

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
"Донецький національний технічний університет"

**ЗАМУЛА Аліна Олександрівна**

УДК 004.89:519.711

**МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ  
БАНКІВСЬКОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ**

05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Донецьк – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»  
Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник** доктор фізико-математичних наук, професор  
**Міненко Олександр Степанович**,  
ДВНЗ «Донецький національний технічний  
університет» Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри системного аналізу і  
моделювання.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Гороховатський Володимир Олексійович**,  
Харківський інститут банківської справи  
Університету банківської справи Національного  
банку України,  
завідувач кафедри інформаційних технологій;

кандидат технічних наук, доцент  
**Гігіс Веніамін Борисович**,  
Донбаська державна машинобудівна академія  
Міністерства освіти і науки України,  
доцент кафедри інтелектуальних систем прийняття  
рішень.

Захист відбудеться «10» квітня 2014 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 11.052.08 ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» за адресою: 83050, м. Донецьк, пр. Б. Хмельницького, 84, 10-й навчальний корпус, ауд. 10.239.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» за адресою: 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, 2-й навчальний корпус.

Автореферат розісланий «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

О.С. Звенігородський

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Умови стрімкого і масштабного розвитку інформаційних технологій вимагають застосування сучасних методів управління складними системами. Так як не всі банківські процеси формалізуються строго математичними моделями, застосування систем і засобів штучного інтелекту є актуальним напрямком в управлінні складними системами. Класичні методи управління працюють при повністю детермінованому об'єкті та середовищі, а для систем з неповною інформацією та високою складністю об'єкта управління виникає необхідність застосування методів інтелектуального управління.

В області моделювання складних систем виділяють наукові роботи А. Ф. Грибова, О. О. Недосєкіна, С. Д. Штовби, А. В. Леоненкова, Б. Я. Советова, С. Я. Яковлева, Jacob A. Bikker та W. V. Jaar, Дж. Форрестера, В. С. Дейнеки, І. В. Сергієнка. Розвиток теоретичних та прикладних досліджень з розробки інтелектуальних систем управління пов'язаний з працями таких вчених, як Д. Рутковська, А. Пегат, Д. О. Поспелов, Є. В. Бодяньський, Ю. П. Кондратенко, О. П. Ротштейн, К. М. Bossley, Н. J. Zimmermann.

Застосування нечіткої логіки розширює можливості управління банківською діяльністю, оскільки дозволяє описувати якісні, неточні поняття і знання, а також оперувати цими знаннями з метою отримання нової інформації, при цьому представляючи собою прозорий процес з можливістю інтерпретації кожного з етапів нечіткого логічного виведення. Існуючі підходи до оцінки та аналізу діяльності банків недостатньо відповідають сучасним умовам, в результаті чого кількість фінансових криз зростає. В даний час відсутні роботи в області моделювання, що дозволяють враховувати закономірності розвитку банківської системи на макрорівні та особливості функціонування конкретного комерційного банку на мікрорівні, враховуючи якісні показники, формалізацію яких можна здійснити із застосуванням засобів штучного інтелекту.

Таким чином, розробка методів і моделей інтелектуального управління банківською діяльністю є актуальною науковою задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт, які виконувалися в ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (м. Донецьк) у рамках науково-дослідних тем «Математичне моделювання нестационарних процесів» № 0109U005740, «Розробка моделей і алгоритмів систем управління технічними та організаційними об'єктами» № 0111U001964, «Моделювання та управління організаційними та технічними об'єктами» № 0113U001788. В межах зазначених тем здобувачем як виконавцем було проведено формалізацію банківських процесів, розроблено базу знань на основі виведення нечітких правил для побудови ієрархічної моделі управління якісними показниками банку та математичну модель інтелектуального управління банківською діяльністю.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності керування фінансовими та якісними показниками банківської діяльності шляхом розробки методів і моделей інтелектуального управління.

Для досягнення мети поставлені і вирішені наступні задачі:

- провести дослідження існуючих підходів до інтелектуального управління банківською діяльністю;
- побудувати концептуальну модель інтелектуального управління банківською діяльністю;
- розробити моделі інтелектуального управління банківською діяльністю;
- розробити структуру інтелектуальної системи управління банківською діяльністю;
- дослідити адекватність та ефективність розроблених методів і моделей.

*Об'єкт дослідження* – процеси управління банківською діяльністю.

*Предмет дослідження* – методи та моделі інтелектуального управління банківською діяльністю.

*Методи дослідження.* У дисертаційній роботі використані методи структурного аналізу, теорії множин для формалізації банківських процесів; методи системної динаміки, математичного моделювання, штучного інтелекту для побудови моделі інтелектуального управління банківською діяльністю; методи статистичного аналізу для виявлення функціональних залежностей між змінними моделі.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Вперше розроблено модель інтелектуального управління банківською діяльністю, що включає системно-динамічну модель банківської системи на макрорівні та динамічну модель функціонування комерційного банку на мікрорівні, які враховують якісні, кількісні та фінансові показники, що дозволяє вирішити завдання управління, аналізу та прогнозування діяльності банківської системи та комерційного банку.

2. Удосконалено концептуальну модель управління банком шляхом виділення на макрорівні індексу кредитування приватного сектору та індексу настроїв в економіці, що дозволяє її використовувати як основу для визначення функціональних залежностей між факторами та розробки структури інтелектуальної системи управління.

3. Удосконалено систему інтелектуального управління банківською діяльністю за рахунок введення додаткових факторів і інтелектуальних моделей керування на їх основі, що дозволяє покращити фінансові результати банку та чисельно оцінити ефект від прийнятого рішення при виборі напрямку розвитку банку.

4. Отримали подальший розвиток методи моделювання банківської діяльності за рахунок розробки моделей цілей комерційного банку та нечітких моделей управління процентною ставкою та показником якості, що дозволяє з високою ефективністю досліджувати функціонування банківської системи та комерційного банку.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблена система інтелектуального управління банківською діяльністю може використовуватися як окремо комерційними банками для управління, прогнозування подальшого розвитку і як засіб вдосконалення поточної діяльності, так і на рівні державного регулювання, дозволяючи виявити основні тенденції банківського розвитку та попередити кризові явища. Крім того, отримані результати можуть бути використані в навчальному

процесі, оскільки представляють новий підхід до управління складними системами, заснований на застосуванні методів математичного моделювання, штучного інтелекту, принципів системної динаміки.

Результати дисертаційної роботи знайшли застосування в процесі розробки інформаційної системи управління в ПАТ КБ ПриватБанк та ПАТ «Укрсиббанк». Наукові положення, теоретичні та практичні результати, отримані в дисертаційній роботі, використані в навчальному процесі ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» при викладанні дисциплін «Моделювання складних систем», «Системний аналіз», «Нечіткість в задачах прогнозу і управління» для студентів напряму підготовки 6.040303 «Системний аналіз».

