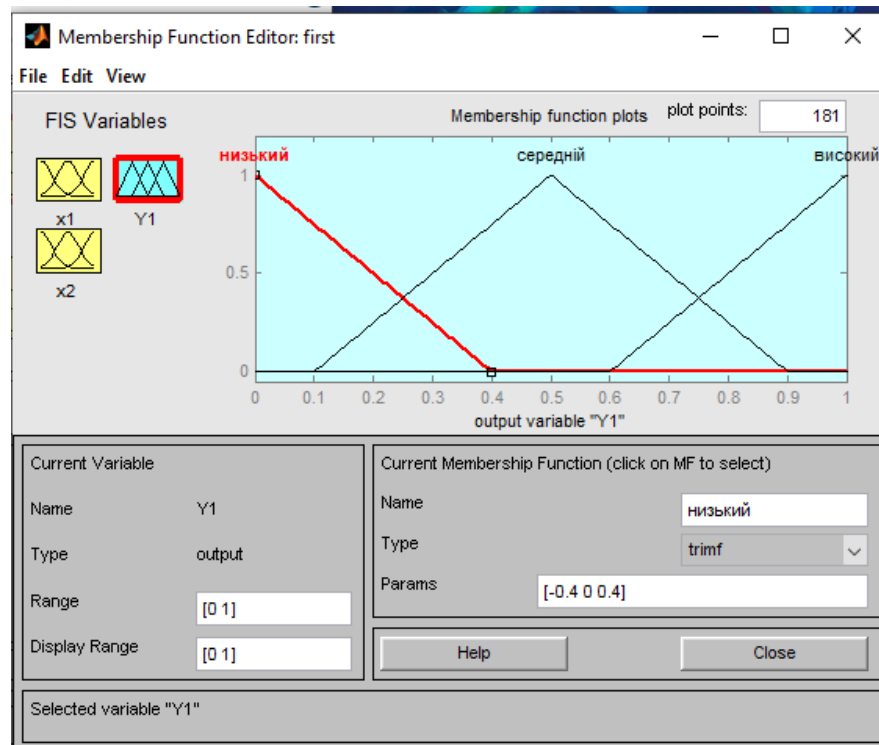


Рисунок 3.1.7 – Редагування вихідної змінної Y_1

Наступним кроком перейдемо до редагування бази знань, у яку занеситимуться сформовані правила. Даний редактор називають Rule Editor, він призначений для формування та модифікації нечітких правил.

Загальний вид редактора бази знань приведений на рис. 3.1.8.

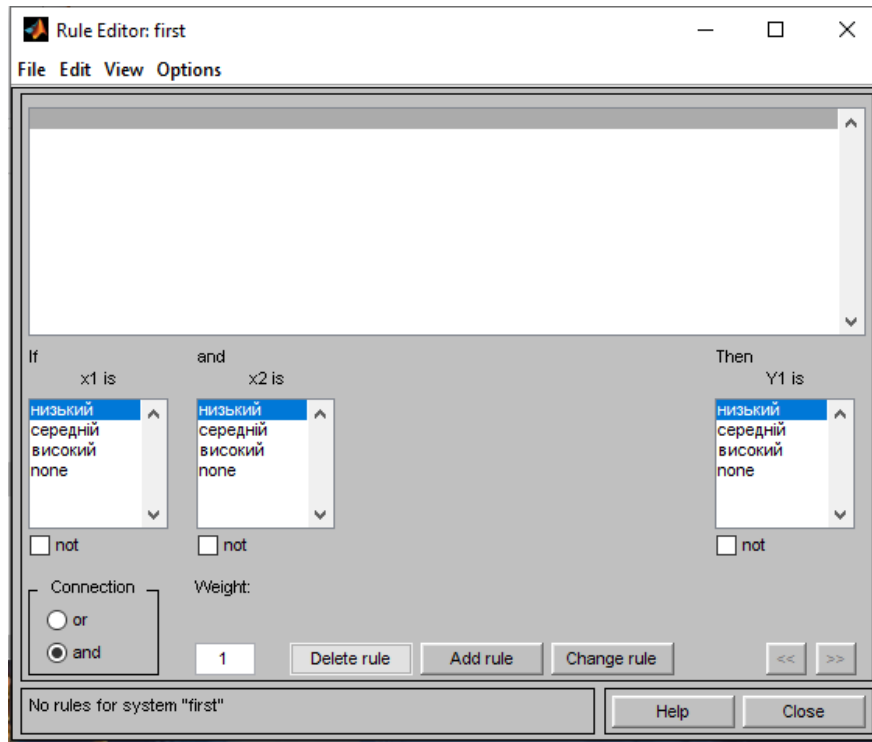


Рисунок 3.1.8 – Редактор бази знань

Отже, виконаємо введення правил, які відповідають дослідженню (рис. 3.1.9).

