

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ГОЛОВКО ВІТАЛІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ



УДК 338.26

**МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ
НЕЧІТКОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ФІНАНСОВОГО
СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Раскін Лев Григорович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
завідувач кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Федорович Олег Євгенович,
Національний аерокосмічний університет
ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний
інститут», завідувач кафедри інформаційних
управляючих систем

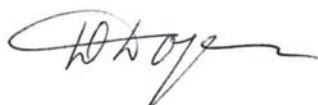
доктор технічних наук, професор
Нефьодов Леонід Іванович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, завідувач кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Захист відбудеться «07» липня 2016 р. о 15³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий «02» червня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Дорофеев Ю. И.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах фінансової та політичної нестабільності особливо актуальною стає задача своєчасного виявлення загрози та попередження банкрутства підприємств у процедурах оцінки кредитоспроможності позичальників у фінансових установах. Разом з тим динамічний розвиток комп'ютерної техніки, інтелектуалізація інформаційних технологій обробки статистичної інформації ініціюють доцільність вдосконалення традиційних методів ідентифікації фінансового стану підприємства. Першочергово це стосується того, що у технології реалізації традиційних методів діагностики відсутня точна відповідність між набором значень контрольованих параметрів та фінансовим станом підприємства.

Створення інформаційної технології діагностики фінансового стану підприємства полягає у розробці методів аналізу об'єктивних показників ефективності функціонування підприємства, які адекватно відображають рівень його фінансового стану, а також у побудові експертної системи прийняття рішень на базі цих методів. При цьому необхідно мати на увазі, що дані, які пред'являються підприємством для аналізу, не завжди абсолютно об'єктивно відображають істинне положення речей та містять неточності, які не цілком коректно можна кваліфікувати як випадкові величини (так як закон їх розподілу відсутній). Таким чином, задача оцінювання ризику банкрутства повинна вирішуватися в умовах невизначеності. Проблема ідентифікації фінансового стану підприємства визначена у працях Е. Альтмана, Р. Таффлера, А. Сандіна, М. Порторато, Б. Прусака, А. В. Матвійчука та інших.

Використання сучасних інформаційних технологій та методів обробки даних, що постійно вдосконалюються, дозволяють оперативно аналізувати поточний фінансовий стан підприємств та враховувати значну кількість контрольованих параметрів, обробляти великі масиви даних статистичної звітності та сприяти розробленню більш складної багаторівневої процедури оцінки фінансового стану підприємства для більш точного врахування усіх факторів, що обумовлюють появу невизначеності при оцінці фінансового стану підприємства.

Таким чином, побудова моделей, методів та інформаційних технологій розробки нечіткої експертної системи діагностики фінансового стану підприємства є актуальною науково-практичною задачею, яка визначає напрямок досліджень дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «ХПІ» відповідно до плану держбюджетної НДР МОН України «Розробка математичних моделей і методів розв'язання задач керування виробництвом у нечітких умовах» (ДР № 0106U005166), а також договором про творчу співпрацю з АТ «Укресімбанк» (м. Харків) за темою: «Моделі, методи та інформаційні технології розробки нечіткої експертної системи діагностики фінансового стану підприємства», у яких здобувач був виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення точності діагностування за рахунок розробки інформаційної технології оцінки фінансового стану підприємства на основі методів його ідентифікації та застосуванні експертної

системи обробки інформації в умовах нечітких даних.

Для досягнення цієї мети поставлені завдання:

- провести аналіз традиційних методів ідентифікації фінансового стану підприємства, що використовують систему контрольованих фінансових показників;
- удосконалити методи багатовимірного дискримінантного, кластерного та регресійного аналізів для нечітких вихідних даних;
- розробити діагностичну експертну систему обробки інформації для нечітких вихідних даних з метою ідентифікації фінансового стану підприємства;
- розробити методи прогнозування часового ряду, який задає динаміку контрольованих фінансових показників підприємства;
- на базі розроблених моделей і підходів побудувати інформаційну технологію діагностування фінансового стану підприємства;
- впровадити результати дослідження в практику аналізу фінансового стану підприємств в банківських та інших фінансових установах.

Об'єкт дослідження – процес діагностики фінансового стану підприємства.

Предмет дослідження – моделі, методи та інформаційні технології діагностики фінансового стану підприємства в умовах нечітких даних.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи використані основні сучасні статистичні теорії обробки даних, що застосовуються у побудові методів багатовимірного дискримінантного, кластерного та регресійного аналізу для нечітких вихідних даних; основні положення теорії нечітких множин при побудові діагностичної експертної системи обробки інформації; теорії випадкових процесів для побудови методів прогнозування корельованої малої вибірки нечітких вихідних даних і вейвлет-моделі часового ряду.

Наукова новизна отриманих результатів складається в розробці прикладної інформаційної технології та математичних методів ідентифікації фінансового стану підприємства, які засновано на використанні діагностичної експертної системи обробки інформації в умовах нечітких вихідних даних.

Вперше розроблені:

- метод ідентифікації фінансового стану підприємства, який, на відміну від традиційних, заснований на застосуванні непродукційної експертної системи для розрахунку значень функцій приналежності нечітких контрольованих параметрів та регресійного механізму логічного виведення, що дозволяє враховувати велику кількість контрольованих параметрів та стати підґрунтям розробки інформаційної технології діагностування фінансового стану підприємства;
- метод прогнозування часового ряду, заданого його вейвлет-моделлю, в якому, на відміну від традиційних технологій, прогнозується поведінка не самих відліків ряду, а значно більш гладка динаміка коефіцієнтів розкладання ряду за базисними функціями, що дозволяє підвищити точність прогнозу.

Удосконалені:

- метод багатовимірного дискримінантного аналізу, який на базі використання моделей нечітких вихідних даних, дозволяє отримати більш адекватну оцінку стану за рахунок зняття традиційно застосовуваного припущення про нормальність розподілу помилок оцінювання значень параметрів;
- метод кластерного аналізу, шляхом використання моделей нечітких

вихідних даних, дозволяє спростити процедуру кластеризації за рахунок використання тільки інформації про нечіткі значення контрольованих параметрів, заданих функціями приналежності;

Отримали подальший розвиток:

– метод регресійного аналізу, шляхом використання моделей нечітких вихідних даних, що дозволяє здійснити оцінювання коефіцієнтів рівняння регресії при малій вибірці вихідних даних на основі методу попарних порівнянь показників;

– метод прогнозування корельованого часового ряду, який по малій вибірці вихідних даних відновлює кореляційну функцію, що дозволяє поліпшити точність оцінки стану за рахунок використання кореляційної функції.

Практичне значення отриманих результатів для економіки підприємств полягає у створенні науково-методичної бази та інформаційної технології ідентифікації фінансового стану підприємства для вдосконалення існуючих у фінансових установах процедур і технологій оцінки фінансового стану позичальників (у т. ч. ранньої діагностики їх банкрутства). На базі розробленої технології вдосконалено процедуру оцінки кредитоспроможності позичальників у АТ «Укресімбанк» (м. Харків). Результати розрахунків за запропонованою інформаційною технологією, що була інтегрована у програмний комплекс оцінки кредитоспроможності позичальників «Exim-Client», показали більш раннє виявлення погіршення фінансового стану позичальників у порівнянні із існуючою у банку технологією. Шляхом проведення порівняльних тестів точність діагностування погіршення фінансового стану підприємства, що призводить до неприйнятності позичальника для банку, при використанні нової технології зросла на 27,2%. Розширено функціональні можливості процедури оцінки кредитоспроможності позичальників за рахунок реалізації опції, що дозволяє здійснювати прогнозування фінансового стану на базі розроблених методів та технологій. Запропоновану технологію оцінки фінансового стану впроваджено в АТ «Укресімбанк» для запобігання збільшення проблемної заборгованості у кредитному портфелі банку за рахунок підвищення гнучкості та точності процедури діагностики фінансового стану позичальників установи.