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. У роботі [3], виконаній у співавторстві, автору особисто належать такі результати – побудова динамічної моделі діяльності банківської системи та виявлення функціональних залежностей між змінними

**Апробація результатів.** Основні результати дисертаційної роботи представлені та обговорені на таких наукових конференціях, школах: Міжнародна науково-практична конференція «Сучасна інформаційна Україна: інформатика, економіка, філософія» (Донецьк, 2009, 2011, 2012); Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні напрями теоретичних та прикладних досліджень» (Одеса, 2009); I Міжнародна науково-методична конференція «Математичні методи, моделі та інформаційні технології» (Чернівці, 2009); XI Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми реалізації науково-творчого потенціалу молоді: пошуки, перспективи» (Павлоград, 2009); IV Міжнародна науково-практична конференція «Моделювання та прогнозування економічних процесів» (Київ, 2010); I Міжнародна науково-технічна конференція «Обчислювальний інтелект» (Черкаси, 2011); Міжнародна наукова молодіжна школа «Системи та засоби штучного інтелекту» (Кацивелі, АР Крим, 2012); Міжнародна школа «Моделі, методи та інтелектуальні технології системного аналізу та їх застосування» (Ялта, АР Крим, 2012); IV Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг» (Донецьк, 2013); Міжнародна наукова конференція «Питання оптимізації обчислень» (Кацивелі, АР Крим, 2013). Положення дисертаційної роботи доповідались на науковому семінарі «Q.E.D.» факультету комп'ютерних наук Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Публікації.** Основні наукові положення, висновки і результати дослідження опубліковано в 19 наукових працях, у тому числі 6 статей у виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України, включених до переліку МОН України, з них 5 ([1,2,4-6]) – у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних «Index Copernicus», «Ulrich's periodicals directory» та «Российский индекс научного цитирования» («РИНЦ»), 1 закордонна публікація та 12 публікацій у працях міжнародних конференцій і не фахових журналах.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, 5 додатків, списку використаних джерел, який включає 153 найменування. Повний обсяг роботи – 149 сторінок, з них основний текст – 123 сторінки. Дисертація містить 35 рисунків, 21 таблицю.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтована актуальність теми дослідження, зв'язок з науковими темами, сформульовані мета, об'єкт, предмет і завдання дослідження, визначена наукова новизна і практичне значення.

У *першому розділі* проведено дослідження існуючих підходів до інтелектуального управління банківською діяльністю. Аналіз цих підходів виявив потребу в структуризації та систематизації цілей банку як складної системи з виділенням відповідної ієрархії та критеріїв. Показано, що ефективний розвиток банківської системи потребує комплексного підходу до управління, який дозволив би досліджувати фінансові та якісні показники функціонування з врахуванням закономірностей розвитку банківської системи на макrorівні та комерційного банку на мікрорівні.

Існуючих математичних моделей банківської діяльності для розв'язання задачі управління недостатньо, так як вони не враховують вплив якісних показників, притаманних мисленню людини, і які оцінюються експертами. Перспективним напрямом вдосконалення управління банківською діяльністю є поєднання засобів штучного інтелекту, що моделюють прийняття рішень людиною з традиційними математичними моделями управління.

Сформульовано ряд обставин, які обґрунтовують необхідність робіт з вивчення та використання моделей і рішень із використанням нечіткої логіки: не всі цілі управління об'єктом можуть бути представлені у вигляді кількісних співвідношень; управління є багатокроковим, а зміст кожного кроку не завжди може бути заздалегідь однозначно визначено; мета об'єкта не завжди чітко і кількісно виражена.

Виявлено, що серед існуючих підходів до розв'язання різних задач управління банківською діяльністю на засадах штучного інтелекту є перспективним, але недостатньо розвинутиим.

У *другому розділі* проведений аналіз процесу управління банківською діяльністю, побудована концептуальна модель інтелектуального управління банківською діяльністю, елементами якої є:  $X_i^1, i = \overline{1,9}$ , де  $X_1^1$  – процентна ставка за депозитами, %,  $X_2^1$  – індекс LPS (Loans to private sector), індекс кредитування приватного сектора, бали,  $X_3^1$  – індекс EMU (Economic sentiment index), індекс настроїв в економіці, бали,  $X_4^1$  – ВВП (валовий внутрішній продукт), млн.грн.,  $X_5^1$  – обсяг депозитів БС, млн.грн.,  $X_6^1$  – обсяг інвестицій, млн.грн.,  $X_7^1$  – обсяг кредитування БС, млн.грн.,  $X_8^1$  – обсяг промислового виробництва, млн.грн.,  $X_9^1$  – обсяг резервів на покриття збитків, млн.грн.;  $X_i^2, i = \overline{1,3}$ , де  $X_1^2$  – обсяг кредитування КБ, тис.грн.,  $X_2^2$  – обсяг депозитів КБ, тис.грн.,  $X_3^2$  – адміністративні витрати КБ, тис.грн.;  $Y_i^1, i = \overline{1,4}$ , де  $Y_1^1$  – капіталізація БС, млн.грн.,  $Y_2^1$  – доходи БС, млн.грн.,  $Y_3^1$  – витрати БС, млн.грн.,  $Y_4^1$  – прибуток БС, млн.грн.;  $Y_i^2, i = \overline{1,4}$ , де  $Y_1^2$  – капіталізація КБ, тис.грн.,  $Y_2^2$  – доходи КБ, тис.грн.,  $Y_3^2$  – витрати КБ, тис.грн.,  $Y_4^2$  – прибуток КБ,

тис.грн.;  $U_1$  – показник якості діяльності,  $[0,100]$ ,  $U_2$  – процентна ставка за кредитами, %.

Розроблена концептуальна модель представляє удосконалену модифікацію існуючої шляхом виділення на макрорівні індексу кредитування приватного сектору –  $X_2^1$  та індексу настроїв в економіці –  $X_3^1$ , які здійснюють вплив на закономірності розвитку банківської системи, та керуючих факторів – показника якості –  $U_1$  та процентної ставки –  $U_2$ , які дозволяють здійснювати вплив на фінансові результати банку (рисунок 1).

