

Лабораторна робота № 4

РОЗРОБКА НЕЧІТКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ БАЗ ЗНАНЬ НЕЧІТКИХ ПРОДУКЦІЙ

Мета роботи: Освоїти методику проектування і побудови систем підтримки прийняття рішень на основі моделі нечіткого виводу та бази знань нечітких продукцій, на прикладі системи оцінювання фінансової заможності клієнтів з боку банків при видачі довгострокових кредитів. На цьому прикладі познайомитися з особливостями розробки практично ефективних додатків - програмних засобів нечіткого моделювання.

4.1 Змістовна постановка задачі оцінювання фінансової заможності клієнтів

Суть розглянутої задачі полягає в наступному. При видачі довгострокових кредитів на будівництво будинків чи котеджів під заставу нерухомості для оцінки заможності клієнтів банками традиційно використовується метод експертних оцінок. При цьому метою банків є одержання максимального прибутку від укладених угод по наданню кредитів і виключення можливості фінансових утрат. Тому інтереси банків зосереджені, з одного боку, на збільшенні кількості успішних угод, а з іншого боку, на запобіганні невдалих угод, коли клієнт не повертає виданий кредит чи повертає його не вчасно.

Традиційно підставою для прийняття рішень по наданню кредитів у майбутньому служить досвід успішних угод, зроблених у минулому. Керівництво банку Home&Savings Bank, в інтересах якого виконувалося відповідне дослідження, хотіло б узагальнити правила надання кредитів з метою максимально повно використовувати досвід експертів. При цьому необхідно виключити можливі помилки суб'єктивного характеру з боку окремих менеджерів у випадку неадекватного оцінювання фінансової заможності клієнтів.

Аналіз стратегії надання кредитів на будівництво будинків показує, що для оцінювання фінансової заможності клієнтів можуть бути використані різні характеристики, такі як місцезнаходження споруджуваного будинку, якість передбачуваного виконання опоряджувальних робіт, оцінка активів потенційного клієнта, оцінка доходу потенційного клієнта за винятком фіксованих витрат, величина підлягаючих сплаті відсотків з кредиту. При цьому власне фінансова заможність клієнта оцінюється його кредитоспроможністю.

Однією з перших формальних моделей, запропонованих для розв'язку даної задачі, була статистична модель, заснована на імовірнісній інтерпретації кількісної оцінки позитивного рішення про надання кредиту. Однак більш детальний аналіз цієї моделі згодом показав її неадекватність, пов'язану з недостатнім обсягом статистичної вибірки й умовами надання кредитів, що змінюються з плином часу.

Саме з цієї причини була запропонована ідея розробки нечіткої моделі для оцінювання фінансової заможності клієнтів з метою прийняття рішень про надання довгострокових кредитів. При цьому як нечітка модель використовується система нечіткого виводу з наступними вхідними і вихідними змінними.

4.2 Описання вхідних і вихідних змінних задачі, що розглядається

Змістовна інтерпретація нечіткої моделі припускає вибір і специфікацію вхідних і вихідних змінних відповідної системи нечіткого виводу. При цьому в нечіткій моделі передбачається використовувати 5 вхідних змінних і 1 вихідну змінну.

У якості першої вхідної змінної використовується оцінка місця розташування споруджуваного будинку, що безпосередньо оцінює проект споруджуваного будинку, приймаючи до уваги розміщення будинку в тому чи іншому конкретному районі міста чи регіоні передмістя. Очевидно, чим вище ця оцінка, тим більше ліквідним представляється проект у випадку його реалізації на ринку нерухомості.

У якості другої вхідної змінної використовується якість передбачуваного виконання опоряджувальних робіт відповідно до архітектурного проекту споруджуваного будинку. Ця змінна вносить додатковий елемент в оцінку вартості споруджуваного будинку.

У якості третьої вхідної змінної використовується оцінка активів, що використовується для оцінки майна чи авуарів у випадку неспроможності потенційного клієнта при неповерненні їм узятим кредиту. Дійсно, величина наданого кредиту повинна ґрунтуватися не тільки на урахуванні вартості споруджуваного будинку, але і на власній капіталізації клієнта.