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «ХПІ» при підготовці лекцій та лабораторного практикуму курсів «Математичні методи дослідження операцій» та «Моделювання економічних ризиків» для студентів спеціальностей 8.050201 «Менеджмент організацій» та 8.050102 «Економічна кібернетика».

Особистий внесок здобувача. Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: досліджено традиційні методи комп'ютерної обробки даних, що використовуються в задачах ідентифікації фінансового стану підприємства та сформульовано пропозиції щодо вдосконалення методів багатовимірного, кластерного та регресійного аналізу в умовах нечітких вихідних даних; запропоновано методи прогнозування корельованого часового ряду по малій вибірці вихідних даних, а також ряду, заданого вейвлет-апроксимацією; проаналізовано системи підтримки прийняття рішень, що використовуються фінансових установах, та запропоновано інформаційну технологію ідентифікації фінансового стану підприємства на основі

використання нечіткої діагностичної експертної системи обробки інформації; з використанням розробленої інформаційної технології здійснено обробку фінансової звітності підприємств та проведено узагальнення результатів; прийнято участь у її тестуванні та впровадженні.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на: XXI, XXII, XXIII Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», (м. Харків, 2013, 2014, 2015 р.); IV Міжнародній науково-методичній конференції «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід», (м. Тернопіль, 2013 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Комп'ютерні науки: освіта, наука, практика» (м. Миколаїв, 2014 р.).

Публікації. Основний зміст дисертації відображено у 14 наукових публікаціях, з них: 6 статей у наукових фахових виданнях України (6 – у міжнародних наукометричних базах), 1 – у закордонному періодичному фаховому виданні, 7 – в матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг складає 185 сторінок, з них 19 рисунків за текстом; 2 таблиці за текстом, 1 таблиця на 1 сторінці; список використаних джерел із 175 найменувань на 14 сторінках; 3 додатки на 19 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено науково-прикладну задачу, показано зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Сформульовано мету та основні задачі досліджень, охарактеризовано основні наукові та практичні результати.

Перший розділ присвячено аналізу застосування моделей, методів та інформаційних технологій в задачах оцінки фінансового стану підприємства. Систематизовано основні методи комп'ютерної обробки даних статистичної звітності підприємств, а саме: метод багатовимірного дискримінантного аналізу, який застосовано у випадку, коли множина можливих станів двоальтернативна (підприємство банкрут чи не банкрут), методи регресійного і рангового аналізу – для випадку багатоальтернативної ситуації, розглянуто методи побудови рівняння регресії для випадків, коли вибірка вихідних даних представницька і якщо вона мала, та наведено процедуру застосування методу попарних порівнянь. Опрацьовано інформаційні технології, що ґрунтуються на застосуванні експертних систем обробки інформації в задачах діагностики фінансового стану підприємств. За результатами аналізу традиційних підходів та методів, що використовуються при побудові інформаційних технологій оцінки фінансового стану підприємства, сформульовано задачі дослідження.

У другому розділі наведено результати удосконалення традиційних технологій обробки даних, що використовуються при вирішенні задач ідентифікації фінансового стану підприємства в умовах невизначеності вихідних даних.

Задачу діагностики стану сформульовано як задачу багатовимірного

дискримінантного аналізу (БДА), котра полягає у віднесенні конкретного об'єкта w до однієї з двох сукупностей W_1 чи W_2 на основі спостереження p контрольованих параметрів x_1, x_2, \dots, x_p . Охарактеризовано технологію багатовимірною дискримінантного аналізу у ситуації, коли у результаті недостатності числа спостережень отримані вибіркові оцінки середніх значень та дисперсій контрольованих параметрів мають непрогнозовано великі помилки, а також випадок, коли гіпотезу про нормальність випадкових значень цих параметрів не може бути обґрунтовано, прийнятою чи відкинutoю. У цій ситуації доцільним є використання опису реальних вихідних даних у термінах нечіткої математики. Для опису нечітких значень контрольованих параметрів об'єктів, які належать W_1 , введено множину функцій приналежності $\{\mu_{11}(x_1), \mu_{12}(x_2), \dots, \mu_{1p}(x_p)\}$, та, відповідно, для опису значень параметрів об'єктів з W_2 – набір $(\mu_{21}(x_1), \mu_{22}(x_2), \dots, \mu_{2p}(x_p))$. Для кожної з вказаних функцій приналежності нечітких величин введено функцію $\varphi_{kj}(x_j)$ за допомогою якої розраховуються очікувані значення відповідних нечітких величин та аналоги їх дисперсій:

$$E_k[x_j] = \int_{-\infty}^{\infty} x_j \varphi_{kj}(x_j) dx_j, \quad D_k[x_j] = \int_{-\infty}^{\infty} x_j^2 \varphi_{kj}(x_j) dx_j - [E_k[x_j]]^2; \quad k=1,2; j=1,2,\dots,p,$$

після чого використано стандартну технологію БДА.

Проаналізовано випадок, коли внаслідок малості вибірки обґрунтована побудова функції приналежності параметрів неможлива тому, що вихідної інформації достатньо тільки для оцінки функцій приналежності очікуваних значень та дисперсій контрольованих параметрів $\mu_k(m_{kj}), \mu_k(\sigma_{ij}), k=1,2; i=1,2,\dots,p; j=1,2,\dots,p$. Рішення задачі ідентифікації стану отримано шляхом розв'язання системи алгебраїчних рівнянь відносно коефіцієнтів дискримінантної функції з нечітко заданими параметрами. При цьому на початку вирішується чітка система лінійних алгебраїчних рівнянь з використанням модальних значень $m_{kj}^{(0)}, \sigma_{ij}^{(0)}$ нечітких величин $m_{kj}, \sigma_{ij}, k=1,2; i=1,2,\dots,p; j=1,2,\dots,p$, яка має вигляд
$$\sum_{j=1}^p \alpha_j \sigma_{ij}^{(0)} = m_{1i}^{(0)} - m_{2i}^{(0)}, \quad i=1,2,\dots,p.$$
 Якщо допустити, що $\{\alpha_j^{(0)}\}$ – рішення системи, то вводяться нечіткі величини $U_i = \alpha_1 \sigma_{i1} + \alpha_2 \sigma_{i2} + \dots + \alpha_p \sigma_{ip} - m_{1i} + m_{2i}$ та їх функції приналежності
$$\mu(U_i) = \sum_{j=1}^p \alpha_j \mu(\sigma_{ij}) - [\mu_{1i}(m_{1i}) - \mu_{2i}(m_{2i})]; \quad i=1,2,\dots,p,$$
 які відповідають наборам $\{\alpha_j\}$.

Сформульовано вимоги до рішення вхідної нечіткої системи лінійних алгебраїчних рівнянь. По-перше, це рішення повинно забезпечувати мінімальну невизначеність у відношенні нечітких значень нев'язок U_i , тобто максимальну компактність функцій приналежності $\mu(U_i), i=1,2,\dots,p$. По-друге, шуканий набір $\{\alpha_j\}$ повинен мінімально відхилитися від набору, який відповідає модальному рішенню системи. У відповідності з цим отримано функціонал:

$$\min I(A) = \sum_{i=1}^p \frac{\left[\int_{-\infty}^{\infty} \mu(U_i) dU_i \right]^2}{\left[\int_{-\infty}^{\infty} \mu(U_i^{(0)}) dU_i \right]^2} + \frac{(A - A^{(0)})^T (A - A^{(0)})}{(A^{(0)})^T A^{(0)}}; \quad A = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \dots \\ \alpha_p \end{pmatrix}; \quad A^{(0)} = \begin{pmatrix} \alpha_1^{(0)} \\ \alpha_2^{(0)} \\ \dots \\ \alpha_p^{(0)} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $U_i^{(0)}$ – модальні значення нечітких значень нев'язок U_i .