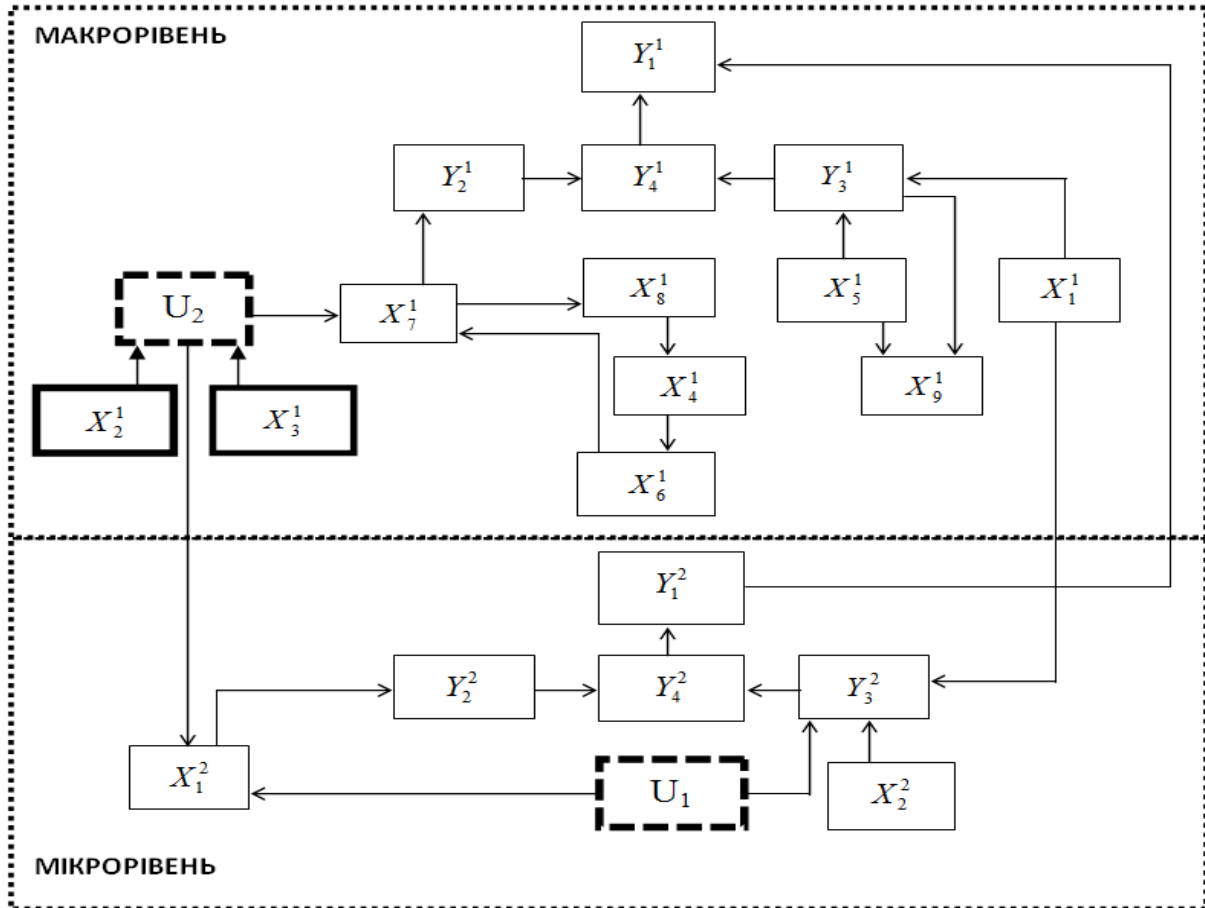


Рисунок 1 – Концептуальна модель управління банківською діяльністю

Для формалізації функціональних залежностей розвитку банківської системи сформульована наступна постановка задачі: визначити клас, а також вид рівнянь, які формалізують залежності між виділеними факторами, обчислити коефіцієнти і перевірити адекватність моделі, використовуючи офіційні дані НБУ. Формальна постановка задачі розробки аналітичної моделі з метою виявлення функціональних залежностей: відомо  $F=\{F_j\}$ , де  $F$  – множина функцій  $F_j$ , які описують функціональні залежності між змінними,  $j = (1, \dots, k)$ , де  $k$  – кількість видів функцій,  $k=3$ ;  $F_1$  – поліноміальна модель –  $\hat{y} = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2^2 + \dots + a_m \cdot x_m^m$ ;  $F_2$  – лінійно-логіарифмічна модель –  $\hat{y} = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_m^{a_m}$ ;  $F_3$  – експоненціальна модель –  $\hat{y} = e^{a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2^2 + \dots + a_m \cdot x_m^m}$ . Необхідно вибрати  $F_j$ , виходячи з максимального значення коефіцієнта детермінації та мінімального значення середньоквадратичної помилки MSE (1). З метою вибору

функціонального зв'язку висувається гіпотеза про те, що  $F_j$  відноситься до класу нелінійних функцій.

$$\left\{ \begin{array}{l} R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \rightarrow \max \\ MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{\hat{y}_i^2} \rightarrow \min \end{array} \right. \quad (1)$$

де  $e_i = \hat{y}_i - y_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  – відхилення розрахункових значень від прогнозних;  $y_i$  – фактичне значення  $y$ ;  $\hat{y}_i$  – прогнозне значення  $y_i$ ;  $\bar{y}$  – середнє значення  $y_i$ ;  $n$  – кількість спостережень.

Для змінних  $X_1^1$ ,  $X_5^1$ ,  $X_6^1$ ,  $X_7^1$ ,  $X_8^1$ ,  $X_9^1$  обрані поліноміальні моделі зі статистичними характеристиками  $R^2 \in [0,9; 0,99]$ ,  $MSE \in [0,001; 0,02]$ ; для змінних  $X_4^1$ ,  $X_6^1$  обрані лінійно-логіфімічні моделі зі статистичними характеристиками  $R^2 \in [0,94; 0,95]$ ,  $MSE \in [0,007; 0,008]$ .

Побудована математична модель банківської системи ґрунтується на принципах системної динаміки, кроком моделювання є один рік (2).

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_1^1 = \int_{t_0}^t Y_4^1 dt \\ Y_2^1(t) = X_7^1(t) \cdot U_2(t) / 100 \\ Y_3^1(t) = X_5^1(t) \cdot \frac{(n + X_1^1(t))}{100} \\ Y_4^1(t) = Y_2^1(t) - Y_3^1(t) \end{array} \right. \quad (2)$$

де  $n$  – норма обов'язкового резерву, %;

Керуючий фактор – процентна ставка  $U_2$  – формалізований за допомогою нечіткої логіки. Розроблена модель  $U_2 = f(X_2^1, X_3^1)$ , для якої визначені лінгвістичні змінні, функції належності, сформована база знань у вигляді продукційних правил та обраний алгоритм нечіткого виведення.

Виділені наступні входні лінгвістичні змінні (3):

$$\begin{aligned} &< "X_2^1 - \text{індекс кредитування приватного сектору"} , T_1, X_1 >, \\ &< "X_3^1 - \text{індекс настроїв в економіці"} , T_2, X_2 >, \end{aligned} \quad (3)$$

де  $T$  – терм-множина лінгвістичних змінних:  $T_1 = T_2 = \{ \text{«низький»}, \text{«середній»}, \text{«високий»} \}$ ,  $X$  – універсуми, на яких задаються лінгвістичні змінні:  $X_1 = X_2 = [0, 100]$ .

Сформована база правил у вигляді (4):

$$П_1: \text{ЯКЩО } X_2^1 \in \langle T_1 \rangle \text{ ТА } X_3^1 \in \langle T_2 \rangle, \text{ то } U_2 = a_1 \cdot X_2^1 + a_1 \cdot X_3^1 \quad (4)$$



де  $a_1, a_1$  – числові коефіцієнти моделі, які ідентифіковані на основі статистичних даних.

В якості алгоритму нечіткого виведення обраний алгоритм Сугено з дефазифікацією методом зваженого середнього.

У *третьому розділі* досліджено особливості функціонування комерційного банку як складної системи.

З метою врахування цілей комерційного банку при інтелектуальному управлінні розроблена модель у вигляді ієрархічної структури цілей комерційного банку, яка відображає основну мету функціонування системи з декомпозицією на цілі короткострокового та довгострокового періодів, а також критерії оцінки їх досягнення (рисунок 2).

Метою функціонування банку є підвищення довгострокової акціонерної вартості через задоволення потреб клієнта шляхом надання якісних послуг. Саме ця мета обґрунтовує цілісну сукупність управлінських рішень, спрямованих на підвищення ефективності діяльності банку, дозволяє оцінити механізм впливу на результати діяльності банку та результативність їх використання.

Для досягнення короткострокових і довгострокових цілей банку сформульовані критерії, що представляють коефіцієнти і показники банківської діяльності, а саме: коефіцієнти достатності капіталу і покриття позичкової заборгованості; показник капіталізації, коефіцієнт відношення кредитів до депозитів; приріст прибутку, рентабельність; показник якості, процентна маржа; процент неповернення кредитів, ліквідність.

