

УДК 004.832

С. І. Шаповалова, канд. техн. наук,

О. О. Мажара, магістрант

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДІАГНОСТИКИ ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА

У статті запропоновано математичні та програмні засоби діагностування економічного стану підприємства на основі продукційної системи. Обґрунтовано структуру відповідного програмного комплексу.

Ключові слова: *діагностування, експертна система, продукційна модель, економічний стан, дискримінантний аналіз.*

Постановка проблеми. На поточному етапі розвитку економіки для суб'єктів ринкової діяльності проблема об'єктивної оцінки діючого підприємства набуває все більшої актуальності. Методики її розв'язання розробляються і вже запропоновані дослідниками різних країн. Більшість з них базується на експертних висновках і вимагають значної особистої участі експерта. Проте, останнім часом значні зусилля направлено на автоматизацію оцінювання економічного стану підприємства. І хоча проведено багато досліджень, в Україні і досі не існує програмного забезпечення для комплексного оцінювання економічного стану підприємства.

Аналіз останніх досліджень. У зв'язку з тим, що методика ґрунтується на експертних оцінках, необхідно використовувати спеціальні засоби представлення інформації. Програмне забезпечення доцільно реалізувати у вигляді експертної системи. Прикладами подібних систем зарубіжних авторів в галузі економіки є Resource Management (США, [1]), ESNEM (Югославія, [2]), FINEVA (США, [3]).

При розробці експертної системи насамперед необхідно визначити ефективну модель представлення знань. Серед існуючих базових моделей — логічної, фреймової, семантичної, продукційної — остання найбільш відповідає умовам постановки проблеми. За своєю концепцією продукційна модель максимально відображає послідовність виведення заключення експертом [4]. Про це свідчать дослідження А. Матвійчука [5], М. Карамзіна [6], які використовували саме цю модель представлення знань для аналізу стану підприємства. Перевагами продукційної моделі є простота реалізації пояснень прийнятого рішення на кожному кроці виведення висновку, незалежність від вибору мови програмування, простота подання інформації.

Для програмної реалізації продукційної експертної системи доцільно використовувати так звані обгортки експертних систем. Най-

більш розповсюдженими серед них є Nexpert Object [7], M4 expert system shell [8], Exys Corvid [9], Clips [10]. Проте, ці системи не можуть бути застосовані для вирішення поставленої проблеми тому, що, по-перше, не відображають специфіку економічного розвитку України і, по-друге, не надають можливості залучити до свого складу необхідні додаткові розрахункові модулі.

Метою цієї статті є обґрунтування структури та засобів реалізації програмного комплексу розв'язування задачі автоматичної діагностики економічного стану підприємства на основі продукційної системи.

Формалізація задачі

Експертами було визначено 21 інформативний показник для діагностики економічного стану підприємства. Ці коефіцієнти розподілено на п'ять груп ризиків: майнового, ліквідності, бізнес-подій, ринкового, кредитного (таблиця 1) [11].

Таблиця 1

Показники для діагностики

№	Показник	Нормативне значення	Група
1	Коефіцієнт зносу основних виробничих фондів	зменшення	Майнові ризики
2	Коефіцієнт оновлення основних виробничих фондів	зменшення	
3	Коефіцієнт вибуття основних виробничих фондів	< коефіцієнта оновлення основних фондів	
4	Коефіцієнт покриття	>1	Ризики ліквідності
5	Коефіцієнт швидкої ліквідності	0,6...0,8	
6	Коефіцієнт абсолютної ліквідності	>0, збільшення	
7	Коефіцієнт поточної ліквідності	1...2	
8	Коефіцієнт платоспроможності	> 0,5	Ризики бізнес-події
9	Коефіцієнт автономії	>0,5, збільшення	
10	Коефіцієнт фінансування	<1, зменшення	
11	Коефіцієнт маневреності власного капіталу	> 0, збільшення	
12	Коефіцієнт забезпечення власними оборотними засобами	>0,1	
13	Коефіцієнт довгострокового залучення позикових коштів	0,4	

Продовження таблиці 1

14	Рентабельність продаж	>0, збільшення	Ринкові ризики
15	Чиста рентабельність продаж (норма прибутку)	>0, збільшення	
16	Коефіцієнт оборотності власного капіталу	збільшення	
17	Коефіцієнт покриття інвестицій	>1	Кредитні ризики
18	Коефіцієнт Левереджа	<1	
19	Рентабельність власного капіталу	>0, збільшення	
20	Рентабельність активів	>0, збільшення	
21	Рентабельність повернення інвестицій	>0, збільшення	

Задача визначення економічного стану підприємства може бути формалізована таким чином [12]: дано вхідний вектор ознак класифікації за групами ризиків:

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\},$$

де $X_i, i = \overline{1,5}$, — множина показників за відповідною групою ризику.