Рішення отриманої оптимізаційної задачі (1) визначає шуканий набір A параметрів дискримінантної функції. Відзначено, що точність та інформативність результату рішення задачі діагностики стану зростає, якщо простір стану обґрунтовано розбити ні на два, а на більше число підпросторів. При цьому кожний з сукупності n об'єктів представлений точкою у деякому q -мірному просторі ознак (контрольованих параметрів) та, таким чином, кожному з них ставиться у відповідність нечіткий набір $X_j = \{x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jq}\}$, $j = 1, 2, \dots, n$ та набір значень $\mu_k(X_j)$, $k = 1, 2, \dots, m$ ступенів приналежності цього об'єкту кожному з кластерів. Для кожного з m кластерів задані функції приналежності нечітких координат центрів кластерів (типових представників відповідних підмножин об'єктів) $\mu(a_{kp})$, де a_{kp} – нечітке значення p -го контрольованого параметра, який відповідає центру k -го кластера, $k = 1, 2, \dots, m$, $p = 1, 2, \dots, q$. Знання функцій приналежності координат об'єктів та центрів кластерів дозволяє розрахувати нечітку відстань між ними та відповідну функцію приналежності. Для кожного об'єкта отримані функції приналежності m нечітких чисел, які відображають «відстань» до центру відповідних кластерів. Після порівняння чисел між собою обирається те з них, для якого ступінь переваги по відношенню до всіх інших буде найменшим. Це число визначає кластер, «найближчий» по відношенню до об'єкта, що розглядається. Оцінка ступеня переваги нечіткого числа z_k перед нечітким числом z_l здійснюється за формулою $\eta[\mu(z_k), \mu(z_l)] = \sup_{z_k > z_l} \min\{\mu(z_k), \mu(z_l)\}$, $k, l = 1, 2, \dots, m$.

Для оцінювання регресійних коефіцієнтів в умовах, коли виміри задані нечітко, запропоновано рекурентний МНК, за допомогою якого отримано набір функцій приналежності нечітких параметрів $(\hat{a}_{0,n}, \hat{a}_{1,n}, \dots, \hat{a}_{d+1,n})$ рівнянь регресії після проведення n вимірювань та набір функцій приналежності нечітких оцінок параметрів рівнянь регресії після $(n+1)$ -го вимірювання, яке використовується для оцінки стану об'єкта.

Таким чином, опрацьовано набір підходів для вирішення задач ідентифікації стану об'єкта, які є підґрунтям побудови інформаційної технології діагностування фінансового стану підприємства.

У **третьому розділі** обґрунтовано базові теоретичні принципи побудови діагностичної експертної системи обробки інформації для нечітких вихідних даних, що використовує регресійний механізм логічного виведення для комп'ютерної ідентифікації фінансового стану підприємства.

Загальну задачу оцінки стану розділено на дві незалежні підзадачі: вибір множини інформативних ознак, які характеризують фінансовий стан об'єкта діагностики, та обґрунтування вирішального правила ідентифікації стану. В

конкретній задачі діагностики банкрутства інформаційну базу складають показники фінансової звітності. При цьому враховано, що інформація про фінансовий стан, яка міститься у звітних документах, не є абсолютно достовірною. Тому задачу діагностики банкрутства вирішено з використанням математичного апарату нечітких множин. Запропоновано підхід, при реалізації якого для кожного з можливих фінансових станів об'єкта формулюється рівняння регресії:

$$y_k = a_{k0} + a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \dots + a_{kn}x_n; \quad k = 1, 2, \dots, p, \quad (2)$$

що зв'язує результуючий параметр y_k , який характеризує цей стан, з результатами безпосередніх вимірювань параметрів x_1, x_2, \dots, x_n . При цьому коефіцієнти (a_{kj}) оцінюються статистично. Кожному з векторів вихідних змінних, що формуються при навчанні $X_i = (x_{ij})$; $i = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, \dots, n$, ставиться у відповідність набір висновків $y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ip}$. Висновок y_{ik} задає ступінь впевненості у тому, що вектору X_i відповідає стан k . Далі методом найменших квадратів вирішено p однотипних задач мінімізації:

$$\min J_k = (HA_k - Y_k)^T (HA_k - Y_k), \quad k = 1, 2, \dots, p, \quad (3)$$

де
$$H = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{N1} & x_{N2} & \dots & x_{Nn} \end{pmatrix}, \quad A_k = \begin{pmatrix} a_{k0} \\ a_{k1} \\ \dots \\ a_{kn} \end{pmatrix}, \quad Y_k = \begin{pmatrix} y_{1k} \\ y_{2k} \\ \dots \\ y_{Nk} \end{pmatrix},$$

у кожній з яких вектор A_k оцінок параметрів рівняння регресії для k -го з можливих станів визначається співвідношенням $A_k = (H^T H)^{-1} H^T Y_k$.

Досліджено ситуацію, коли вектор спостережень $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ є набором нечітких значень контрольованих змінних, для яких визначено функції приналежності $\mu^{(k)}(x_j)$; $j = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, p$.

Вирішено задачу розрахунку функції приналежності нечітких чисел y_k , $k = 1, 2, \dots, p$, які визначаються зі співвідношення (2) у залежності від того, яким чином задані функції приналежності $\mu^{(k)}(x_j)$; $j = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, p$.

Проаналізовано варіант розрахунку коефіцієнтів рівняння регресії для випадку, коли неможлива організація достатньо представницького обчислювального експерименту, який забезпечує коректне застосування метода найменших квадратів. При цьому використано метод попарних порівнянь, в якому враховано, що відмінності у величині розкиду думок експертів можуть бути суттєвими. У цій ситуації запропоновано використання інформаційних технологій на базі апарату нечіткої математики. Розкид оцінок величин рівня значущості факторів i у порівнянні з j описаний нечітким числом r_{ij} з трикутною функцією приналежності.

При комп'ютерному статистичному оцінюванні функцій приналежності стану об'єкта діагностики в нечітких експертних системах показано, що задані експертами діапазони можливих значень контрольованих параметрів можуть бути

обґрунтовано використані для побудови функцій приналежності нечітких значень цих параметрів.

У четвертому розділі наведено теоретичні аспекти побудови комп'ютерної діагностичної експертної системи оцінювання фінансового стану підприємства та результати її практичної реалізації.

Введена математична модель ідентифікації стану об'єкта діагностики. Система, яка може знаходитись у одному з множини (H_1, H_2, \dots, H_m) станів, має сукупність $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ контрольованих показників, вимірювані значення яких використовуються для ідентифікації, а також відома матриця умовних щільностей розподілу випадкових значень фінансових показників для можливих станів системи $\left(f\left(\frac{x_j}{H_i}\right) \right)$, $i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,n$. Для випадку, коли кількість

показників завелика, а їх контроль потребує суттєвих ресурсних затрат, розроблено процедуру вибору найбільш інформативних показників. Якщо множину можливих станів редуковано до двох: H_0 та H_1 , то інформативність контрольованого

показника x оцінюється «відстанню» Кульбака між розподілами $f\left(\frac{x}{H_0}\right)$ та

$f\left(\frac{x}{H_1}\right)$, яка обчислюється за формулою

$$\eta = \left(f\left(\frac{x}{H_0}\right), f\left(\frac{x}{H_1}\right) \right) = \int_{-\infty}^{\infty} f\left(\frac{x}{H_0}\right) \ln f\left(\frac{x}{H_0}\right) f\left(\frac{x}{H_1}\right)^{-1} dx .$$

Чим більше η , тим вище інформативність показника x . Обчислені значення $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ інформаційної цінності показників x_1, x_2, \dots, x_n ранжовано за зменшенням, найбільш інформативні використовуються при рішенні задачі ідентифікації. Крім того, у задачі відбору найбільш ефективних показників для діагностики стану враховано можливу мультиколінеарність x_j . При цьому обрано не тільки найбільш інформативні параметри, але й найменш корельовані з іншими, які потрапили у групу відібраних. Для цього введено η_j – рівень розрізнення стану системи з використанням j -го показника, $j = \{1, 2, \dots, n\}$; $\zeta_j = \max_{j_i \neq j} k_{j j_i}$ – максимальне

із значень коефіцієнтів кореляції між j -м показником та іншими ($j_i \neq j$); $j=1, 2, \dots, n$; $j_i=1, 2, \dots, n$. У фазовому просторі (η, ζ) відображається множина точок з координатами (η_j, ζ_j) , $j=1, 2, \dots, n$, відповідних множині контрольованих показників.