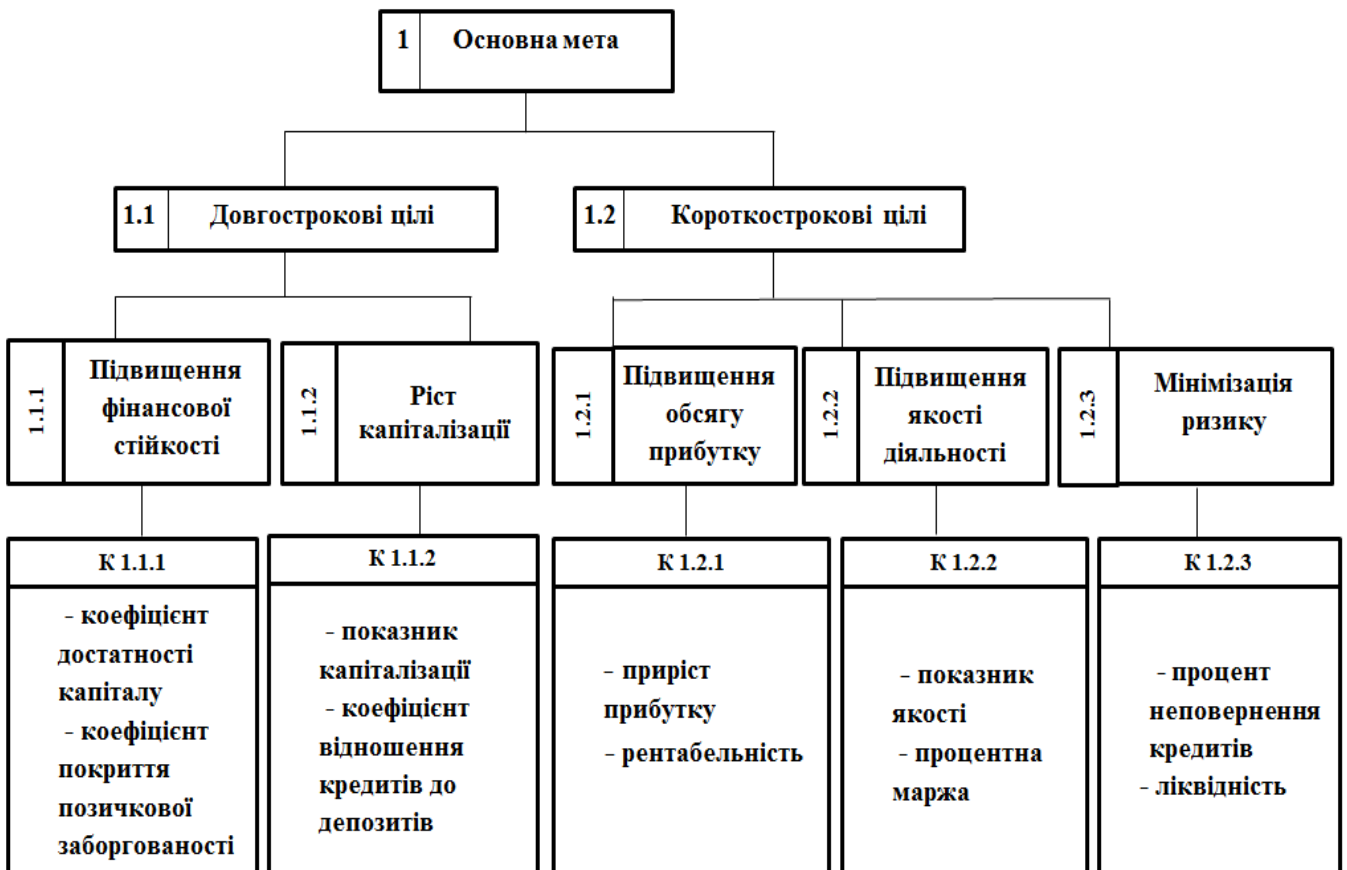


Рисунок 2 – Модель цілей комерційного банку

Математична модель комерційного банку побудована за допомогою методу системної динаміки, кроком моделювання є один рік (5).

$$\begin{cases} Y_1^2 = \int_{t_0}^t Y_4^2 dt \\ Y_2^2(t) = X_1^2(t) \cdot (c + U_2(t)) / 100 \\ Y_3^2(t) = X_2^2(t) \cdot \frac{(d + X_1^1(t))}{100} + X_3^2(t) \\ Y_4^2(t) = Y_2^2(t) - Y_3^2(t) \end{cases} \quad (5)$$

де  $c$  – процент за обслуговування кредиту, %;  $d$  – процент за обслуговування депозиту, %.

Функціональні залежності для обсягу кредитування, депозитів та адміністративних витрат визначаються виходячи зі статистики досліджуваного комерційного банку. Показник якості визначається в результаті застосування нечіткої моделі та здійснює керуючий вплив на модель.

Для інтелектуального управління розроблена база знань на основі правил управління якісними показниками банку, визначені функції належності змінних, а також налаштовані їх параметри з метою підвищення адекватності моделі. Розроблено чотири нечіткі системи  $Y_1^3=f_1(X_1^3, X_2^3, X_3^3)$ ,  $Y_2^3=f_2(X_4^3, X_5^3, X_6^3)$ ,  $Y_3^3=f_3(X_7^3, X_8^3, X_9^3)$ ,  $U_1=f_4(Y_1^3, Y_2^3, Y_3^3)$ .

В таблиці 1 наведено інформацію про назви лінгвістичних змінних та універсуми (області визначення), на яких задаються лінгвістичні змінні.

Таблиця 1 – Лінгвістичні змінні моделі

Назва лінгвістичної змінної	Універсум
$U_1$ – «показник якості банківської діяльності»	[0,100]
$Y_1^3$ – «якість банківських послуг»	[0,30]
$Y_2^3$ – «якість обслуговування»	[0,30]
$Y_3^3$ – «якість банківських інформаційних технологій»	[0,30]
$X_1^3$ – «асортимент банківських послуг»	[10,100]
$X_2^3$ – «ексклюзивність банківських послуг»	[0,10]
$X_3^3$ – «вартість банківських послуг»	[0,5]
$X_4^3$ – «кваліфікація персоналу банку»	[1,10]
$X_5^3$ – «тривалість фінансових відносин з клієнтом»	[2,20]
$X_6^3$ – «розгалуженість філіальної мережі»	[1,10]
$X_7^3$ – «технологічність банківських інформаційних технологій»	[0,10]
$X_8^3$ – «зручність експлуатації банківських інформаційних технологій»	[0,10]
$X_9^3$ – «функціональні можливості банківських інформаційних технологій»	[0,10]

Нечітка модель управління представлена у вигляді ієрархічного дерева, що дозволяє невеликою кількістю нечітких правил описати причинно-наслідкові зв'язки між змінними (рисунок 3).

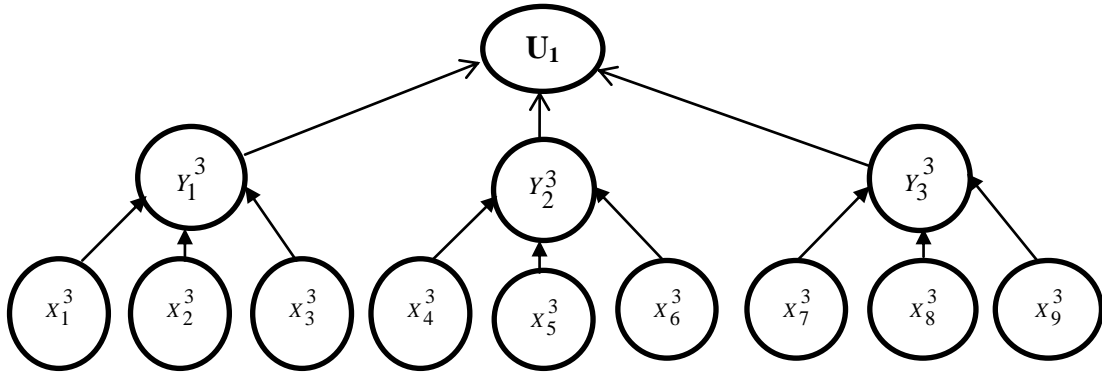


Рисунок 3 – Ієрархічна модель нечіткого логічного виведення управління якісними показниками комерційного банку

В якості терм-множини входних та вихідних лінгвістичних змінних використовується множина  $T = \{\text{«низьке»}, \text{«середнє»}, \text{«високе»}\}$  або  $T = \{\text{«Н»}, \text{«С»}, \text{«В»}\}$ . Функції належності для входних змінних побудовані з використанням методу статистичної обробки експертної інформації, а для вихідних змінних – на основі методу парних порівнянь.

Для підвищення адекватності моделі були налаштовані вид і параметри функцій належності термів за допомогою навчальної вибірки.

Математична постановка задачі навчання нечіткої моделі:

$P$  – вектор параметрів функцій належності термів входних та вихідних змінних;

$Y_r^3 = (y_{r1}^3, y_{r2}^3, y_{r3}^3)$ ,  $r=1 \dots m$ ,  $m=58$  – вектор значень входних змінних моделі;

$U_1(P, Y_r^3)$  – значення показника якості банківської діяльності в результаті застосування нечіткої моделі з параметрами  $P$  при значеннях входів  $Y_r^3$ ;

$U_r$  – значення показника якості навчальної вибірки,  $r=1 \dots m$ ,  $m=58$ .