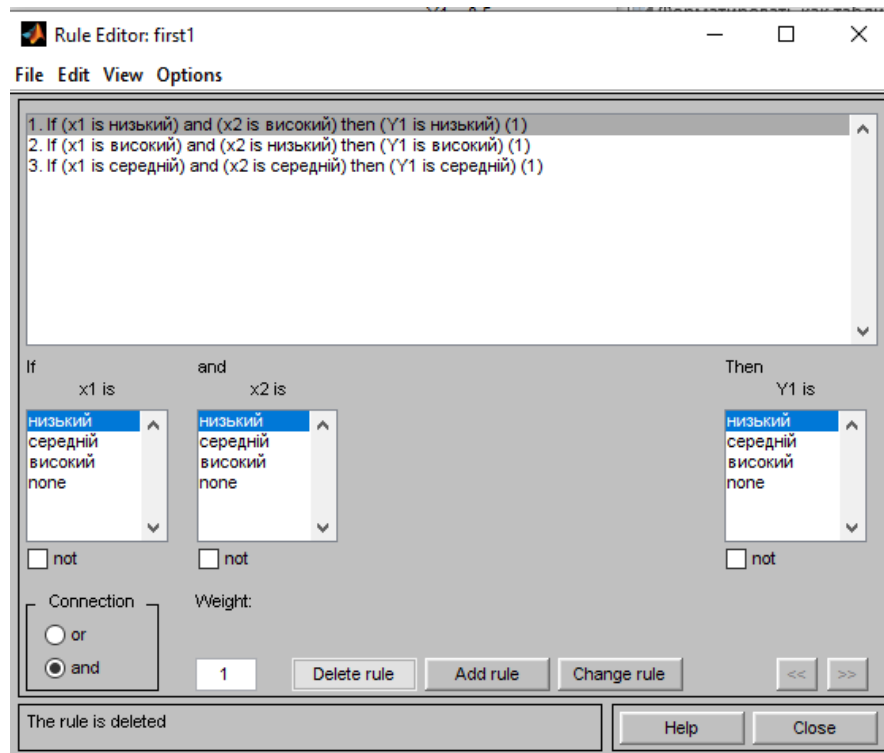


Рисунок 3.1.9 – Редагування бази знань

В кінці кожного правила у дужках показано ваговий коефіцієнт правила. Таким чином, було створено систему нечіткого логічного виведення типу Mamdani.

Візуалізація нечіткого логічного виведення здійснюється за допомогою GUI-модуля Rule Viewer. Цей модуль дозволяє проілюструвати хід логічного виведення за кожним правилом, одержання результуючої нечіткої множини і виконання процедури дефаззифікації.

Вид Rule Viewer для досліджуваної системи логічного виведення приведений на рис. 3.1.10.