З цієї множини виділяється Парето-підмножина точок (η_j^*, ζ_j^*) , які визначають остаточний набір фінансових показників: поточна ліквідність, оборотність кредиторської заборгованості, оборотність активів, коефіцієнт незалежності, рентабельність власного капіталу, загальна ліквідність, фінансова незалежність.

Для множини відібраних показників введено регресійний поліном:

$$y = d_1 x_1 + d_2 x_2 + \dots + d_n x_n; \sum_{j=1}^n d_j = 1; d_j \geq 0; j = 1, 2, \dots, n ,$$

який зв'язує результуючий показник y , що визначає рівень фінансового стану підприємства, зі значеннями контрольованих показників x_1, x_2, \dots, x_n . Задача

оцінювання коефіцієнтів регресійного полінома при дефіциті вихідних даних вирішується методом попарних порівнянь, виконаних групою експертів. Якщо отримана матриця попарних порівнянь A_0 не є узгодженою, то проводиться процедура узгодження матриці A_0 . Коефіцієнти рівняння регресії обчислюються за формулою

$$d_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \right)^{-1}; \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Задачу оцінки фінансового стану для конкретного підприємства, фінансовий стан якого характеризується набором значень показників $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ вирішено наступним чином. Спочатку формуються для всіх лінгвістичних змінних X з терм-множинами {«низький», «середній», «високий», «дуже високий»} функції приналежності значень показників фінансового стану. З використанням введених функцій приналежності розраховано сукупності значень рівня їх приналежності для різних термів: $\mu_H(X_1), \mu_H(X_2), \dots, \mu_H(X_n)$; $\mu_{CP}(X_1), \mu_{CP}(X_2), \dots, \mu_{CP}(X_n)$; $\mu_B(X_1), \mu_B(X_2), \dots, \mu_B(X_n)$; $\mu_{ДВ}(X_1), \mu_{ДВ}(X_2), \dots, \mu_{ДВ}(X_n)$. Зокрема, для показника «Поточна ліквідність» X_1 аналітичний та графічний опис відповідних функцій приналежності є наступним (рис. 1):

$$\begin{aligned} \text{терм «низький»:} \quad \mu_{1H}(X_1) &= \begin{cases} 1, & x < 0,15, \\ \exp\left\{-\frac{(x-0,15)^2}{2 \cdot 0,05^2}\right\}, & x \in [0,15; 0,3] \end{cases} \\ \text{терм «середній»:} \quad \mu_{1C}(X_1) &= \exp\left\{-\frac{(x-0,375)^2}{2 \cdot 0,041^2}\right\}, \quad x \in [0,25; 0,5] \\ \text{терм «високий»:} \quad \mu_{1B}(X_1) &= \exp\left\{-\frac{(x-0,525)^2}{2 \cdot 0,025^2}\right\}, \quad x \in [0,45; 0,6] \\ \text{терм «дуже високий»:} \quad \mu_{1ДВ}(X_1) &= \begin{cases} \exp\left\{-\frac{(x-3,25)^2}{2 \cdot 0,9^2}\right\}, & x \in [0,5; 3,25] \\ 1, & x > 3,25. \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

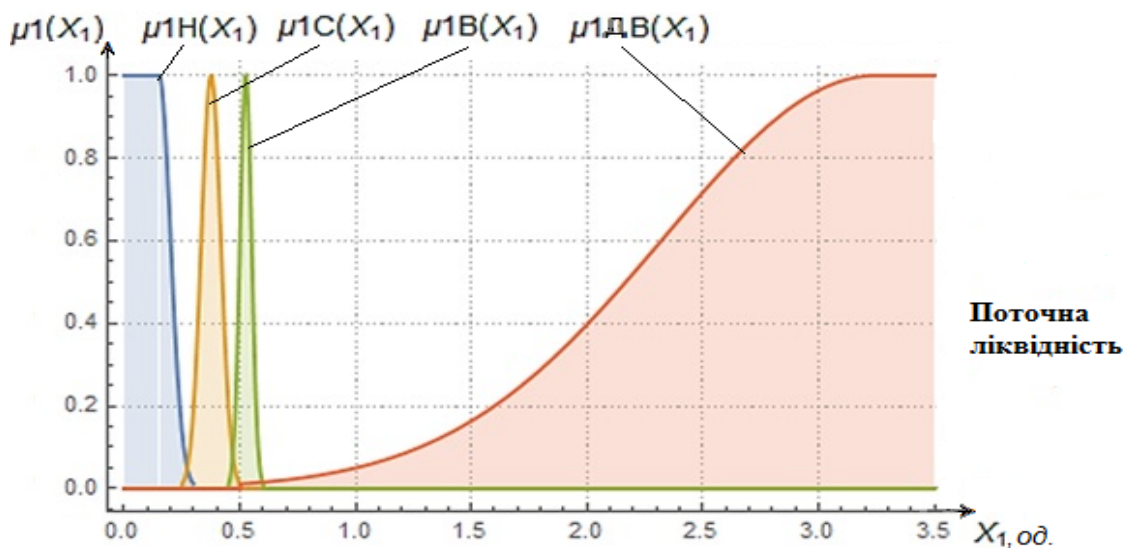


Рисунок 1 – Графік функцій приналежності для змінної X_1

У реальній задачі чисельної оцінки фінансового стану відібрано 10 підприємств виробничої сфери м. Харкова та області. Дані зі значеннями фінансових показників діяльності двох з них наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Значення фінансових показників по окремих підприємствам

Показник	Коефіцієнт	ТОВ "ХЗТФ "Моторімпекс"					ПВП "Квадро"				
		2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
X_1	Поточної ліквідності	6,344	2,803	1,521	1,525	1,279	0,538	0,451	0,456	0,297	0,235
X_2	Оборотності кредиторської заборгованості	12,910	17,045	3,559	4,662	14,00	20,303	3,478	0,597	3,007	0,366
X_3	Оборотності активів	1,152	1,885	1,510	1,790	1,512	0,744	0,136	0,035	0,117	0,032
X_4	Коефіцієнт незалежності	0,200	0,237	0,736	0,623	0,801	1,096	1,793	1,923	2,621	6,232
X_5	Рентабельності власного капіталу	0,166	0,056	0,270	0,233	0,400	0,005	-0,365	-0,039	-0,024	-0,148
X_6	Загальної ліквідності	9,517	4,627	2,085	2,297	2,029	0,583	0,455	0,459	0,302	0,237
X_7	Фінансової незалежності	0,834	0,808	0,576	0,616	0,550	0,477	0,358	0,342	0,276	0,138