Необхідно налаштувати параметри моделі таким чином, щоб виконувалась умова (6):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{r=1}^m (U_r - U_1(P, X_r))^2} \rightarrow \min \quad (6)$$

Досліджено результати застосування моделі при гауссовій (7) та кусково-лінійних функціях належності (8, 9):

$$\mu(x) = \exp\left(-\frac{(x-b)^2}{2c^2}\right) \quad (7)$$

де  $b$  – координата максимуму;  $c$  – коефіцієнт концентрації;  $x$  – число, для якого необхідно визначити ступінь приналежності  $\mu$  нечіткому терму.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (8)$$

де  $a, c$  – чисельні параметри, які характеризують основу трикутника;  $b$  – чисельний параметр, який характеризує вершину трикутника;  $x$  – число, для якого необхідно визначити ступінь приналежності  $\mu$  нечіткому терму.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (9)$$

де  $a, d$  – чисельні параметри, які характеризують нижню основу трапеції;  $b, c$  – чисельні параметри, які характеризують верхню основу трапеції.

$a \leq b \leq c \leq d, \{a, b, c, d\} \in X = \{x_i\}$ , де  $x_i$  – універсум, на якому задається  $i$ -та лінгвістична змінна  $i = \overline{1, 13}$ .

Результати оцінки точності розробленої нечіткої моделі при розглянутих функціях приналежності представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати оцінки точності нечіткої моделі

Вид функції належності	Кількість корегуємих параметрів	RMSE /номер випробовування		
		RMSE / 1	RMSE / 2	RMSE / 3
Гауссова	18	22,67	14,93	7,36
Лінійно-кускова	44	18,77	14,69	6,14

В результаті налаштування точності моделі обрані трикутна і трапецієвидна кусково-лінійні функції належності.

Для розробки бази знань використані експериментальні дані та експертна інформація. Сформовано базу з 18 правил – для нечітких моделей  $Y_1^3 = f_1(X_1^3, X_2^3, X_3^3)$ ,  $Y_2^3 = f_2(X_4^3, X_5^3, X_6^3)$ ,  $U_1 = f_4(Y_1^3, Y_2^3, Y_3^3)$ , та 13 правил – для нечіткої моделі  $Y_3^3 = f_3(X_7^3, X_8^3, X_9^3)$ . Правило в базі знань для нечіткої моделі  $Y_1^3 = f_1(X_1^3, X_2^3, X_3^3)$  представлене у вигляді (10):

$$П_1: \text{ЯКЩО } X_1^3 \in \langle \text{В} \rangle \text{ ТА } X_2^3 \in \langle \text{С} \rangle \text{ ТА } X_3^3 \in \langle \text{Н} \rangle, \text{ то } Y_1^3 \in \langle \text{В} \rangle \quad (10)$$

Аналогічно сформовані правила для нечітких моделей  $Y_2^3=f_2(X_4^3, X_5^3, X_6^3)$ ,  $U_1=f_4(Y_1^3, Y_2^3, Y_3^3)$ ,  $Y_3^3=f_3(X_7^3, X_8^3, X_9^3)$ .

Елементи антецедентів нечітких правил пов'язані логічною операцією «ТА», вагові коефіцієнти кожного з правил дорівнюють одиниці, так як сформовані правила однаково важливі для логічного виведення, що підтвердила точність розробленої моделі.

Нечітке виведення здійснене з використанням алгоритму Мамдані з застосуванням  $\min$ -активізації висновків в нечітких правилах продукцій та методу центра тяжіння для дефазифікації вихідних змінних.

Спроектована інтелектуальна система управління банківською діяльністю, розроблена її структура (рисунок 4). Розроблена система спрямована на вирішення наступних завдань: планування – встановлення таких розмірів процентної ставки та показників якості банківських послуг, які сприятимуть більш ефективному використанню наявних фінансових ресурсів; контролю – виявлення відхилень від мети і встановлення їх причин; аналізу – розрахунок основних показників діяльності банку, дослідження їх динаміки; прогнозування – виявлення тенденції розвитку комерційного банку в існуючому банківському середовищі і використання отриманого прогнозу як засіб вдосконалення поточної діяльності; стратегічного управління – розробка і реалізація дій, спрямованих на довгострокове підвищення рівня результативності діяльності на фінансовому ринку.

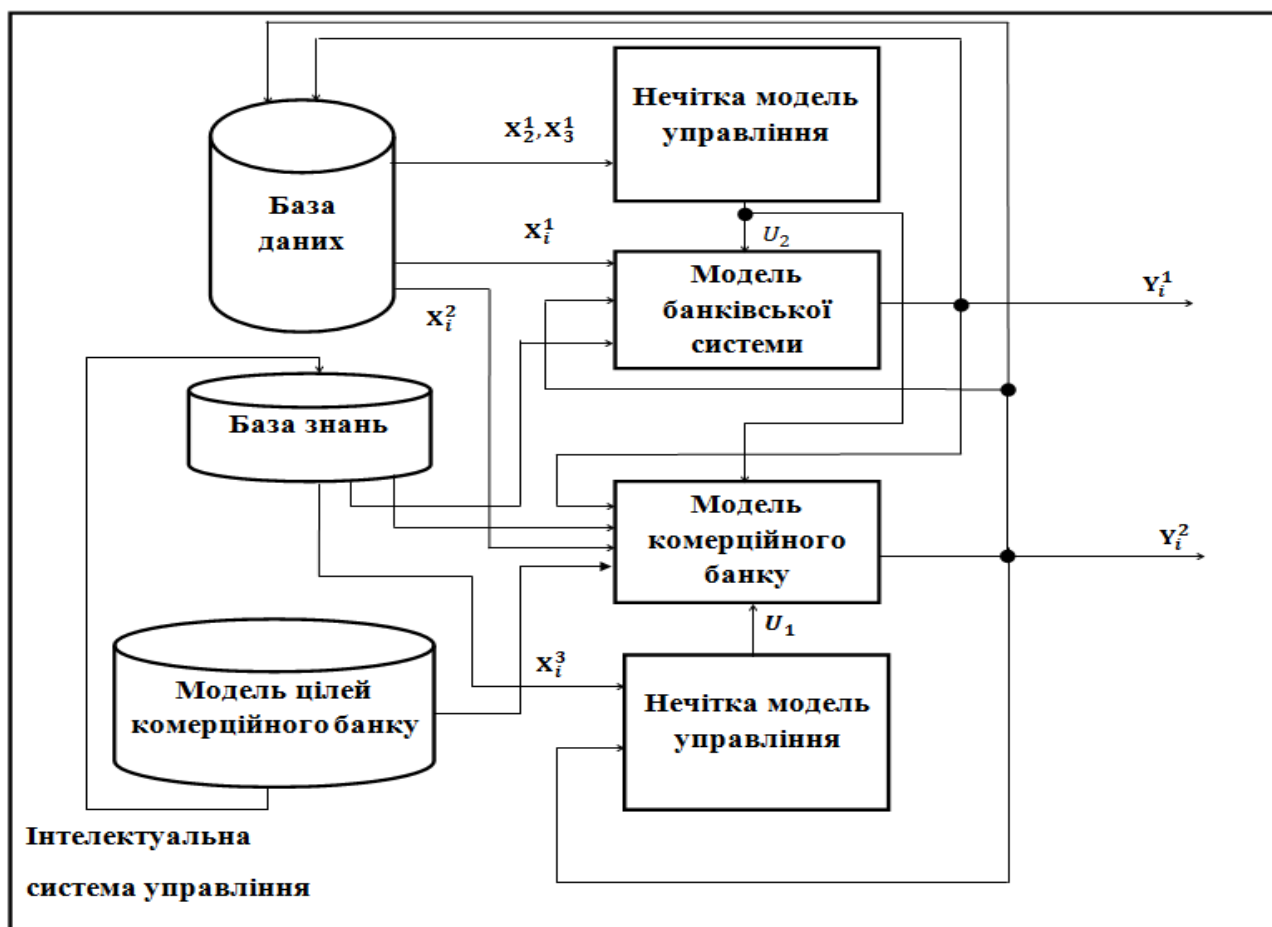


Рисунок 4 – Інтелектуальна система управління банківською діяльністю

Розроблена інтелектуальна система підтримки прийняття рішення для управління банківської діяльності працює в двох режимах: а) як інструмент прогнозування; б) як інструмент оцінки досягнення поставлених цілей. На рисунку 5 представлений алгоритм режиму прогнозування.