У якості четвертої вхідної змінної використовується оцінка доходу потенційного клієнта за винятком фіксованих витрат, яка також використовується у випадку неспроможності

потенційного клієнта при неповерненні їм узятого кредиту. Чим вище значення цієї змінної, тим більше успішним є надання кредиту клієнту.

У якості п'ятої вхідної змінної використовується величина підлягаючих сплаті відсотків відповідно до передбачуваного плану виплат по узятому кредиту. Ця змінна зв'язана з терміном надання кредиту і його величиною, дозволяючи об'єднати в собі відповідні характеристики кредиту. Чим вище величина виплат по відсотках, тим більше високими повинні бути значення активів і доходів для позитивного рішення про надання кредиту потенційному клієнту.

У якості **вихідної** змінної використовується **оцінка кредитоспроможності**, що є основою для ухвалення рішення керівництвом банку по наданню кредиту потенційним клієнтам. При цьому рішення про надання кредиту керівництвом банку приймається тільки у випадку високої оцінки цієї вихідної змінної.

Аналіз надання кредитів на будівництво будинків показує, що для аналізу фінансової заможності потенційних клієнтів керівництво банків застосовує наступні евристичні правила:

1. Якщо величина доходу низька і величина виплат середня, то кредитоспроможність дуже низька.
2. Якщо величина доходу низька і величина виплат висока, то кредитоспроможність дуже низька.
3. Якщо величина доходу середня і величина виплат висока, то кредитоспроможність дуже низька.
4. Якщо активи низькі і величина доходу низька, то кредитоспроможність дуже низька.
5. Якщо активи низькі і величина доходу середня, то кредитоспроможність дуже низька.
6. Якщо активи середні і величина доходу низька, то кредитоспроможність дуже низька.
7. Якщо якість опоряджувальних робіт погана, активи низькі і величина доходу висока, то кредитоспроможність дуже низька.
8. Якщо якість опоряджувальних робіт погана, активи середні і величина доходу середня, то кредитоспроможність дуже низька.
9. Якщо якість опоряджувальних робіт погана, активи високі і величина доходу низька, то кредитоспроможність дуже низька.
10. Якщо якість опоряджувальних робіт погана, активи високі і величина доходу середня, то кредитоспроможність дуже низька.
11. Якщо місцезнаходження неprestижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи низькі і величина доходу висока, то кредитоспроможність середня.
12. Якщо місцезнаходження неprestижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи низькі і величина доходу висока, то кредитоспроможність середня.
13. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи низькі і величина доходу висока, то кредитоспроможність середня.
14. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи низькі і величина доходу висока, то кредитоспроможність середня.
15. Якщо місцезнаходження неprestижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи середні і величина доходу середня, то кредитоспроможність середня.
16. Якщо місцезнаходження неprestижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи середні і величина доходу середня, то кредитоспроможність середня.
17. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи середні і величина доходу середня, то кредитоспроможність середня.
18. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи середні і величина доходу середня, то кредитоспроможність середня.
19. Якщо місцезнаходження неprestижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу низька, то кредитоспроможність середня.
20. Якщо місцезнаходження неprestижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи високі і величина доходу низька, то кредитоспроможність середня.
21. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу низька, то кредитоспроможність середня.
22. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу низька, то кредитоспроможність середня.
23. Якщо місцезнаходження неprestижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу середня, то кредитоспроможність середня.
24. Якщо місцезнаходження неprestижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи високі і величина доходу середня, то кредитоспроможність середня.
25. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу середня, то кредитоспроможність середня.
26. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу середня, то кредитоспроможність середня.

27. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи середні і величина доходу висока, то кредитоспроможність дуже висока.
28. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи високі і величина доходу висока, то кредитоспроможність дуже висока.
29. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи середні і величина доходу висока, то кредитоспроможність дуже висока.
30. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи високі і величина доходу висока, то кредитоспроможність дуже висока.
31. Якщо місцезнаходження непрестижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи середні і величина доходу висока, то кредитоспроможність висока.
32. Якщо місцезнаходження непрестижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи середні і величина доходу висока, то кредитоспроможність висока.
33. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи середні і величина доходу висока, то кредитоспроможність висока.
34. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи середні і величина доходу висока, то кредитоспроможність висока.
35. Якщо місцезнаходження непрестижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу висока, то кредитоспроможність висока.
36. Якщо місцезнаходження непрестижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, активи високі і величина доходу висока, то кредитоспроможність висока.
37. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу висока, то кредитоспроможність висока.
38. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт гарна, активи високі і величина доходу висока, то кредитоспроможність висока.
39. Якщо місцезнаходження престижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, то кредитоспроможність висока.
40. Якщо місцезнаходження дуже престижне, якість опоряджувальних робіт прекрасна, то кредитоспроможність висока.

Після розгляду змістовної постановки задачі можна приступити до побудови її нечіткої моделі у формі відповідної системи нечіткого виводу. Для цієї мети скористаємося розглянутими раніше графічними засобами пакета Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB.

4.3 Розробка нечіткої моделі оцінювання фінансової заможності клієнтів

При побудові нечіткої моделі оцінки фінансової заможності потенційних клієнтів було зроблене припущення про те, що всі розглянуті змінні вимірюються в балах в інтервалі дійсних чисел від 0 до 10. При цьому найнижча оцінка значення кожної із змінних є 0, а найвища — 10.

Фазифікація вхідних і вихідних змінних

Як терм-множину першої вхідної змінної "Місцезнаходження" (Location) будемо використовувати множину $T1 = \{\text{"непрестижне"}, \text{"престижне"}, \text{"дуже престижне"}\}$ або в символічному виді $T1 = \{PS, PM, PB\}$.

Як терм-множину другої вхідної змінної "Опоряджування" (Work-manship) будемо використовувати аналогічну множину $T2 = \{\text{"погане"}, \text{"гарне"}, \text{"прекрасне"}\}$ або в символічному виді $T2 = \{PS, PM, PB\}$.

Як терм-множину третьої лінгвістичної змінної "Активи" (Asset) будемо використовувати множину $T3 = \{\text{"низькі"}, \text{"середні"}, \text{"високі"}\}$ чи в символічному виді $T3 = \{PS, PM, PB\}$.

Як терм-множину четвертої лінгвістичної змінної "Доход" (Income) будемо використовувати аналогічну множину $T4 = \{\text{"низький"}, \text{"середній"}, \text{"високий"}\}$ чи в символічному виді $T4 = \{PS, PM, PB\}$.

Як терм-множину п'ятої лінгвістичної змінної "Виплати" (Interest) будемо використовувати аналогічну множину $T5 = \{\text{"низькі"}, \text{"середні"}, \text{"високі"}\}$ чи в символічному виді $T5 = \{PS, PM, PB\}$.

Як терм-множину вихідної лінгвістичної змінної "Кредитоспроможність" (Credit) будемо використовувати множину $T6 = \{\text{"дуже низька"}, \text{"низька"}, \text{"середня"}, \text{"висока"}, \text{"дуже висока"}\}$ чи в символічному виді $T6 = \{NB, NS, Z, PS, PB\}$.

4.4 Формування бази правил систем нечіткого виводу

Наступним етапом побудови моделі є побудова бази правил. Для цієї мети будемо

використовувати 40 правил нечітких продукцій, які зручно представити у виді наступної таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Правила нечітких продукцій для розглянутої системи нечіткого виводу

№ правил а	Місцезнаходженн я	Опоряджуванн я	Актив и	Дохо д	Виплат и	Кредитоспроможніс ть

Як схему нечіткого виводу будемо використовувати метод Мамдані, тому методом активації буде MIN. Далі необхідно визначити методи агрегування підумов. Оскільки у всіх правилах 1 — 40 як логічне зв'язування для підумов застосовується тільки нечітка кон'юнкція (операція "І"), то як метод агрегування будемо використовувати операцію \min -кон'юнкції. Для акумуляції виводів правил будемо використовувати метод \max -диз'юнкції, що також застосовується у випадку схеми нечіткого виводу методом Мамдані. Нарешті, як метод дефазифікації будемо використовувати метод центра ваги.