Після усереднення результатів експертного оцінювання важливості показників формується матриця попарних порівнянь, що не є узгодженою – умови транзитивності $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$ не виконуються. В результаті розрахунків отримано узгоджену матрицю, яка містить дані експертних оцінок порівняльної важливості відібраних показників

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1,455 & 3,612 & 1,891 & 0,7686 & 2,786 & 7,478 \\ 0,6872 & 1 & 2,482 & 1,299 & 0,5282 & 1,914 & 5,139 \\ 0,2769 & 0,4029 & 1 & 0,5235 & 0,2128 & 0,7714 & 2,071 \\ 0,5289 & 0,7697 & 1,91 & 1 & 0,4066 & 1,474 & 3,955 \\ 1,301 & 1,893 & 4,699 & 2,46 & 1 & 3,624 & 9,729 \\ 0,359 & 0,5223 & 1,296 & 0,6787 & 0,2759 & 1 & 2,684 \\ 0,1337 & 0,1946 & 0,483 & 0,2528 & 0,1028 & 0,3725 & 1 \end{pmatrix}.$$

З використанням (3) отримано значення вагових коефіцієнтів

$$d_1 = 0,23; d_2 = 0,16; d_3 = 0,065; d_4 = 0,12; d_5 = 0,3; d_6 = 0,084; d_7 = 0,031.$$

Далі відповідно до (4) обчислюються значення функції приналежності для кожного з термів та з урахуванням отриманих значень d_i , підставляються у регресійні співвідношення:

$$y_H(X) = \sum_{i=1}^n d_i \mu_H(X_i); y_{CP}(X) = \sum_{i=1}^n d_i \mu_{CP}(X_i); y_B(X) = \sum_{i=1}^n d_i \mu_B(X_i); y_{ДВ}(X) = \sum_{i=1}^n d_i \mu_{ДВ}(X_i) \quad (5)$$

Максимальне значення визначає терм, до якого відноситься нечітке значення рівня фінансової стійкості підприємства. Для трактування отриманих результатів у теоретико-ймовірнісному сенсі використано формули:

$$P_H(X) = \frac{y_H(X)}{A}; P_{CP}(X) = \frac{y_{CP}(X)}{A}; P_B(X) = \frac{y_B(X)}{A}; P_{ДВ}(X) = \frac{y_{ДВ}(X)}{A}, \quad (6)$$

де $A = y_H(X) + y_{CP}(X) + y_B(X) + y_{ДВ}(X)$.

Отриманні значення виступають в якості оцінок ймовірностей відповідних фінансових станів підприємства. Графічна інтерпретація розподілу ймовірностей для одного з наведених у табл. 1. підприємств представлена на рис. 2

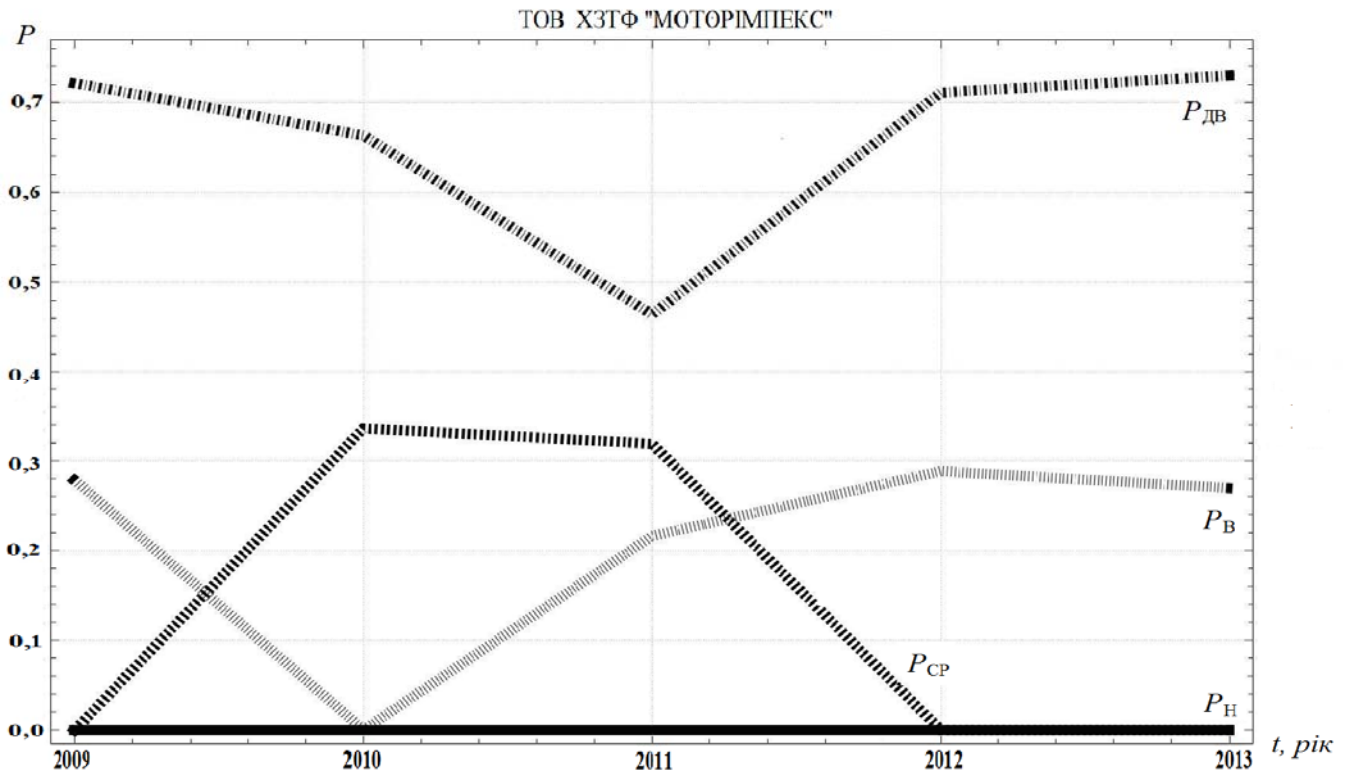


Рисунок 2 – Графік оцінок ймовірностей фінансового стану підприємства

П'ятий розділ присвячено задачі прогнозування фінансового стану підприємства в умовах невизначеності з урахуванням особливостей задачі прогнозування поведінки показників фінансового стану.

Прогнозування значень фінансових показників, коли вимірювання є корельованими, складається з ряду етапів. Сукупність випадкового процесу значень фінансових показників, що отримуються через рівні проміжки часу ΔT (квартал, рік), утворює послідовність спостережень $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, значення яких є корельованими. Прийнято, що спостережуваний процес представляє собою суперпозицію детермінованих процесів, які містять поліноміальну (трендову) та гармонічну складові, вимірювання яких спотворені випадковим процесом, який формується за рахунок помилок вимірювань та, можливо, корельованих шумових впливів неконтрольованих факторів. У зв'язку з цим сформульовано задачу виділення та аналітичного опису детермінованих та випадкових складових процесу та його прогнозування. Побудову шуканої математичної моделі, що може бути використана при розбудові інформаційної технології діагностики фінансового стану підприємства, проведено поетапно у наступній послідовності:

Етап 1. Виділення детермінованого тренду. Для аналітичного опису поведінки детермінованої складової спостережуваного процесу введено поліноміальну модель

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_d t^d. \quad (7)$$

Параметри моделі знайдено методом найменших квадратів.

Етап 2. Виділення періодичної складової. Для аналітичного опису використано усічений ряд Фур'є, параметри якого знайдено методом найменших квадратів.