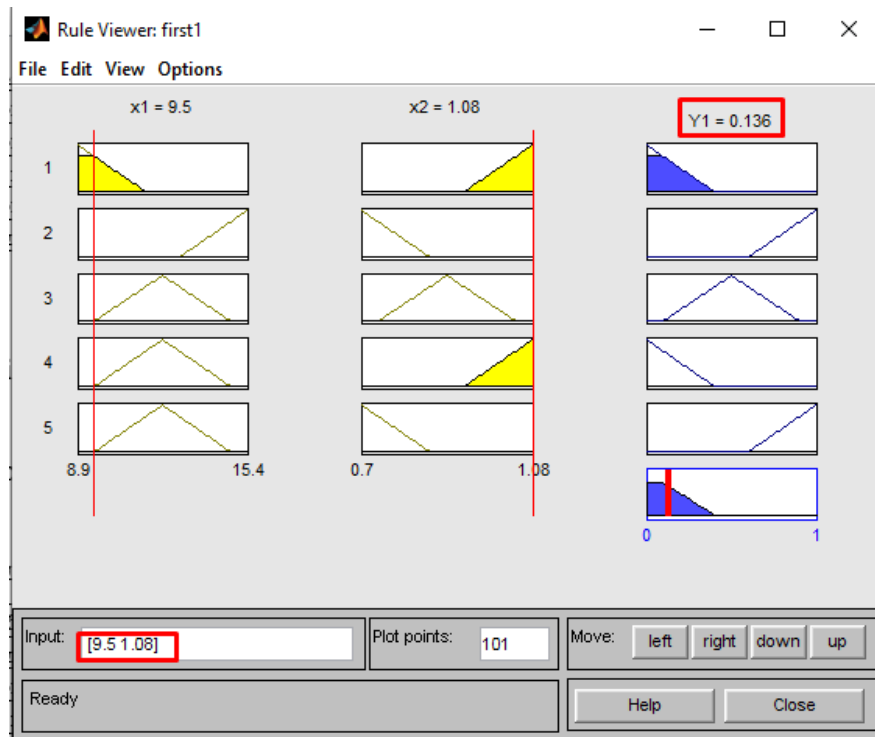


Рисунок 3.1.10 – Візуалізація нечіткого виведення

Таким чином, отримано, що вихідна змінна Y_1 приймає числове значення рівне 0,136.

У редакторі, також, можна переглянути побудовану поверхню «вхід-вихід», що відповідає синтезованій нечіткій системі (рис. 3.1.11).

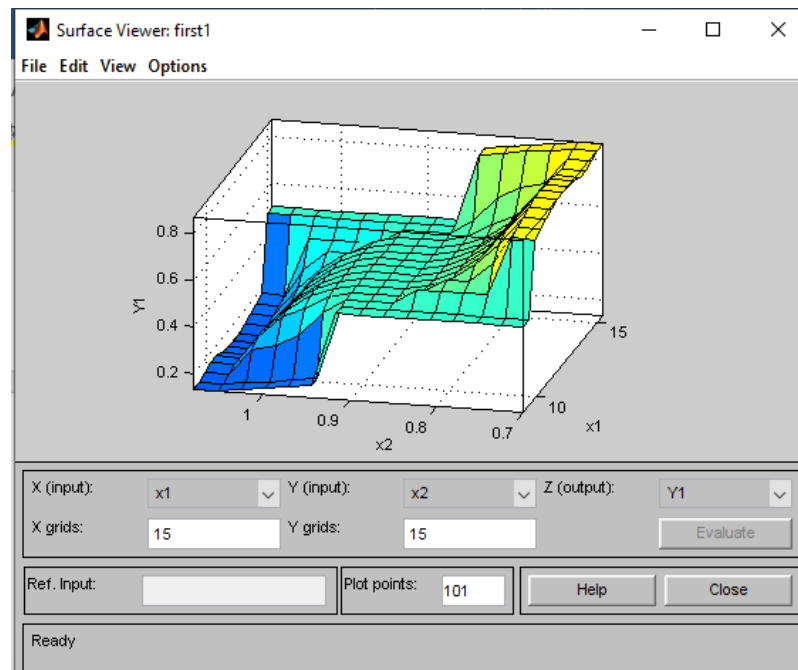


Рисунок 3.1.11 – Поверхня «вхід-вихід»

Моделювання показників Y_2 - Y_4 наведене в додатку Б.

Розглянемо показник Y_5 . Даний показник розраховується за формулою і результат визначається в межах від 0 до 1. Чим ближче показник до 1, тим більший рівень безробіття в місті, а якщо показник рухається до 0, відповідно, нижчий.

Після проведення розрахунку показника рівня безробіття для міста Суми, показник дорівнює 0,0081.

Отже, ми можемо сказати, що місто Суми має низький рівень безробіття.

Результат моделювання показників нестабільності фінансово-економічної ситуації:

Таблиця 2.1.2 – Значення критеріїв нестабільності

Критерій	Значення
Y_1	0,136
Y_2	0,5
Y_3	0,13
Y_4	0,5
Y_5	0,0081

3.2. Проведення розрахунків, інтерпретація результатів та перевірка адекватності побудованої математичної моделі.

У попередньому пункті дослідження з нечітких баз знань, які характеризують критерії рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації міста, були отримані вихідні чіткі вектори, які є числовою характеристикою кожного з досліджуваних критеріїв. В результаті було отримано оцінку за кожний критерій для міста Суми. Оцінка кожного критерію від 0 до 1 наведена у таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 – Оцінки для досліджуваних критеріїв

Критерій	Оцінка
Y1	0,136
Y2	0,5
Y3	0,13
Y4	0,5
Y5	0,0081

Далі перейдемо до формування загальної оцінки для міста. Для цього визначимо вагові коефіцієнти критеріїв, побудувавши матрицю парних порівнянь за методом Сааті.