4.5 Побудова нечіткої моделі засобами Fuzzy Logic Toolbox і аналіз отриманих результатів

Розробку нечіткої моделі (назвемо її mortgage) будемо виконувати з використанням графічних засобів системи MATLAB. З цією метою в редакторі FIS визначимо 5 вхідних змінних з іменами "місцезнаходження" (β_1), "опорядкування" (β_2), "активи" (β_3), "дохід" (β_4), "виплати" (β_5) і одну вихідну змінну з ім'ям "кредитоспроможність" (β_6). Вид графічного інтерфейсу редактора FIS для цих змінних зображений на рис.4.1.

Для вирішення поставленої задачі нечіткого моделювання будемо використовувати систему нечіткого виводу типу Мамдані. Залишимо без зміни параметри розроблювальної нечіткої моделі, запропоновані системою MATLAB за замовчуванням, а саме, логічні операції (\min — для нечіткого логічного І, \max — для нечіткого логічного ЧИ), метод імплікації (\min), метод агрегування (\max) і метод дефазифікації (**centroid**).

Далі варто визначити функції належності термів для кожної з 5 вхідних і єдиної вихідної змінних розглянутої системи нечіткого виводу. Для цієї мети скористаємося редактором функцій належності системи MATLAB. Графічний інтерфейс редактора функцій належності для вихідної змінної "кредитоспроможність" зображений на рис.4.2.

Далі задамо 40 правил для розроблювальної системи нечіткого виводу (табл. 4.1). Для цієї мети скористаємося редактором правил системи MATLAB. Вид графічного інтерфейсу редактора правил після завдання всіх 40 правил нечіткого виводу зображений на рис.4.6. Оскільки в робочому вікні відображаються не всі змінні нечіткої моделі, для керування режимом відображення змінних правил варто скористатися спеціальними кнопками, розташованими в нижній правій частині редактора правил.

Тепер можна виконати аналіз побудованої системи нечіткого виводу для розглянутої задачі оцінки фінансової заможності клієнтів. З цією метою відкриємо вікно перегляду правил системи MATLAB і введемо значення вхідних змінних для частинного випадку, коли значення вхідної змінної "місцезнаходження" оцінюється в 8 балів, значення вхідної змінної "опорядкування" також оцінюється в 8 балів, значення вхідної змінної "активи" оцінюється в 9 балів, значення вхідної змінної "дохід" оцінюється в 9 балів, і, нарешті, значення вхідної змінної "виплати" оцінюється в 5 балів. Це досить високі оцінки вхідних змінних, котрі навіть на інтуїтивному рівні свідчать на користь відповідного клієнта.

Процедура нечіткого виводу, виконана системою MATLAB для розробленої нечіткої моделі, видає в результаті значення вихідної змінної "кредитоспроможність", рівне 7.75 бала (рис.4.4). Це досить висока оцінка фінансової заможності потенційного клієнта, що може служити підставою для позитивного рішення з боку банку про надання кредиту під заставу. Як можна заключити, даний висновок цілком узгоджується з раніше висловленими інтуїтивними розуміннями.

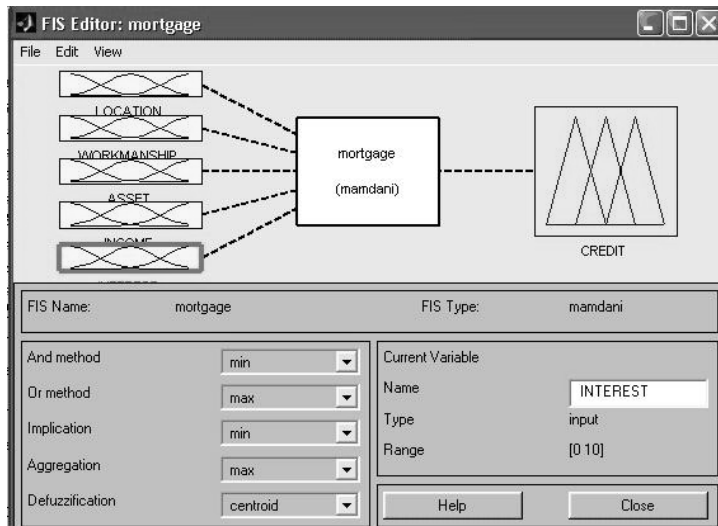


Рис. 4.1. Графічний інтерфейс редактора FIS після визначення вхідних і вихідної змінних системи нечіткого виводу mortgage