Етап 3. Обробка випадкової складової. Після виділення із спостережуваного процесу детермінованих поліноміальної та періодичної складових отримано послідовність $\tau_j = y_j - \hat{y}_j - \tilde{y}_j$, $j = 1, 2, \dots, n$ випадкових величин з нульовим середнім. Для цієї послідовності знайдено оцінку дисперсії випадкової величини залишків, яка дорівнює $\hat{\sigma}_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \tau_j^2$, та розраховано значення кореляційної функції процесу за формулою

$$K_{n-1}(r) = \frac{1}{(n-r)\hat{\sigma}_n^2} \sum_{j=1}^{n-r} \tau_j \tau_{j+r}, \quad r = 1, 2, \dots, m. \quad (8)$$

Послідовність доповнено невідомим прогнозованим значенням процесу τ_{np} . Співвідношення для значення кореляційної функції процесу у доповненій послідовності $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n, \tau_{np}$ має вигляд

$$K_n(r) = \frac{1}{(n-r+1)\hat{\sigma}_n^2} \sum_{j=1}^{n-r+1} \tau_j \tau_{j+r} = \frac{n-r}{n-r+1} K_{n-1}(r) + \frac{1}{(n-r+1)\hat{\sigma}_n^2} \tau_{n-r+1} \tau_{np}. \quad (9)$$

Оскільки $K_n \approx K_{n-1}$, то це співвідношення спрощено до вигляду

$$K_{n-1}(r) \cong \frac{n-r}{n-r+1} K_{n-1}(r) + \frac{1}{(n-r+1)\hat{\sigma}_n^2} \tau_{n-r+1} \tau_{np}, \quad \text{звідки } \tau_{np} \cong \frac{K_{n-1}(r) \cdot \hat{\sigma}_n^2}{\tau_{n-r+1}} \quad (10)$$

Вирішено задачу прогнозування часового ряду, заданого вейвлет-моделлю, яка складається з розбиття приближення до спостережуваного процесу на дві складові – апроксимуючу (грубу) та деталізуючу з їх послідовним ітераційним уточненням. Запропонований підхід до вирішення цієї задачі використовує ті обставини, що апроксимуюча та деталізуюча функції виявляються суттєво більш гладкими, ніж вхідна функція. Для кожної з них побудовано відповідну апроксимуючу модель, аналітичний опис якої отримано методом найменших квадратів. Далі ці моделі використовуються для незалежного обчислення величин відліків на момент прогнозу. Сума цих відліків визначає шукане прогнозоване значення функції $f(x)$. Оцінку точності η запропонованого методу прогнозування часового ряду від довжини інтервалу прогнозу t , представленого його вейвлет-апроксимацією, проведено з використанням імітаційної моделі в середовищі MATLAB. Результати наведено на рис. 3.

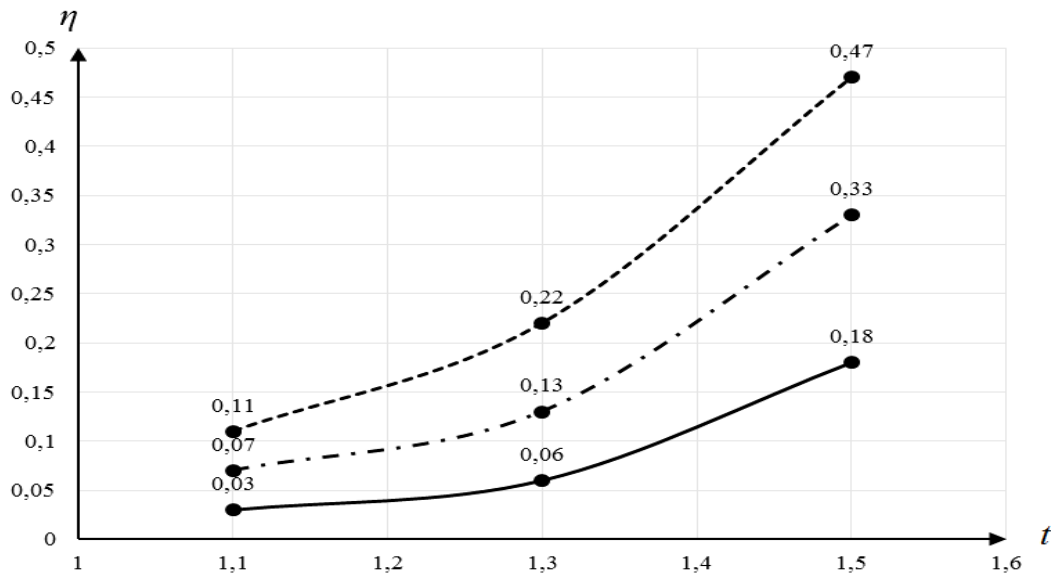


Рисунок 3 – Залежність точності прогнозу від варіабельності вихідного часового ряду і довжини інтервалу прогнозу

Згідно розрахунків точність прогнозу погіршується зі збільшенням рівня варіабельності прогнозованого ряду і довжини інтервалу прогнозу, при цьому показано, що відносна похибка прогнозу є прийнятною. Запропоновану технологію прогнозування часового ряду, заданого вейвлет-апроксимацією, рекомендовано до застосування за умови, що довжина інтервалу прогнозу становить (10-20) % від довжини інтервалу спостережень.

Шостий розділ присвячений опису інформаційного забезпечення технології оцінювання фінансового стану підприємства. Побудована узагальнена структура системи підтримки прийняття рішень (СППР) завдань діагностики фінансового стану підприємств, яка використовується в рамках загальної процедури оцінки кредитоспроможності позичальників в банківській установі. В процесі синтезу і реалізації інформаційної технології СППР вирішено ряд типових завдань:

1) обрана модель життєвого циклу розробки програмного забезпечення – інкрементно-ітеративна;

2) виконано аналіз предметної області діагностики фінансового стану підприємства, за результатами якого зроблений вибір на користь використання підходу концептуального моделювання та у якості інструментального засобу моделювання використано CASE-засіб AllFusion ERWin Data Modeler;

3) виконано аналіз набору варіантів використання програмної системи діагностики фінансового стану підприємства, за результатами якого були визначені наступні дійові особи – потенційні користувачі підсистеми діагностики фінансового стану підприємства: економіст відділу продажів, аналітик відділу кредитування, економіст з моніторингу та супроводу проектів і адміністратор (для кожного з них наведені: послідовність обробки даних і варіанти використання підсистеми діагностики фінансового стану);

4) вибір архітектури системи здійснено на користь використання при розробці пошарово-компонентної архітектури;

5) здійснено проектування програмного рішення з набором програмних компонентів його реалізації, кожен з яких доступний через певний інтерфейс, при цьому компоненти розташовані на наступних рівнях: рівень доступу до даних, рівень бізнес-логіки і рівень представлення;

б) обґрунтовано вибір технології реалізації програмного рішення.

Для реалізації рівня доступу до даних використана інфраструктура Hibernate, що обумовлено меншим обсягом робіт по реалізації коду, відділенням Java-опису предметної області від реалізації його відображення на структури бази даних, реалізацією засобів забезпечення надійності та продуктивності. Як засіб реалізації рівня бізнес-логіки використано інфраструктуру Spring Framework, що обумовлено наступними причинами: можливістю використовувати в якості компонентів довільні Java-класи, можливістю гнучкої зміни структури системи в ході її виконання, реалізацією засобів забезпечення продуктивності, надійністю і безпекою. Для реалізації рівня представлення вирішено зупинитись на використанні інфраструктури Struts і технології «модель-представлення-контролер» через більшу гнучкість одержуваного рішення, добру сполучуваність з вибраними технологіями підтримки рівня бізнес-логіки та рівня доступу до даних та порівняно невеликими вимогами до клієнтського програмного забезпечення.