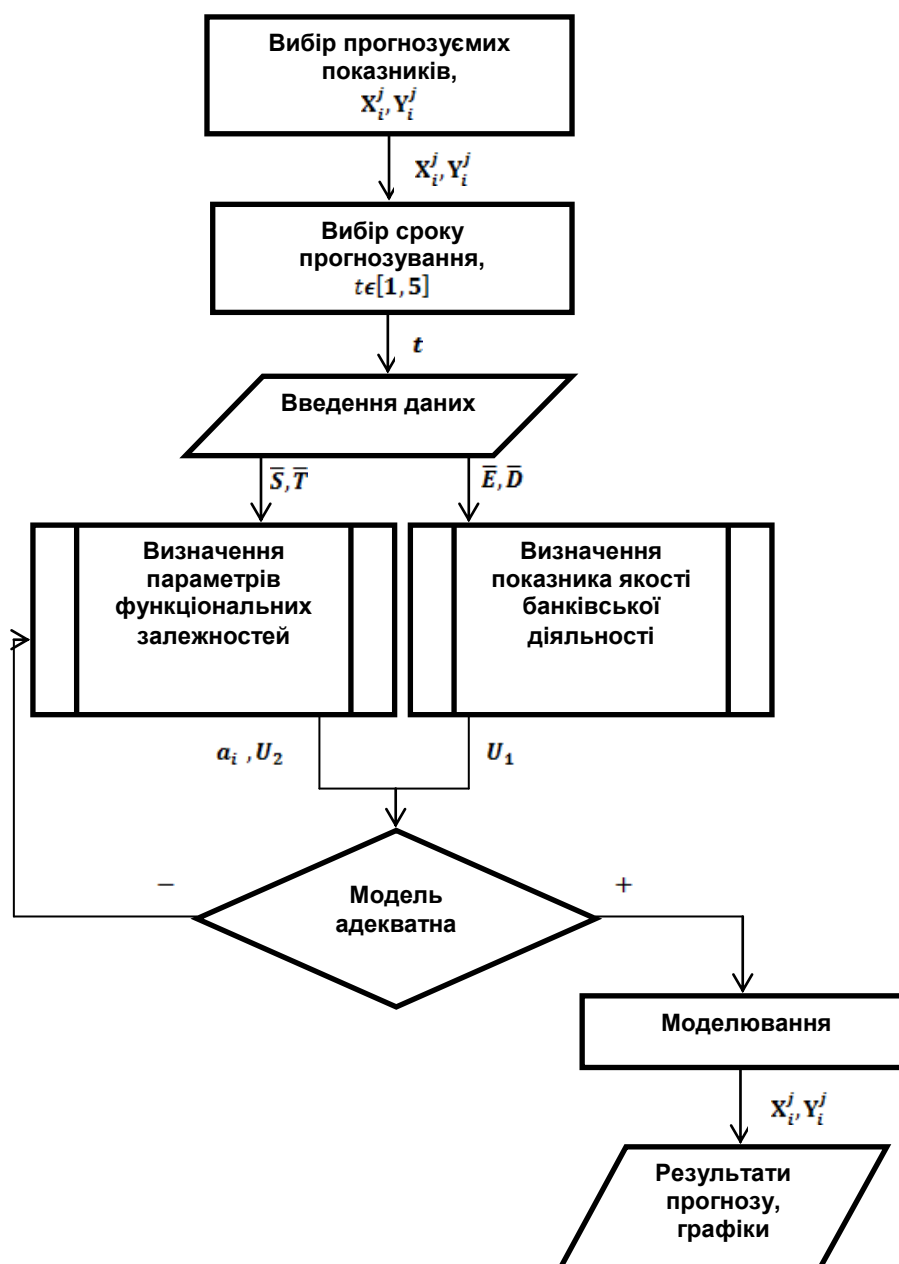


Рисунок 5 – Алгоритм роботи ІСППР в режимі прогнозування

$\bar{S}$  – статистичні дані НБУ (Національного банку України), WBG (Група Всесвітнього банку);  $\bar{T}$  – статистичні показники комерційного банку;  $\bar{E}$  – експертні оцінки;  $\bar{D}$  – експериментальні дані;  $a_i$  – параметри функціональних залежностей між змінними моделі;  $X_i^j$  – вхідні змінні моделі:  $X_i^1, i = \overline{1,9}$  – макрорівень;  $X_i^2, i = \overline{1,3}$  – мікрорівень;  $Y_i^j$  – вихідні змінні моделі:  $Y_i^1, i = \overline{1,4}$  – макрорівень;  $Y_i^2, i = \overline{1,4}$  – мікрорівень;  $U_1$  – показник якості банківської діяльності;  $U_2$  – процентна ставка за кредитами.

Впровадження розробленої ІСППР в управління банківською діяльністю дозволить знизити матеріальні, часові та трудовитрати на прийняття рішень. Здійснення процесу управління за допомогою даної системи дає можливість оцінити ефективність діяльності банківських установ шляхом оцінки досягнення поставленої мети, спрогнозувати напрями розвитку конкретного комерційного банку з урахуванням тенденцій банківської системи. Застосування методів штучного інтелекту при розробці бази знань дозволить управляти не тільки фінансовими показниками, але і якісними характеристиками банківської діяльності.

У *четвертому розділі* проведений аналіз адекватності та ефективності методів і моделей інтелектуального управління банківською діяльністю.

Досліджено ефективність застосування системи інтелектуального управління на прикладі банківської системи України, що підтвердило адекватність розроблених методів і моделей, і можливість управління фінансовими показниками банку за допомогою процентної ставки та показника якості банківської діяльності (таблиці 3,4).

Таблиця 3 – Оцінка ефективності застосування ІСППР для задач прогнозування

Показники	Fr (розрахункове значення критерію Фішера)	Fкр (критичне значення критерію Фішера)	Помилка прогнозу, %
Прогноз показників функціонування БС			
$X_7^1$	65,6	5,32	8,91
$X_4^1$	19	5,32	8,75
$Y_1^1$	11,5	5,32	8,32
Прогноз показників функціонування КБ			
$Y_4^2$	13,3	5,32	7,91

Таблиця 4 – Оцінка ефективності застосування ІСППР для задач контролю

Цілі	Критерії	Бажані значення критеріїв	Фактичні значення критеріїв	Досягнення цілі (+/-)
Довгострокові цілі				
Ріст капіталізації	Рівень капіталізації	500000	398000	-
	Коефіцієнт відношення кредитів до депозитів	[0,75; 1,7]	[1,4; 1,7]	+
Короткострокові цілі				
Підвищення обсягу прибутку	Рентабельність, %	>2	[0,15; 1]	-
Підвищення якості послуг	Показник якості	>70	83	+
	Процентна маржа, %	[5,10]	[5,16]	+

Для оцінки системи управління в моделі розглянуті 3 ситуації надання керуючого впливу за допомогою процентної ставки та показника якості: 1) підвищення процентної ставки, зниження якості обслуговування; 2) підвищення процентної ставки, підвищення якості обслуговування; 3) зниження процентної ставки, підвищення якості обслуговування. Аналіз показав, що у першому та третьому випадках спостерігається тенденція до зменшення прибутку на кінець прогнозованого періоду.