Перш за все, визначимо пріоритетність обраних критеріїв, для цього скористаємося шкалою відносної важливості пріоритетів (табл. 3.2.2).

Таблиця 3.2.2 – Шкала відносної важливості пріоритетів

Значення	Якісна характеристика
1	Рівнозначні елементи
2	Несуттєвий пріоритет
3	Слабкий пріоритет
4	Помірний пріоритет
5	Значний пріоритет
6	Суттєвий пріоритет
7	Сильний пріоритет
8	Дуже сильний пріоритет
9	Безумовний пріоритет

Так як, наразі немає чітко сформованої шкали пріоритетності показників, що впливають на нестабільність фінансово-економічної ситуації в місті, тому ми визначили пріоритетність критеріїв з економічної точки зору. Після чого, як результат, маємо сформовану матрицю порівнянь та на її основі розрахуємо вагові коефіцієнти за методом Сааті (табл. 3.2.3).

Таблиця 3.2.3 – Розрахунок вагових коефіцієнтів критеріїв

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	k _j	\tilde{k}_j
Y ₁	1,00	3,00	5,00	4,00	4,00	2,99	0,47
Y ₂	0,33	1,00	4,00	3,00	0,50	1,15	0,18
Y ₃	0,20	0,25	1,00	4,00	0,50	0,63	0,10
Y ₄	0,25	0,33	0,25	1,00	0,50	0,40	0,06
Y ₅	0,25	2,00	2,00	2,00	1,00	1,15	0,18
Сума:						6,32	1

Таким чином, було знайдено вагові коефіцієнти \tilde{k}_j для визначених критеріїв. Відповідно, на основі отриманих числових характеристик, можна розрахувати загальну оцінку якості досліджуваних банківських послуг.

Для міста Суми рівень фінансово-економічної ситуації (Q) складає:

$$Q = 2,99 \cdot 0,136 + 1,15 \cdot 0,5 + 0,63 \cdot 0,13 + 0,4 \cdot 0,5 + 1,15 \cdot 0,0081 = 0,2 \quad (3.2)$$

Отже, було отримано рівень фінансово-економічної ситуації в місті Суми в інтервалі від 0 до 1, де значення 1 є високий рівень в місті. Місто Суми має рівень фінансово-економічної ситуації Q=0,2, що означає низький рівень. Тому, відповідно, якщо рівень фінансово-економічної ситуації в місті Суми низький то рівень нестабільності високий, відповідно уряду Сумської міської ради потрібно вжити заходів до зниження показника нестабільності (1-0,2=0,8) для покращення фінансово-економічної ситуації в місті.

Адекватність побудованої нечіткої моделі оцінки рівень нестабільності фінансово-економічної ситуації міста Суми підтверджується проведенням аналізу критеріїв, що використовуються в роботі, для міста Київ (табл. 3.2.4).

Таблиця 3.2.4 – Оцінки для досліджуваних критеріїв для міста Київ в порівнянні з м. Суми

Критерії	Суми	Київ
Y1	0,136	0,87
Y2	0,5	0,72
Y3	0,13	0,87
Y4	0,5	0,868
Y5	0,0081	0,003

За даними критеріями для міста Київ ми можемо розрахувати Q:

$$Q = 2,99 \cdot 0,87 + 1,15 \cdot 0,72 + 0,63 \cdot 0,87 + 0,4 \cdot 0,868 + 1,15 \cdot 0,003 = 0,58 \quad (3.3)$$

Отже, оцінка рівень фінансово-економічної ситуації дорівнює 0,58, тобто стан міста середній відповідно і рівень нестабільності середній.

З даних розрахунків видно, що при збільшенні рівня критеріїв збільшується і показник рівня фінансово-економічної та відповідно зменшується показник нестабільності. Тобто дана модель є адекватною.

ВИСНОВКИ

Отже, результатом даної випускної роботи є створення моделі нечіткої логіки, що дає можливість оцінити рівень нестабільності фінансово-економічної ситуації (на прикладі міста Суми).

В роботі сформовані вимоги до моделі та визначені основні критерії, що мають вплив на оцінку рівня нестабільної ситуації.

Також, розроблена методика проектування розрахунків. За даною методикою, для знаходження загальної оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації, використовується Fuzzy Inference System, що дає кількісну оцінку критеріїв.