Кожен X_i також є множиною:

$$X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\},$$

де x_{ij} — коефіцієнт j -го ризику в i -й групі, $i = \overline{1,5}$, $j = \overline{1,m}$, значення m є змінним і залежить від кількості показників в даній групі. Кожне таке значення x_{ij} має свій коефіцієнт довіри та допустимий діапазон.

Залежно від того, з якою метою проводиться діагностика, виділяють такі типи користувачів: «енергогенеруючі компанії», «енергопостачальники», «споживачі», «інвестори». Для кожного з них існує свій критерій оптимізації, який визначається експертом як вагові коефіцієнти для показників в кожній з груп ризику. Вектор вагових коефіцієнтів

$$W = \{W_1, W_2, \dots, W_i\},$$

де W_k — значення вагового коефіцієнту для i -ї групи ризиків, $i = \overline{1,5}$.

Таким чином, загальна задача розкладається на чотири однотипні задачі визначення рівня ризику для підприємства з різними значеннями параметрів в правилах виведення висновку.

Результатом роботи програми є висновок щодо стану рівня ризику для підприємства: «критичний», «високий», «в межах норми», «низький».

Етапи розв'язування задачі

Розв'язування задачі ускладнюється великою кількістю показників, за якими відбувається діагностика. При опитуванні експертів і розробці програмного забезпечення це призводить до значних затрат ресурсів. При двадцяти одному вхідному параметру, що змінюється в діапазоні з чотирьох значень, експерту потрібно прийняти рішення щодо 4^{21} можливих варіантів. Зазвичай, для уникнення таких ситуацій пропонується зменшити довжину вхідного вектора. Однак, це може

привести до зниження ефективності експертної оцінки. Саме тому, пропонується розділити задачу діагностики на два етапи:

1. Визначення значення рівня ризику окремо для кожної з груп.
2. Прийняття узагальненого рішення щодо стану підприємства на основі попередньо отриманих оцінок.

На першому етапі на основі значень коефіцієнтів в кожній групі за допомогою дискримінантного аналізу робиться висновок про узагальнене значення. Результатом даного етапу є вектор $Y = \{y_1, \dots, y_k\}$, де y_j — результат аналізу для кожної з груп ризиків, $j = 1, 5$ — порядковий номер групи. Цей результат є лінгвістичною змінною. Його значення належать до такої множини:

$$y_i \in \{\text{«критичний»}, \text{«високий»}, \text{«в межах норми»}, \text{«низький»}\}.$$

На другому етапі на основі вектору Y з допомогою методів експертної оцінки робиться узагальнений висновок щодо стану підприємства.

Завдяки попередньому дискримінантному аналізу, кількість правил в базі знань зменшується до $4^5 = 1024$.

Поєднання методів дискримінантного аналізу та експертних оцінок значно прискорює діагностику. Крім того, введення проміжного етапу забезпечує більш прозоре пояснення прийнятого рішення.

Функціональна схема програмного комплексу автоматичної діагностики економічного стану підприємства

Функціональна схема програмного комплексу автоматичної діагностики економічного стану підприємства в режимі виведення висновку представлена на рисунку 1.

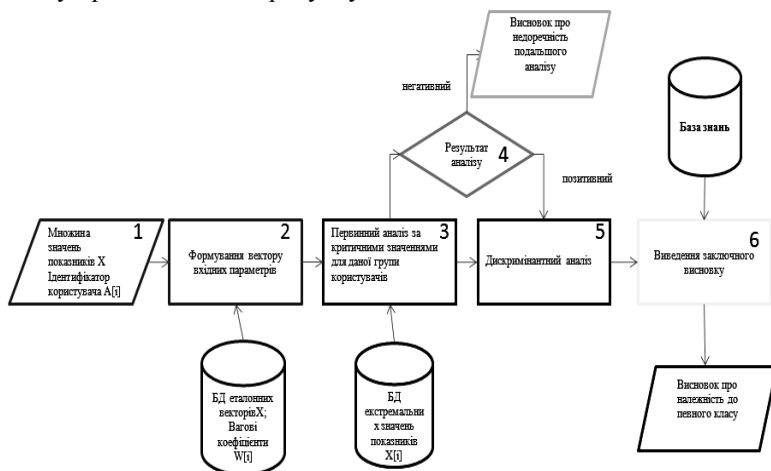


Рис. 1. Функціональна схема програмного комплексу автоматичної діагностики економічного стану підприємства