Випадок (2) рекомендується для банку з трьох розглянутих при розробці стратегії на 5 років, так як підвищення якості обслуговування призведе до збільшення кількості клієнтів, обсягу кредитування і доходів, внаслідок чого банку вдається збільшити показник прибутку та підвищити ефективність управління фінансовими та якісними показниками на кінець періоду моделювання на 18,15% та в середньому за 5 років на 9,04%. Фінансові результати поточної діяльності банку (графік кривої зображений безперервною лінією) та фінансові результати за рахунок застосування розроблених методів і моделей (графік кривої зображений штрихованою лінією) представлені на рисунках 6-7.

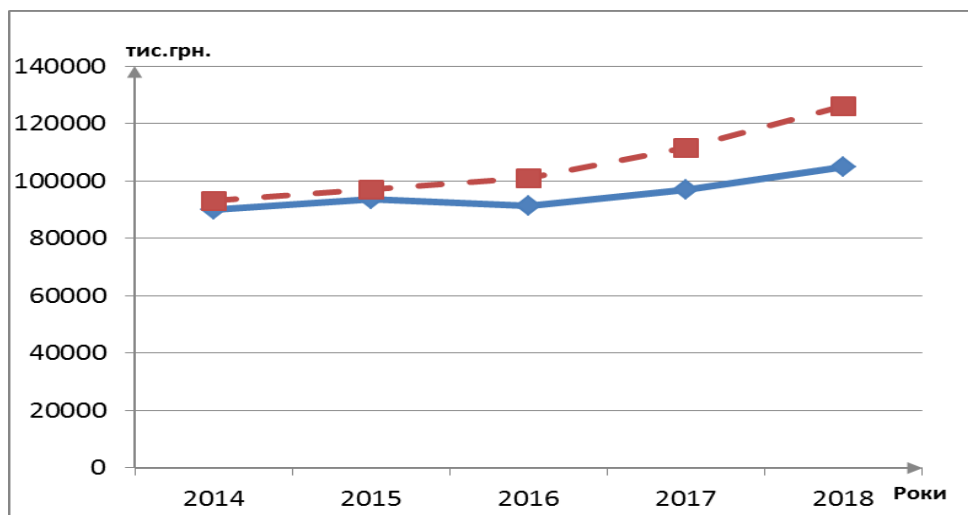


Рисунок 6 – Результати моделювання ( $Y_4^2$  – прибуток КБ)

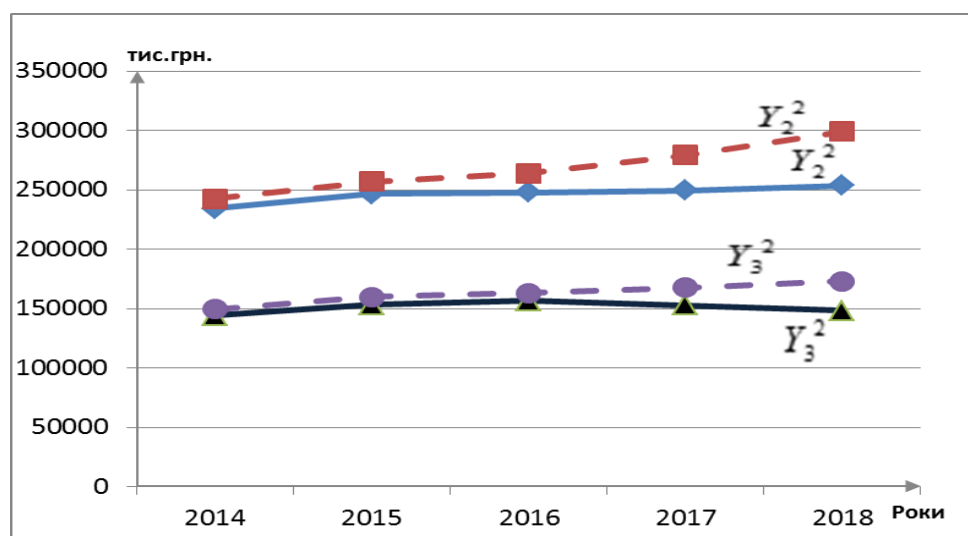


Рисунок 7 – Результати моделювання ( $Y_2^2$  – доходи КБ,  $Y_3^2$  – витрати КБ)



У *додатках* наведено акти впровадження теоретичних і практичних результатів дисертаційної роботи, база правил нечіткої моделі, екранні форми нечіткого логічного виведення в Matlab та динамічної моделі в Powersim.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі вирішена актуальна наукова задача, яка полягає в розробці методів і моделей управління банком як складної системою за допомогою нечіткої логіки, що забезпечує удосконалення системи інтелектуального управління банківською діяльністю та підвищення ефективності банківських процесів.

Основні результати дисертаційної роботи.

1. В результаті аналізу систем управління банківською діяльністю виявлена необхідність врахування не тільки кількісних, але й якісних показників, що можливо здійснити тільки з залученням методів штучного інтелекту.

2. Розроблено концептуальну модель управління банком шляхом виділення макрорівня, що враховує закономірності розвитку банківської системи за допомогою індексу кредитування приватного сектору та індексу настроїв в економіці, і мікрорівня, який враховує особливості функціонування конкретного комерційного банку, що дозволяє використовувати її як основу для визначення функціональних залежностей між факторами та побудови інтелектуальної системи управління банківською діяльністю.

3. Розроблена модель цілей комерційного банку у вигляді ієрархічної структури, яка відображає основну мету функціонування з декомпозицією на цілі короткострокового та довгострокового періодів із визначенням критеріїв їх досягнень, що покращує точність аналізу і прогнозування діяльності банку.

4. Розроблено базу знань інтелектуальної системи управління і математичні моделі банківської діяльності, що дало змогу поєднати традиційні моделі і моделі на засадах штучного інтелекту і за рахунок чого підвищити ефективність управління банківськими процесами на 18,15 %.

5. Розроблені нечіткі моделі управління фінансовими показниками банківської діяльності із застосуванням алгоритму нечіткого виведення на макрорівні та мікрорівні, що дозволило реалізувати комплексний підхід до прийняття рішень.

6. Ефективність розроблених методів і моделей досліджені на прикладі комерційного банку ПАТ КБ ПриватБанк, що підтвердило їх адекватність та практичну цінність.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в робочі процеси ПАТ КБ ПриватБанк, ПАТ Укрсиббанк та в навчальний процес ДВНЗ «Донецький національний технічний університет».

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### *Статті у наукових фахових виданнях*

1. Замула А. А. Моделирование деятельности банковской системы на макроуровне / А. А. Замула // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 6. – С. 47-52.

2. Замула А. А. Нечеткая модель управления качеством банковских услуг / А. А. Замула // Искусственный интеллект. – 2012. – № 2. – С. 89-94.

3. Шевченко А. И. Об одном подходе при моделировании сложных систем / А. И. Шевченко, А. С. Миненко, А. А. Замула // Доповіди Національної академії наук України. – 2012. – № 10. – С. 40-43.

4. Замула А. А. Системный анализ и формализация деятельности коммерческого банка / А. А. Замула // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6. – С. 18-21.

5. Замула А. А. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления банковской деятельностью / А. А. Замула // Искусственный интеллект. – 2013. – № 1. – С.117-122.

6. Замула А. А. Модель интеллектуального управления банковской деятельностью / А. А. Замула // Искусственный интеллект. – 2013. – № 2. – С.52-57.

*Тези наукових доповідей та статті у закордонних та не фахових журналах*

7. Замула А. А. Система управления банковской деятельностью с применением средств искусственного интеллекта / А. А. Замула // Онтология проектирования. – 2013. – № 3. – С. 87-93.