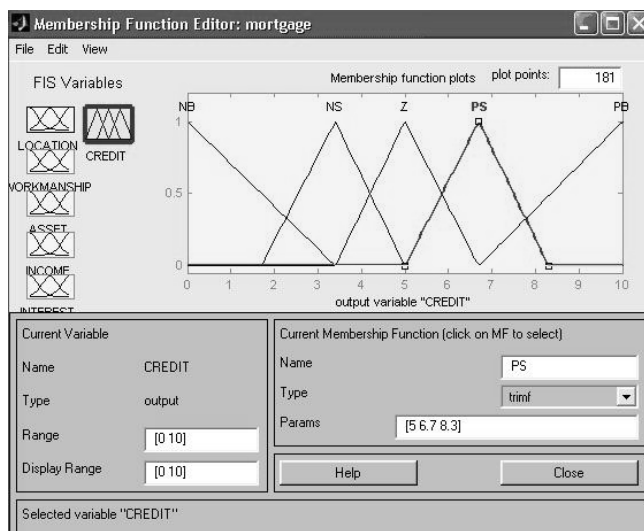


Рис. 4.2. Графічний інтерфейс редактора функцій належності для вихідної змінної

"кредитоспроможність"

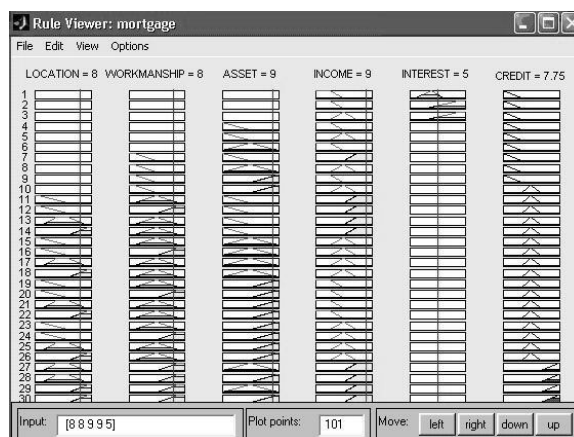


Рис. 4.3. Графічний інтерфейс програми перегляду правил після виконання процедури нечіткого виводу 1 варіанту

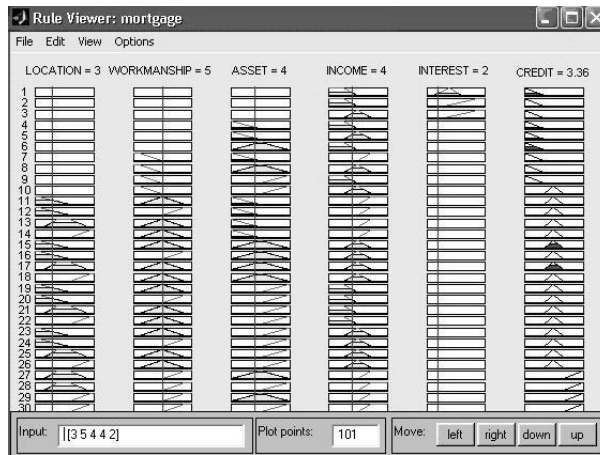


Рис. 4.4. Графічний інтерфейс програми перегляду правил після виконання процедури нечіткого виводу 2 варіанту

Далі виконаємо аналіз побудованої системи нечіткого виводу для другого варіанта вихідних даних з більш низькими оцінками значень вхідних змінних. З цією метою змінимо значення вхідних змінних: значення вхідної змінної "місцезнаходження" оцінимо в 3 бали, значення вхідної змінної "опорядкування" оцінимо в 5 балів, значення вхідної змінної "активи" оцінимо в 4 бали, значення вхідної змінної "дохід" оцінимо в 4 бали, і, нарешті, значення вхідної змінної "виплати" оцінимо в 2 бали.