При визначенні пріоритету та вагових коефіцієнтів в роботі використовується метод парних порівнянь Сааті.

Як результат, формується матриця парних порівнянь, а на її основі можна визначити ваговий коефіцієнт методом середнього геометричного виміру відстаней між об'єктами.

Для того, щоб отримати сумарну оцінку рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації міста Суми, було використано лінійний спосіб врахування пріоритету.

На основі даних показників та вхідних даних була сформована концептуальна модель, описана дана модель зі застосуванням нотації IDEF0. Для побудови нотації було використане програмне забезпечення AllFusion Process Modeler r7.

Наступним кроком було налаштування моделі для проведення розрахунків, та проведення самих розрахунків.

Отже, за даними розрахунками місто Суми має низький рівень нестабільності (0,2), що говорить про те, що місто знаходиться в нормальному фінансовому стані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Automation of Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry Using Fuzzy Logic Feedback Control. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ac961189t>.
2. Boolean Logic Tree of Graphene-Based Chemical System for Molecular Computation and Intelligent Molecular Search Query. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ac5004008>.
3. Design and Implementation of Optimized Fuzzy Logic Controller for a Nonlinear Dynamic Industrial Plant Using Hysys and Matlab Simulation Packages. URL: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.iecr.5b02076>.
4. Fuzzy Logic in Chemistry .Edited by Dennis H. Rouvray. Academic Press: New York. 1997. 356 pp. \$80.00. ISBN: 0-12-598910-5. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ci970390h>.
5. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications. By George J. Klir and Bo Yuan. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, 1995. 574 pp. \$60.00. ISBN 0-13-101171-5. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ci950144a>.
6. Minsky H. The Financial Instability Hypothesis: An Interpretation of Keynes and An Alternative to "Standard" Theory / H. Minsky // Nebraska Journal of Economics and Business. — 1977. — Vol. 16. — N 1. — P. 5—16.
7. Parasuraman A. SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality / A. Parasuraman, V. Zeithaml, L. Berry // Journal of Retailing. – 1988. – №1 (64). – P. 12-40.
8. Presenting of failure probability assessment pattern by FTA in Fuzzy Logic (case study: Distillation tower unit of oil refinery process). URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1016/j.jchas.2014.06.003>.
9. Sustainability Assessment of Industrial Systems under Uncertainty: A Fuzzy Logic Based Approach to Short-Term to Midterm Predictions URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ie100164r>.

10. Алгоритм Мамдани в системах нечеткого вывода. URL: <https://habr.com/ru/post/113020/>.
11. Арженовский, С. В. Эконометрика: навч. посібник / С. В. Арженовский, О. Н. Федосова. – Ростов-на-Дону: РГЭУ «РИНХ», 2002.–102 с.
12. Борисов А. Н. Принятие решений на основе нечетких моделей / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров. – Рига : Зинатне, 1990. – 184 с.
13. ЗВІТ ПРО ВИКОНАННЯ ПРОГРАМИ ЕКОНОМІЧНОГО І СОЦІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ МІСТА ЗА 2019 РІК. URL: <https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/37252/zvit-pro-vikonannya-programi-ekonomichnogo-i-socialnogo-rozvitku-mista-za-2019-rik..>
14. Звіт про хід виконання Програми соціально-економічного розвитку м. Рівного на 2015-2019 роки (зі змінами та доповненнями) за 2019 рік. URL: <https://economy.rv.ua/pser-zvit/>.
15. Інформація про основні показники економічного і соціального розвитку Сумської міської територіальної громади за підсумками 2020 року. URL: <https://smr.gov.ua/uk/dokumenti/ekonomichnij-i-sotsialnij-stand-mista/20780-informatsiyu-pro-osnovni-pokazniki-ekonomichnogo-i-sotsialnogo-rozvitku-sumskoj-miskoji-teritorialnoji-gromadi-za-pidsumkami-2020-roku.html>.
16. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов. – М. : Физматлит, 2001. – 221 с.
17. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ Петербург, 2005. – 736 с.
18. Лінгвістичні змінні. URL: <https://sites.google.com/site/ne4itkalogika/necitka-logika/lingvisticni-zminni>.
19. Начало работы с Fuzzy Logic Toolbox. URL: <https://docs.exponenta.ru/fuzzy/getting-started-with-fuzzy-logic-toolbox.html>.
20. Основні показники соціально-економічного розвитку Запоріжжя за 2019 рік. URL: <https://zp.gov.ua/uk/page/socialno-ekonomichnij-rozvitok-mista>.
21. Передача информации в ГАП / [авт. тексту М. В. Назаров]. – К. : Вища школа, 1991. – 216 с.