Запропонована технологія ідентифікації фінансового стану підприємства, інтегрована в програмний комплекс оцінки кредитоспроможності позичальників в АТ «Укресімбанк», показала більш раннє виявлення погіршення фінансового стану позичальників у порівнянні із існуючою технологією та пройшла верифікацію на тестових прикладах.

Таблиця 2 – Техніко-економічний порівняльний аналіз технологій оцінки

Період	Діагностовано проблемної заборгованості				Результати використання нової технології порівняно з існуючою технологією (приріст/зменшення заборгованості)			
	Нова технологія оцінки позичальників		Існуюча технологія оцінки позичальників		кількість, од.	%	тис. грн.	%
	кількість, од.	тис. грн.	кількість, од.	тис. грн.				
2009	5	28343,6	3	13195,5	2	66,7	15148,1	114,8
2010	2	11521,8	3	25640,6	-1	-33,3	-14118,8	-55,1
2011	1	6808,6	1	1029,3	0	0	5779,3	561,5
2012	2	18385,5	2	9291,3	0	0	9094,2	97,9
2013	1	5116,8	1	15902,8	0	0	-10786,0	-67,8
2014	3	14321,8	1	5116,8	2	50,0	9205,0	179,9
Загалом	14	84498,1	11	70176,3	3	27,2	14321,8	20,41

Шляхом проведення порівняльних тестів при використанні нової технології точність діагностування погіршення фінансового стану підприємства, що призводить до неприйнятності позичальника для Банку, зросла на 27,2 %. Отримані результати дозволили прийняти своєчасні управлінські рішення та запобігти подальшому нарощенню проблемної заборгованості в кредитному портфелі банку.

У додатках наведені документи, які підтверджують практичне впровадження результатів дисертаційної роботи в АТ «Укресімбанк», а також використання їх в навчальному процесі кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «ХП».

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дисертаційної роботи поставлено та вирішено науково-практичну задачу вдосконалення традиційних комп'ютерних методів обробки даних та технологій оцінки фінансового стану підприємства для побудови інформаційної технології діагностування фінансового стану підприємства в умовах нечітких вихідних даних.

1. Проведено аналіз традиційних методів оцінки фінансового стану підприємства, що використовують систему контрольованих фінансових показників. Досліджено методи комп'ютерної статистичної обробки даних, а саме: методи багатовимірною дискримінантного аналізу, рангового, кластерного, регресійного аналізу та експертних технологій діагностики стану. Виявлено доцільність удосконалення традиційних методів для обліку невизначеності, яка виникає при їх реалізації, за рахунок розробки методів та технологій на основі використання апарату нечіткої математики. Це дозволяє врахувати можливу неточність значень фінансових показників, що містяться в звітних формах підприємств, та забезпечують встановлення відповідності між набором значень контрольованих параметрів і фінансовим станом підприємства.

2. Удосконалено методи багатовимірною дискримінантного, кластерного та регресійного аналізу для випадку, коли вхідні дані є нечіткими числами із заданою функцією приналежності. Процедура ідентифікації фінансового стану підприємства для методу багатовимірною дискримінантного аналізу зведена до запропонованого методу вирішення нечіткої системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Розроблений метод кластерного аналізу забезпечує розв'язання задачі ідентифікації станів об'єкта для випадку, коли можливе їх число перевищує два. Отримала подальший розвиток технологія оцінювання коефіцієнтів рівняння регресії, яка використовує метод попарних порівнянь.

3. Досліджено можливість розв'язання задачі ідентифікації фінансового стану підприємства з використанням експертних систем. Розроблено діагностичну експертну систему обробки інформації, що забезпечує отримання оцінок рівня фінансової стану підприємства, та доведено можливість її практичної реалізації на прикладі позитивних результатів тестової обробки бази позичальників АТ «Укресімбанк».

4. Розроблено методи прогнозування корельованого часового ряду по малій вибірці вихідних даних, а також ряду, заданого вейвлет-моделлю, що пройшли тестування на імітаційних моделях та можуть бути рекомендованими при короткостроковому прогнозуванні фінансового стану підприємства у процедурах оцінки кредитоспроможності позичальників фінансових установ.

5. Побудовано інформаційну технологію діагностування фінансового стану підприємства, в основі якої лежить використання експертної системи обробки інформації в умовах нечітких даних. За результатами апробації технології на тестових прикладах встановлено можливість гнучкого налаштування кількості фінансових показників та діапазонів фінансового стану, що дозволило зняти обмеження по кількості контрольованих параметрів та станів позичальників без необхідності оновлення існуючого програмного та апаратного забезпечення банку.

Розширено можливості діагностування за рахунок введення в функціонал інформаційної системи опції прогнозування фінансового стану підприємства на основі розроблених методів. Запропонована технологія, інтегрована в програмний комплекс оцінки кредитоспроможності позичальників в АТ «Укресімбанк», показала більш раннє виявлення погіршення фінансового стану позичальників у порівнянні зі існуючою технологією. Шляхом проведення порівняльних тестів точність діагностування погіршення фінансового стану підприємства, що призводить до неприйнятності позичальника для Банку, зросла на 27,2 %. Отримані результати дозволили прийняти своєчасні управлінські рішення та запобігти збільшенню проблемної заборгованості у кредитному портфелі банку.

6. Позитивна апробація та впровадження результатів дослідження в процедуру оцінки кредитоспроможності автоматизованої інформаційної системи АТ «Укресімбанк» (м. Харків) довели економічну доцільність запропонованої технології. Результати дисертаційної роботи використані в навчальному процесі кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «ХП».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Головки В. А. Нечеткий многомерный дискриминантный анализ в задаче диагностики состояния / Л. Г. Раскин, В. А. Головки, Т. И. Каткова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків : УДАЗТ. – 2013. – № 2. – С. 13-17.

Здобувачем запропоновано метод розрахунку коефіцієнтів дискримінаційної функції.

2. Головки В. А. Анализ нечетких экспертных систем оценки состояния объектов. Комбинированная экспертная система / Л. Г. Раскин, В. А. Головки, Т. И. Каткова // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС. – 2013. – Вип. 2 (109). – С. 77-81.

Здобувачем розроблено структуру моделі комбінованої експертної системи.

3. Головки В. А. Нечеткая задача кластерного анализа / В. А. Головки, О. В. Серая, Т. И. Каткова // Проблемы современной науки. – Ставрополь : ЛОГОС. – 2013. – Вып. 7, часть 3. – С. 69-76.

Здобувачем запропоновано процедуру порівняння нечітких відстаней між об'єктами.

4. Головки В. А. Информационное обеспечение нечетких экспертных систем / Л. Г. Раскин, О. В. Серая, Т. И. Каткова, В. А. Головки // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС. – 2013. – Вип. 6 (113). – С. 31-34.

Здобувачем здійснено перетворення інтервального подання в (L-R) функцію.

5. Головки В. А. Прогнозирование нечетко заданного временного ряда / Л. Г. Раскин, Ямен Хазим, В. А. Головки // Вісник Національного технічного

університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2014. – № 17. – С. 50-56.

Здобувачем розроблено метод прогнозування нечітко заданого ряду відліків.

6. Головки В. А. Прогнозирование коррелированного временного ряда по малой выборке исходных данных / В. А. Головки, Ямен Хазим // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 35. – С. 43-47.

Здобувачем наведено розрахунок кореляційної функції для малої вибірки даних.

7. Головки В. А. Рекуррентный метод наименьших квадратов обработки нечетких измерений / В. А. Головки, Ямен Хазим, М. Н. Старова // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2014. – № 55. – С. 52-57.

Здобувачем розроблено обчислювальну процедуру рекурентної обробки даних.

8. Головки В. А. Диагностические экспертные системы с бинечеткими входными данными / В. А. Головки, Т. И. Каткова // Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід : Тези доповідей IV Міжнародної науково-методичної конференції. – Тернопіль : ТНТУ. – 2013. – С. 35-36.