8. Замула А. А. Концептуальная модель интеллектуального управления банковской деятельностью / А. А. Замула // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2011. – № 6. – С. 216-219.

9. Замула А. А. Нейросети как средство анализа и прогнозирования банковской деятельности / А. А. Замула // Международная научно-практическая конференция «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2009». – Одесса, 2009. – Т. 8 – С. 14-15.

10. Замула А. А. Оценка надежности коммерческих банков средствами статистического моделирования / А. А. Замула // III Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів, студентів «Сучасна інформаційна Україна: інформатика, економіка, філософія». – Донецьк, 2009. – Т. 2. – С. 235-239.

11. Замула А. А. Моделирование банковской деятельности / А. А. Замула // I Міжнародна науково-методична конференція «Математичні методи, моделі та інформаційні технології». – Чернівці, 2009. – С. 150-152.

12. Замула А. А. Оценка надежности банков средствами экономико-математического моделирования / А. А. Замула // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Проблеми реалізації науково-творчого потенціалу молоді: пошуки, перспективи». – Павлоград, 2009. – С. 92-94.

13. Замула А. О. Застосування систем та засобів штучного інтелекту при моделюванні банківської діяльності / А. О. Замула // IV Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Моделювання та прогнозування економічних процесів». – Київ, 2010. – С. 156-158.

14. Замула А. О. Нечітке моделювання в оцінці якості банківських інформаційних технологій / А. О. Замула // V Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів, студентів «Сучасна інформаційна Україна: інформатика, економіка, філософія». – Донецьк, 2011. – С. 184-188.

15. Замула А. О. Використання інструментарію нечіткої логіки при

моделюванні банківської діяльності / А. О. Замула // I Міжнародна науково-технічна конференція «Обчислювальний інтелект». – Черкаси, 2011. – С. 168-169.

16. Замула А. А. Построение нечеткой модели управления качеством банковских услуг / А. А. Замула // VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів, студентів «Сучасна інформаційна Україна: інформатика, економіка, філософія». – Донецьк, 2012. – С. 248-252.

17. Замула А. О. Розробка моделі інтелектуального управління банківською діяльністю / А. О. Замула // Матеріали міжнародної наукової молодіжної школи «Системи та засоби штучного інтелекту». – Кацивелі, АР Крим, 2012. – С. 28-29.

18. Замула А. А. Оценка системы поддержки принятия решений как инструмента прогнозирования / А. А. Замула // IV Международная научно-техническая конференция «Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг». – Донецк, 2013. – С. 729-732.

19. Замула А. А. Структура интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления банковской деятельностью / А. А. Замула // Международная научная конференция «Вопросы оптимизации вычислений». – Кацивели, АР Крым, 2013. – С. 99-100.

## АНОТАЦІЯ

Замула А. О. Методи та моделі інтелектуального управління банківською діяльністю. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту. – ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Міністерство освіти і науки України, Донецьк, 2014.

Роботу присвячено вирішенню наукової задачі, яка полягає в розробці методів і моделей інтелектуального управління банківською діяльністю для підвищення ефективності керування фінансовими та якісними показниками банку.

Розроблено модель інтелектуального управління банківською діяльністю, що включає системно-динамічну модель банківської системи на макрорівні та динамічну модель функціонування комерційного банку на мікрорівні, які враховують якісні, кількісні та фінансові показники, що дозволяє вирішити завдання управління, аналізу та прогнозування діяльності банківської системи та комерційного банку.

Удосконалено систему інтелектуального управління банківською діяльністю за рахунок введення додаткових факторів і інтелектуальних моделей керування на їх основі, що дозволяє покращити фінансові результати банку та чисельно оцінити ефект від прийнятого рішення при виборі напрямку розвитку банку.

Розроблені нечіткі моделі управління фінансовими показниками банківської діяльності із застосуванням алгоритму нечіткого виведення на макрорівні та мікрорівні, що дозволило реалізувати комплексний підхід до прийняття рішень.

*Ключові слова:* складна система, банк, нечітка логіка, інтелектуальна система управління, системна динаміка, моделювання.

## АННОТАЦИЯ

Замула А. А. Методы и модели интеллектуального управления банковской деятельностью. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.23 – системы и средства искусственного интеллекта. – ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Министерство образования и науки Украины, Донецк, 2014.

Работа посвящена решению научной задачи, которая заключается в разработке методов и моделей интеллектуального управления банковской деятельностью с целью повышения эффективности управления финансовыми и качественными показателями банка.

Разработана модель интеллектуального управления, включающая системно-динамическую модель банковской системы на макроуровне и динамическую модель функционирования коммерческого банка на микроуровне, которые учитывают качественные, количественные и финансовые показатели, что позволяет решить задачу управления, анализа и прогнозирования деятельности банковской системы и коммерческого банка.

Разработана модель целей коммерческого банка в виде иерархической структуры, которая отражает основную цель функционирования с декомпозицией на цели краткосрочного и долгосрочного периодов с определением критериев их достижения, улучшает точность анализа и прогнозирования деятельности банка.

Выявлены функциональные закономерности развития банковской системы, которые имеют нелинейный характер, а также вид уравнений, описывающих зависимости между выделенными факторами с целью включения полученных результатов в математическую модель.

Разработана база знаний на основе нечетких правил для построения модели управления качественными показателями банковской деятельности, определены функции принадлежности переменных, а также настроены их параметры с целью повышения адекватности модели.

Построена математическая модель интеллектуального управления банковской деятельностью, которая включает в себя системно-динамическую модель развития банковской системы государства на макроуровне, и модель функционирования коммерческого банка на микроуровне, учитывающую финансовые и качественные банковские показатели.

Усовершенствована система интеллектуального управления банковской деятельностью за счет введения дополнительных факторов и разработки интеллектуальных моделей управления на их основе, что позволяет улучшить финансовые результаты банка и численно оценить эффект от принятого решения при выборе направления развития банка.

Разработаны нечеткие модели управления финансовыми показателями банковской деятельности с применением алгоритма нечеткого вывода на макроуровне и микроуровне, что позволило реализовать комплексный подход к принятию решений.

Исследована эффективность применения системы интеллектуального

управления на примере банковской системы Украины, что подтвердило адекватность разработанных методов и моделей, и возможность управления финансовыми показателями банка с помощью процентной ставки и показателя качества банковской деятельности.

Разработанная система интеллектуального управления банковской деятельностью может использоваться как отдельно коммерческими банками для управления, прогнозирования дальнейшего развития и как средство совершенствования текущей деятельности, так и на уровне государственного регулирования, позволяя выявить основные тенденции банковского развития и предупредить кризисные явления. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы в учебном процессе, поскольку представляют новый подход к управлению сложными системами, основанный на применении методов математического моделирования, искусственного интеллекта, принципов системной динамики.

*Ключевые слова:* сложная система, банк, нечеткая логика, интеллектуальная система управления, системная динамика, моделирование.

## ABSTRACT

Zamula A. A. Methods and models of intelligent management of bank activity. – Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.23 – systems and artificial intelligence aids. – Donetsk National Technical University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Donetsk, 2014.

The work is devoted to the solution of the scientific task, which consists in the development of methods and models of bank intelligent management of bank activity for improvement qualitative and financial factors control efficiency.

The intelligent management model, including system-dynamic model of the banking system at the macro level and the dynamic model of commercial banks at the micro level, taking into account the qualitative, quantitative and financial factors, which can solve the task of managing, analyzing and forecasting the banking system and commercial banks activities, is built.

The system of intelligent control banking is improved by introducing additional factors and intelligent control model based on them, thereby improving the bank financial results and numerically evaluate the effect of the decision in choosing the direction of the bank.

The financial performance control models of banking activities with fuzzy logic usage at the macro and micro levels, which allowed to implement an integrated approach to decision making, are developed.

*Keywords:* complex system, bank, fuzzy logic, intelligent management system, system dynamics, modeling.