22. Присенко, Г. В. Прогнозування соціально-економічних процесів / Присенко Г. В. , Равікович Є. І. — К.: КНЕУ, 2005. — 378 с.
23. Розмаинский И. Вклад Х.Ф. Мински в экономическую теорию и основные причины кризисов в позднеиндустриальной денежной экономике / И. Розмаинский // TERRA ECONOMICUS. — 2009. — Т. 7. — № 1. — С. 31—42.
24. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М. : Радио и связь, 1993. — 278 с.
25. Сергиенко М. А. Методы проектирования нечеткой базы знаний / М. А. Сергиенко // Вестник ВГУ. — 2008. — № 2. — С. 67-71.
26. Соціально-економічне становище м.Києва у 2019 році. URL: <http://kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=242&lang=1>.
27. Столбов М. Гипотеза финансовой неустойчивости Хаймана Мински и экономический кризис в России / М. Столбов // Мировая экономика и международные отношения. — 2010. — № 3. — С. 56—64.
28. Сумы. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BC%D1%8B>.
29. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЯК МЕТОД ЛОГІКИ. URL: <http://philosophy.univ.kiev.ua/uploads/editor/Files/LIBRARY/KONVERSKII/3.pdf>.
30. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. — М. : Горячая линия – Телеком, 2007. — 288 с.
31. Ярушкіна Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: Учеб.пособие / Н. Г. Ярушкіна — М. : Финансы и статистика, 2004. — 320 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

SUMMARY

Hryhorenko O. V. Application of fuzzy logic methods to assess the level of instability of the financial and economic situation (on the example of the city of Sumy): scientific paper aimed to Bachelor Degree obtaining: specialty 051 – Economics (Economic Cybernetics) / academic supervisor S. M. Bratushka. Sumy: Sumy State University, 2021. 48 p.

The main aim of the study is to build a fuzzy mathematical model in order to evaluate the level of financial and economic instability by means of fuzzy logic, precisely with the help of Fuzzy Inference System. It results into quantitative evaluation of the instability index in Sumy.

Key words: financial and economic instability, fuzzy logic, fuzzification, logical inferences, de-fuzzifying, database, linguistic variable, term set, FIS.

АНОТАЦІЯ

Григоренко О. В. Застосування методів нечіткої логіки з метою оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації (на прикладі міста Суми): робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 051 – економіка (економічна кібернетика) / наук. кер. С. М. Братушка. Суми: Сумський державний університет, 2021. 49 с.

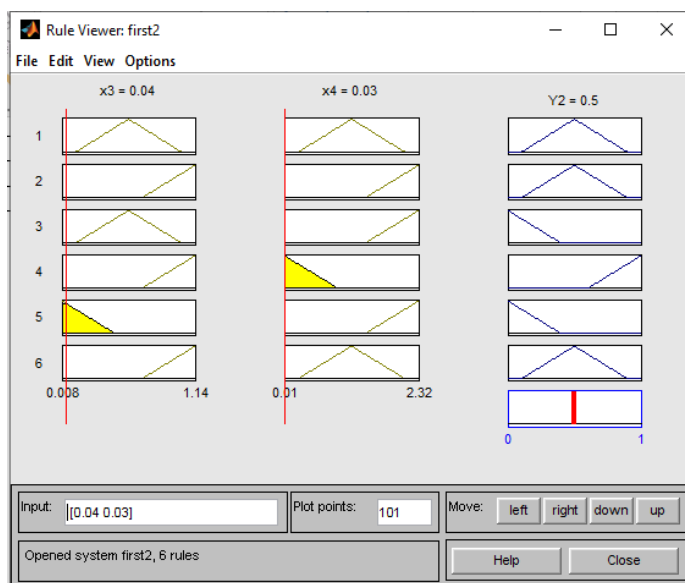
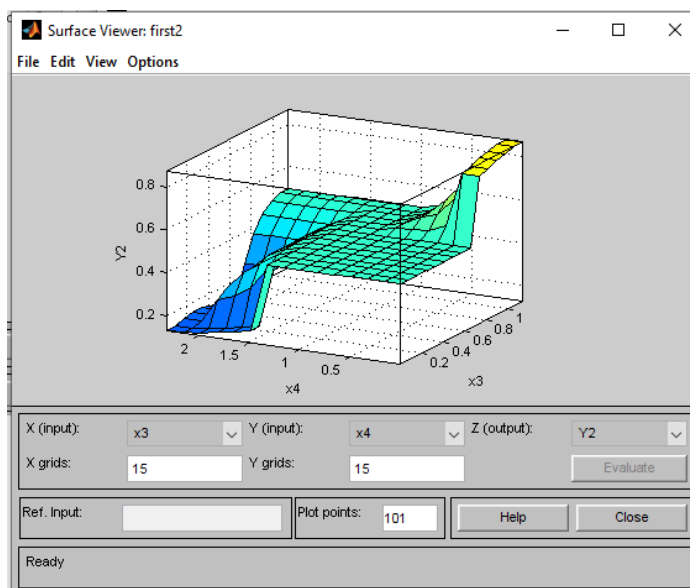
Основною метою дослідження є формування нечіткої математичної моделі для оцінки рівня нестабільності фінансово-економічної ситуації (на прикладі міста Суми). У роботі досліджується рівень нестабільності фінансово-економічної ситуації за допомогою нечіткої логіки, а саме з використанням системи нечіткого виведення (Fuzzy Inference System). Як результат отримується кількісна оцінка показника нестабільності для міста Суми.