На основі вхідного вектору показників ризику та вектору значимості груп ризиків (1), сформованого в залежності від типу користувача, формується вектор вхідних параметрів (2). Проводиться початковий аналіз даних (3), результатом якого є визначення доцільності подальшої діагностики. Якщо результатом первинного аналізу (4) є висновок про недоцільність подальшої діагностики, програма генерує користувачеві повідомлення з поясненням даного висновку. В іншому разі для кожної групи коефіцієнтів проводиться дискримінантний аналіз (5), результатом якого є кількісні показники узагальненого коефіцієнту ризику для кожної з груп та висновки про належність до однієї з груп ризику у вигляді лінгвістичної змінної. В подальшому, використовуючи ці дані з допомогою експертної системи (6), формується узагальнений висновок про стан енергетичного підприємства.

Вибір програмних засобів реалізації

Необхідними критеріями для програмних засобів реалізації експертної системи є: забезпечення апробованого механізму виведення за продукційної моделлю, забезпечення реалізації складних математичних обчислень, можливість пояснень на кожному етапі вирішення задачі. Для вирішення цієї задачі доцільно застосувати апробовану обгортку експертної системи.

Для створення прототипної системи автоматичної діагностики економічного стану підприємства була обрана обгортка продукційних систем CLIPS (розроблена космічному центрі NASA). Її перевагами є: повна сумісність і простота інтеграції з зовнішніми системами, висока функціональність, підтримка розробки вбудованих програмних застосунків.

Для реалізації дискримінантного аналізу повинна застосовуватися мова програмування, яка забезпечить простий обмін даними та зручний математичний апарат для проведення великої кількості обчислень. Цим вимогам відповідає об'єктно-орієнтована мова програмування Java. Модуль розрахунку реалізовується у вигляді демону CLIPS. Обмін даними між демоном і користувачською функцією CLIPS відбувається за допомогою XML документів. Перевагами вибору мови Java в даному випадку є її кросплатформленість, мала потреба в системних ресурсах, наявність зручних вбудованих методів роботи з XML документами, наявність засобів для запуску і управління сторонніми процесами.

Таким чином, для вирішення задачі діагностики економічного стану підприємства обираються поширювані за вільною ліцензією програмні засоби:

1. Обгортка продукційних систем CLIPS;
2. Об'єктно-орієнтована мова програмування Java.

Структура програмного комплексу

Необхідність використання різнопланових програмних засобів розробки визначає структуру програмного комплексу (рисунк 2).

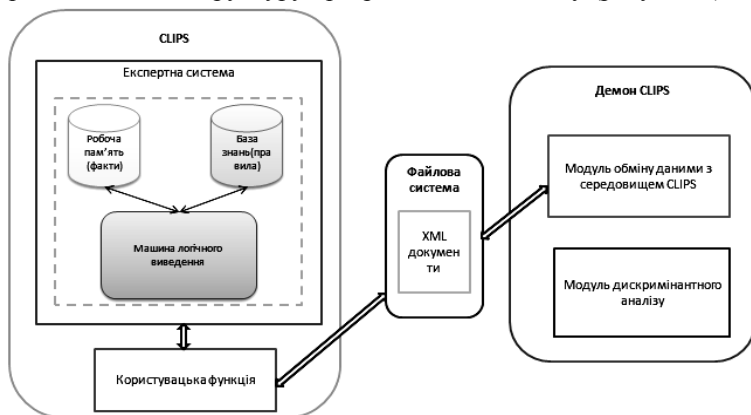


Рис. 2. Структура програмного комплексу вирішення задачі автоматичної діагностики економічного стану підприємства

Обгортка продукційних систем CLIPS містить базу правил, на основі яких відбувається оцінка підприємства. Поточне значення характеристичних коефіцієнтів зберігається в робочій пам'яті у вигляді фактів. Механізм логічного виведення CLIPS забезпечує загальний процес управління програмою. Користувальська функція призначена для отримання параметрів від експертної системи і подальшого їх запису в XML документ, а також для прийому документу з результатами. Демон CLIPS приймає завдання від експертної системи, зчитуючи XML файл з завданням, та запускає його на виконання. Після виконання завдання він формує файл з результатом, який надалі оброблюється користувальською функцією.