Процедура нечіткого виводу, виконана системою MATLAB, видає в результаті значення вихідної змінної "кредитоспроможність", рівне 3.42 бала. Це досить низька оцінка фінансової спроможності потенційного клієнта, що може слугувати підставою для негативного рішення з боку банку про надання кредиту під заставу. Як можна заключити в цьому випадку, даний висновок також узгоджується з інтуїтивними розуміннями на цей рахунок.

Порівняння результатів нечіткого виводу для двох розглянутих варіантів значень вхідних змінних показує, що граничне значення вихідної змінної "кредитоспроможність", що впливає на рішення про надання кредиту, може бути обране в межах 5 балів.

Примітка

Для більш тонкого налаштування побудованої нечіткої моделі необхідно доповнити її конкретними методиками бальної оцінки окремих кількісних значень вхідних і вихідних лінгвістичних змінних. Оскільки такі методики в значній мірі залежать від розглянутої проблемної області, від сформованої на даний момент ринкової кон'юнктури і мають приватний характер для конкретного банку, тут вони не розглядаються.

Для загального аналізу розробленої нечіткої моделі також може виявитися корисною візуалізація відповідної поверхні нечіткого виводу (рис.4.5).

Дана поверхня нечіткого виводу дозволяє установити залежність значень вихідної змінної від значень окремих вхідних змінних нечіткої моделі. Аналіз цих залежностей може слугувати підставою для зміни функцій належності вхідних змінних чи нечітких правил з метою підвищення адекватності системи нечіткого виводу для конкретних стратегій банків.

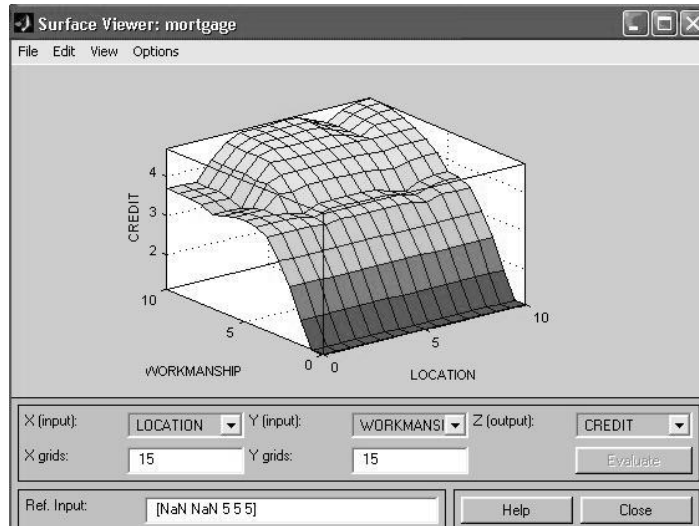


Рис. 4.5. Візуалізація поверхні нечіткого виводу розглянутої моделі для вхідних змінних "місцезнаходження" і "обробка"

Слід зазначити також ту обставину, що розроблювачі даної нечіткої моделі відзначають її декілька спрощений характер у порівнянні з реально використовуваною в процесі прийняття рішень керівництвом банку. У той же час розглянута нечітка модель має досить високу адекватність, що обумовлює її успішне застосування в практиці фінансових операцій деяких банків.

Таблиця 4.2 Встановлення ваги правил

№ правила	Вага	№ правила	Вага
1	0.51	11	0.28
2	0.75	12	0.97
3	0.24	13	0.32
4	0.14	14	0.71
5	0.77	15	0.47
6	0.33	16	0.69
7	0.79	17	0.96
8	0.16	18	0.74
9	0.86	19	0.86
10	0.98	20	0.11

№ правила	Вага	№ правила	Вага
21	0.53	31	0.05
22	0.09	32	0.03
23	0.81	33	0.49
24	0.70	34	0.68
25	0.06	35	0.27
26	0.58	36	0.40
27	0.78	37	0.59
28	0.91	38	0.14
29	0.17	39	0.75
30	0.34	40	0.59