Ключові слова: нестабільність фінансово-економічної ситуації, нечітка логіка, фазифікація, логічні виведення, дефазифікація, база правил, лінгвістична змінна, терм-множина, FIS.

ДОДАТОК Б

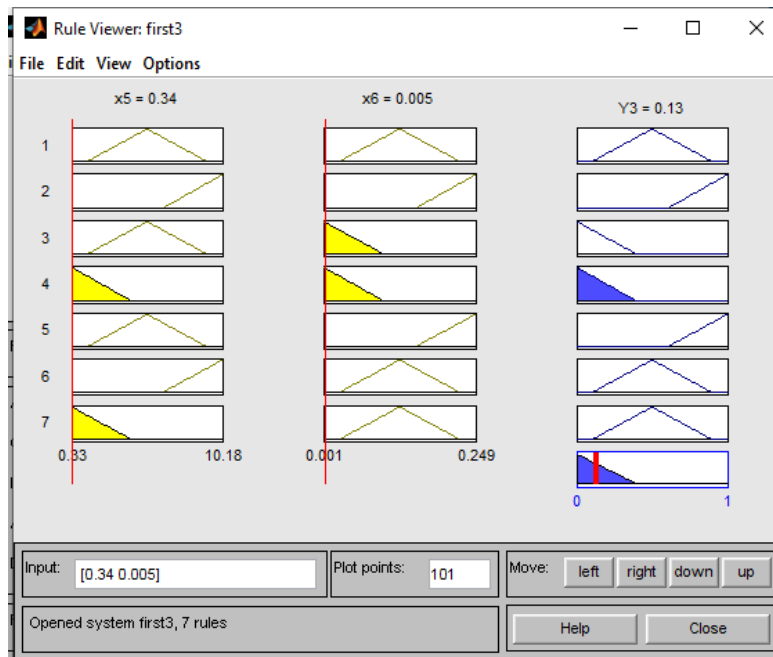
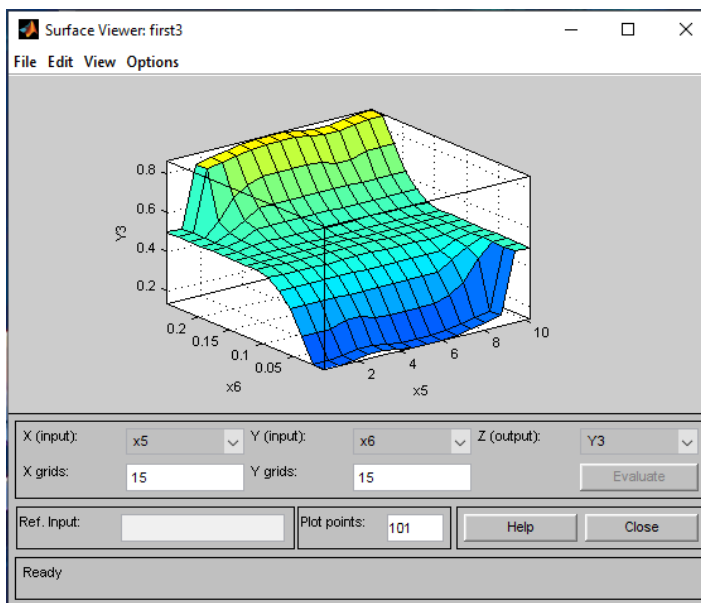
Таблиця 1 – Нечітка база правил для критерію Y_2

x_3	x_4	Y_2
середній	середній	середній
високий	високий	середній
середній	високий	низький
високий	низький	високий
низький	високий	низький
виокий	середній	середній