Здобувачем запропоновано метод побудови сімейства функцій приналежності для бінечітких чисел.

9. Головки В. А. Многомерный дискриминантный анализ в условиях нечетких исходных данных / Л. Г. Раскин, Т. И. Каткова, В. А. Головки // Тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2013. – С. 260.

Здобувачем розроблено метод побудови дискримінантної функції для нечітких вихідних даних.

10. Головки В. А. Сравнение объектов по набору нечетко заданных показателей / В. А. Головки, Т. И. Каткова // Тези доповідей XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2014. – С. 368.

Здобувачем визначено метод розрахунку відстаней між нечіткими числами.

11. Головки В. А. Математические модели систем с многоуровневой неопределенностью / Л. Г. Раскин, В. А. Головки, Н. И. Ящук // Комп'ютерні науки : освіта, наука, практика : Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : НУК. – 2014. – С. 156-157.

Здобувачем запропоновано методи аналізу систем з багаторівневою невизначеністю.

12. Головки В. А. Современные информационные технологии оценки и прогнозирования финансового состояния предприятия / В. А. Головки, Т. И. Каткова // Тези доповідей ХХІІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2015. – С. 322.

Здобувачем проведено системний аналіз технологій оцінки фінансового стану підприємства в умовах невизначеності.

13. Головки В. А. Оценка точности экспертного оценивания финансового состояния предприятия / В. А. Головки, Т. И. Каткова // Тези доповідей ХХІІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2015. – С. 323.

Здобувачем визначено метод розрахунку статистичних характеристик оцінок фінансового стану підприємства.

14. Головки В. А. Технология вейвлет-аппроксимации нестационарных процессов / О. В. Серая, Т. И. Каткова, В. А. Головки // Тези доповідей ХХІІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2015. – С. 330.

Здобувачем запропоновано метод прогнозування вейвлет-апроксимації часового ряду за результатами її розкладання на складові.

АНОТАЦІЇ

Головки В. О. Моделі, методи та інформаційні технології розробки нечіткої експертної системи діагностики фінансового стану підприємства. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидату технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 2016.

У дисертації розглядається науково-практична задача ідентифікації фінансового стану підприємства в умовах нечітких даних про значення контрольованих фінансових показників.

На основі аналізу традиційних методів рішення цієї задачі виявлено основний недолік традиційних методів ідентифікації: недостатній облік невизначеності вихідних даних. У зв'язку з цим удосконалені методи багатовимірного дискримінантного, кластерного та регресійного аналізу для випадку, коли вхідні дані – нечіткі числа.

Для малої вибірки вихідних даних запропоновано процедуру побудови діагностичної експертної системи обробки інформації, яка об'єднує регресійний підхід та механізм логічного виведення. Для розрахунку регресійних коефіцієнтів використано метод попарних порівнянь.

Запропоновано методи прогнозування корельованого часового ряду по малій вибірці вихідних даних, а також метод прогнозування ряду, заданого його вейвлет-моделлю.

На основі розроблених методів побудована інформаційна технологія діагностування фінансового стану підприємства. Запропонована технологія, інтегрована в програмний комплекс оцінки кредитоспроможності позичальників банку, показала більш раннє виявлення погіршення фінансового стану позичальників у порівнянні з технологією, що раніше використовувалась у роботі. Отримані результати дозволили прийняти своєчасні управлінські рішення і запобігти збільшенню проблемної заборгованості в кредитному портфелі банку.

Ключові слова: діагностика, інформаційні технології, експертна система обробки інформації, ідентифікація фінансового стану, багатовимірний дискримінантний, кластерний та регресійний аналіз, нечіткі вхідні дані, прогнозування стану підприємства.

Головко В. А. Модели, методы и информационные технологии разработки нечеткой экспертной системы диагностики финансового состояния предприятия. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, 2016.

В диссертации рассматривается важная научно-практическая задача идентификации финансового состояния предприятия в условиях нечетких данных о значениях контролируемых финансовых показателей.

На основе анализа традиционных методов оценки финансового состояния предприятия выявлены их недостатки, из которых самый существенный – недостаточный учет неопределенности исходных данных. В связи с этим на основе проведенных теоретических исследований усовершенствованы методы многомерного дискриминантного анализа, кластерного и регрессионного анализов для случая, когда исходные данные – нечеткие числа с известными функциями принадлежности. В работе показано, что перечисленные методы идентификации финансового состояния предприятия дают приемлемые результаты только в ситуациях с достаточно большим объемом исходных данных. В реальных задачах диагностики банкротства это требование не выполняется. Поэтому предложен иной метод, использующий нечеткую экспертную систему. При этом установлена неэффективность продукционных технологий логического вывода и предложена процедура построения диагностической экспертной системы обработки информации, объединяющей регрессионный подход и байесов механизм логического вывода. Для расчета регрессионных коэффициентов использован метод попарных сравнений. Результат работы экспертной системы – распределение вероятностей возможных состояний предприятия.

Рассмотрена задача прогнозирования финансового состояния предприятия. Предложены метод прогнозирования коррелированного временного ряда по малой выборке исходных данных, а также метод прогнозирования ряда, заданного его

вейвлет-моделью. Точность прогноза для разных исходных данных исследована с помощью имитационной модели.

На основе разработанных методов построена информационная технология диагностирования финансового состояния предприятия, которая показала более раннее выявление ухудшения финансового состояния заемщиков по сравнению со старой технологией. Точность диагностирования ухудшения финансового состояния предприятия, которое приводит к неприемлемости заемщика для банка, выросла на 27,2 %. Полученные результаты позволили принять своевременные управленческие решения и предотвратить увеличение проблемной задолженности в кредитном портфеле банка.

Ключевые слова: диагностика, информационные технологии, экспертная система обработки информации, идентификация финансового состояния, многомерный дискриминантный, кластерный и регрессионный анализ, нечеткие исходные данные, прогнозирование состояния предприятия.

Golovko V. O. Models, methods and information technologies development of fuzzy expert system diagnosis of the financial condition of the company. Manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.06 - information technologies. – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkov, 2016.

The most important scientific and practical problem of identification of the financial condition of the company in terms of fuzzy data values controlled by financial indicators is considered in the thesis.

Based on the analysis of traditional methods of solving this problem are identified the lack of them: insufficient consideration of the uncertainty of input data. In this regard, improved methods of multivariate discriminant analysis, cluster analysis and regression analysis for the case when the initial data – fuzzy numbers.

For small sample output data suggested the procedure for building diagnostic information processing expert system that combines regression approach and Bayesian inference mechanism. The calculation of the regression coefficients method used pairwise comparisons. The method of predicting the time series correlated to the small sample of the original data, as well as a method of forecasting the series, given its wavelet model.

On the basis of the developed methods based information technology diagnosis financial condition of the company. The proposed technology is integrated into the software package for the credit assessment of the bank borrowers showed more early detection of deterioration in the financial condition of borrowers compared to the old technology. The results obtained allowed to take timely management decisions and prevent increase of bad debts in the loan portfolio of the bank.

Keywords: diagnostics, information technology, information processing expert system, identification of financial condition, the multivariate discriminant, cluster and regression analysis, fuzzy initial data, prediction of the enterprise state.



Підписано до друку 26.05.2016 р. Формат 60x90/16.
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний.
Друк – різнограф. Ум. друк. аркушів. 0,9
Наклад 100 прим. Зам. № 789663

Надруковано у ТОВ «ПЛАНЕТА-ПРІНТ»
61002, м. Харків, вул. Багалія, 16
ЄДРПОУ 31235131 від 19.12.2000 р.