Формалізація представлення інформації

База знань продукційної системи містить правила (продукції) виду «якщо-то». Умови активізації правила на поточному кроці виведення висновку містяться в першій частині правила — антецеденті. Антецедент складається зі вектору логічних змінних \bar{Y}_i , $i = 1, 5$, а також показника N_i , який визначає i -ту підмножину продукцій, яка має бути використана на i -му кроці виведення. Друга частина правила — консеквент — відображає дії щодо зміни робочої пам'яті. Ці дії передбачають:

1. Внесення змін до робочої пам'яті.
2. Завантаження блоку правил, які мають бути використані на $(i + 1)$ -му кроці.

3. Завантаження запуску пояснень i -го кроку.

Для ефективної роботи експертної системи правила в базі знань повинні бути написані з урахуванням особливостей алгоритму співставлення з шаблонами продукційної системи. Це підвищує швидкість програми та уникнути зайвих обчислень. В середовищі CLIPS використовується *rete*-алгоритм співставлення з шаблонами. Цей алгоритм дозволяє скористатися властивістю часової надмірності за рахунок зберігання стану процесу співставлення від циклу до циклу.

Через те, що вирішуються чотири однотипні задачі з різними параметрами, для уникнення надлишкового використання ресурсів доцільно застосувати модульне проектування. Кожен модуль є автономною продукційною системою зі своєю базою знань. Вибір модулю для вирішення поточної задачі визначається ідентифікатором типу користувача. Використання даного підходу дозволяє скоротити частину інформації, необхідної для функціонування *rete*-алгоритму.

Висновки

1. Запропоновано поєднати виведення заключень за продукційною моделлю представлення знань з методом класичного дискримінантного аналізу. Це зменшує кількість правил в базі знань з 4^{21} до 4^5 .
2. Запропонована модульна структура програмного комплексу, яка виокремлює вирішення поточної задачі в залежності від мети користувача. Таким чином, зменшується розмір бази знань для кожної поточної задачі в 4 рази.
3. Запропонована формалізація знань, яка надає можливість дослідження визначеної на попередньому кроці виведення підмножини продукцій для створення конфліктного набору. Це збільшує швидкість системи, завдяки зменшенню розміру досліджуваної області правил.

Список використаних джерел:

1. DeMascio, Dave (n.d./1995). Applications. Management/Planning Examples [Електронний ресурс] / Dave DeMascio — Режим доступу: <http://www.massey.ac.nz/~wlxu/paper472/expsyshm/clipsapplication.htm>.
2. Nedoviж, L. Expert system in finance — a cross-section of the field [Електронний ресурс] / L. Nedoviж, D. Vladan — Режим доступу: <http://devedzic.fon.rs/publications/ESwA2002-1.pdf>.
3. Rolji, L. An Expert System for National Economy Model Simulations / L. Rolji // Yugoslav Journal of Operations Research. — 2002. — № 2. — С. 247—269.
4. Simon, H. Models: their uses and limitations. In: The state of the social sciences / H. Simon, A. Newell // (Ed.) White. The State of the Social Sciences. — Chicago, 1956.
5. Матвійчук А. Моделювання фінансової стійкості підприємств із застосуванням теорії нечіткої логіки, нейронних мереж і дискримінантного аналізу / А. Матвійчук // Вісник НАН України. — 2010. — № 9. — С. 24—46.

6. Карамзин Н. Анализ состояния предприятия на основе нечетких продукционных систем / Н. Карамзин, А. Коваленков // Аудит и финансовый анализ. — 2007. — №1. — С. 3—10.
7. Mattson, J. Nexpert Object development system [Електронний ресурс] / Jim Mattson. — Режим доступу: http://cseweb.ucsd.edu/users/little/OldSites/-CSE_Uptime/v2.8/nexpert.html.
8. M4. Add Intelligence to Your Software [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.hallogram.com/m4/index.html>.
9. Knowledge Automation Expert System [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://exsyscorvid.com>.
10. Riley Gary CLIPS online documentation [Електронний ресурс] / Gary Riley. — Режим доступу: <http://clipsrules.sourceforge.net/OnlineDocs.html>.
11. Гусева І. І. Методологічний підхід до визначення рівня енергетичної безпеки України на основі теорій ризику та надійності [Електронний ресурс] / І. І. Гусева // Ефективна економіка. — 2010. — №11. — Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua>.
12. Мажара О. О. Розв'язання задачі класифікації на основі продукцій / О. О. Мажара, С. І. Шаповалова // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики : тези доповідей ІХ Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів (18—22 квітня 2011 року). — К. : НТУУ «КПІ», 2010. — С. 366.

In this work mathematical methodology software for diagnostic economic state is proposed. Software complex structure is justified.

Key words: *diagnosing, expert system, production model, economic state, discriminant analysis.*

Отримано: 27.04.2011