Рисунок 1 – Візуалізація нечіткого виведення Y_2 Рисунок 2 – Поверхня «вхід-вихід» Y_2

Таблиця 2 – Нечітка база правил для критерію Y_3

x5	x6	Y3
середній	середній	середній
високий	високий	високий
середній	низький	низький
низький	низький	низький
середній	високий	високий
високий	середній	середній
низький	середній	середній

Рисунок 3 – Візуалізація нечіткого виведення Y_3 Рисунок 4 – Поверхня «вхід-вихід» Y_3

Таблиця 3 – Нечітка база правил для критерію Y_4

x_7	x_1	Y_4
низький	середній	низький
високий	високий	високий
середній	середній	середній

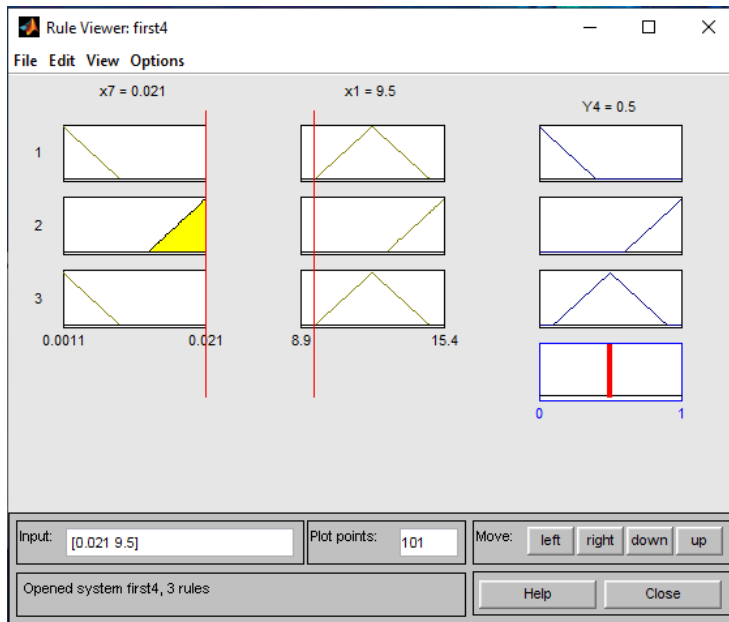


Рисунок 5 – Візуалізація нечіткого виведення Y_4

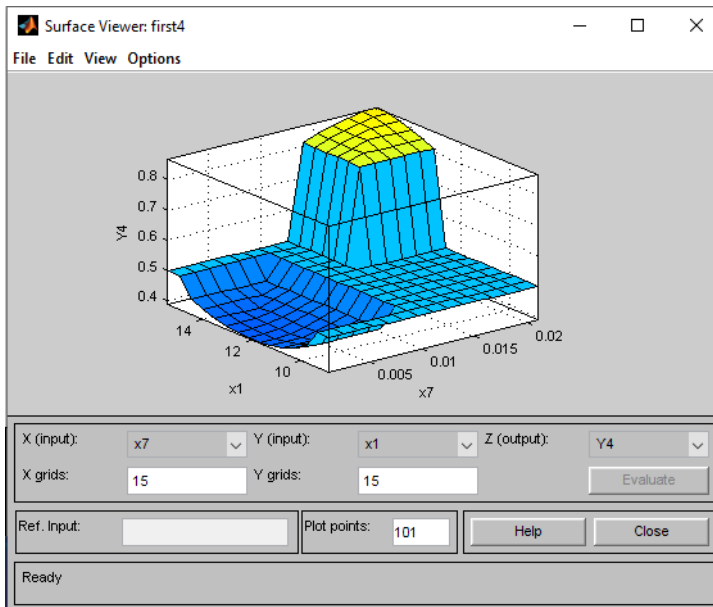


Рисунок 6 – Поверхня «вхід-вихід» Y_4