

УДК 65.011.2

О. В. Рузакова,  
к. е. н., доцент кафедри економічної кібернетики,  
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

DOI: 10.32702/2306-6792.2019.5.67

## СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАДАЧАХ ФІНАНСОВОГО АНАЛІЗУ

O. Ruzakova,  
Ph.D in economic sciences, associate professor of the department of economic cybernetics,  
Vinnytsia National Agrarian Universit, Vinnytsia

### DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE TASKS OF FINANCIAL ANALYSIS

У статті складено багаторівневу структурну модель фінансового аналізу із широким спектром функціональних можливостей. Здійснено декомпозицію такого процесу із врахуванням динаміки швидкоплинного зовнішнього та внутрішнього середовищ.

Зауважено, що системи підтримки прийняття рішень характеризують новий етап автоматизації управління підприємством. Відзначено, що основною проблемою в задачах оцінювання фінансового стану підприємства є відсутність прийнятної системної моделі.

Складено розширену множину оцінювальних параметрів фінансового стану підприємства, що дозволяє підвищити точність оцінки для суб'єктів господарювання різних галузей економіки. Запропоновано алгоритм формалізації системи підтримки прийняття рішень щодо фінансового аналізу на базі математичного апарату нечітких множин.

Доведено, що використання сучасних систем прийняття рішень є обов'язковою умовою ефективної діяльності сучасного підприємства.

In the article a multi-level structural model of financial analysis with a wide spectrum of functional possibilities is contained. The decomposition of this process with the dynamics of the fleeting external and internal environments is made.

It is noted that decision support systems characterize a new stage of automation of enterprise management. It is noted that the main problem in the tasks of assessing the financial condition of the enterprise is the lack of an acceptable system model.

Set of valuation parameters of the financial condition of the enterprise has been made, which allows to increase the accuracy of estimates for economic entities of different sectors of the economy. The algorithm of the decision-making support system for financial analysis on the basis of the mathematical apparatus of fuzzy logic is proposed.

In order, the development of new software products that allow a more accurate and in-depth analysis of the financial condition of the enterprise with a minimal risk of mis-estimation and increase the effectiveness of such a procedure is substantiated. It is allowed to accelerate the routine processing of routine procedures.

It is proved that the use of modern decision-making systems is a prerequisite for the effective operation of a modern enterprise. The possibility of automating the evaluation of the financial condition of the enterprise enables the software tool to evaluate the financial condition of the enterprise into local or global information environments — computer networks. The use of such software in the global Internet environment will provide the necessary financial resources to develop the capacity of enterprises both domestic and foreign investors. In addition, the cost of the financial condition of the enterprise evaluation will be substantially reduced both for potential investors and for any economic objects, as the fee for such interactive services is small. This is due to the short payback period, which represents the ratio of estimated costs for developing a web site for evaluating the financial condition of the enterprise and the resulting economic effect.

*Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, нечіткі множини, фінансовий аналіз, оцінювальні параметри, алгоритм, формалізація, модель.*

*Key words: decision support system, fuzzy sets, financial analysis, estimation parameters, algorithm, formalization, model.*

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У виробничій діяльності підприємства час-то трапляються випадки, коли воно відчуває фінансову скруту, пов'язану з недостатнім ра-

ціональним розміщенням і використанням наявних фінансових ресурсів. Тобто актуальним за сучасних ринкових умов розвитку економіки України є формування єдиного підходу

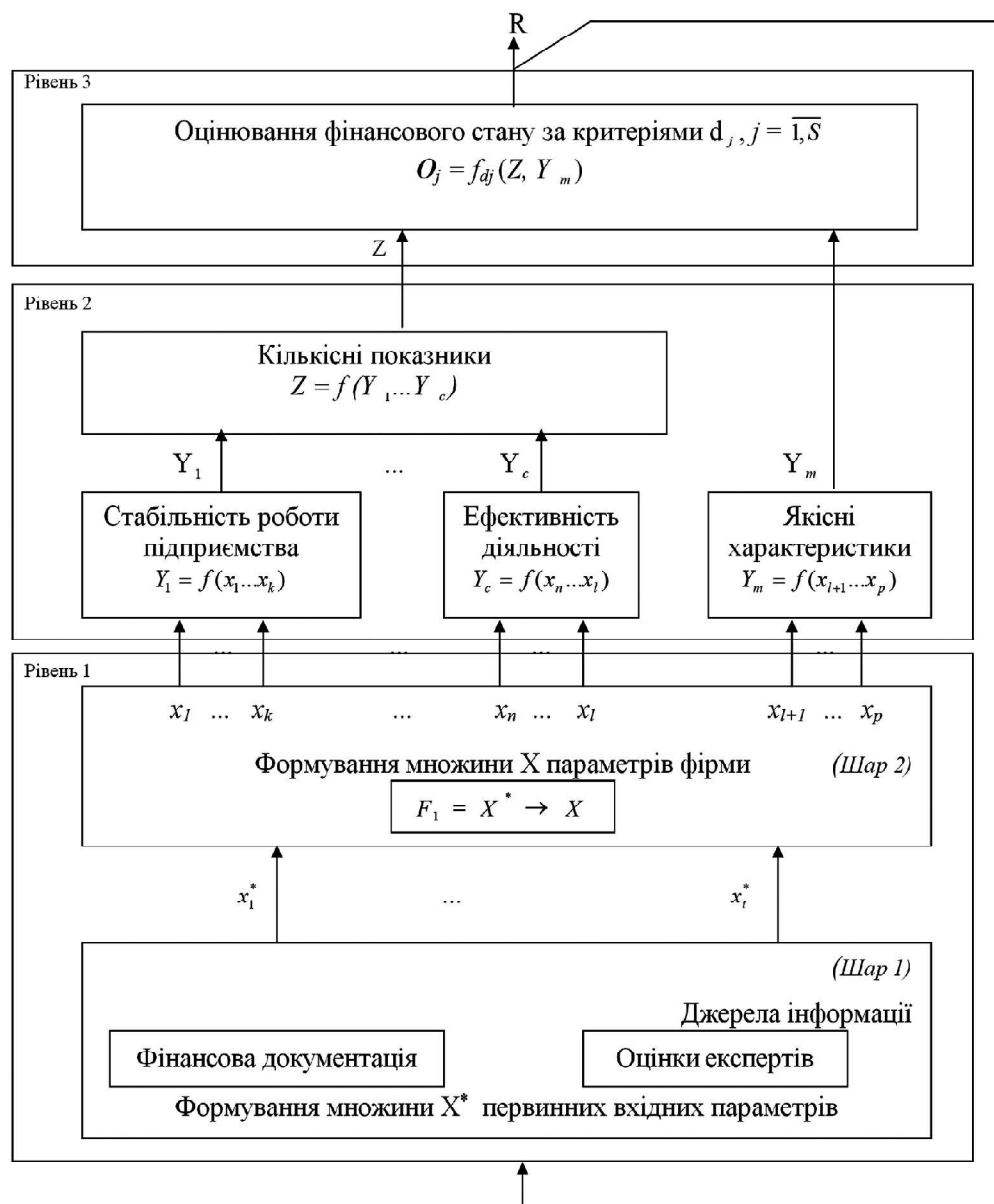


Рис. 1. Структурна модель багатошарової СППР для фінансового аналізу

до оцінювання фінансового стану підприємства. Отримані рішення повинні бути аргументованими, об'єктивними, оскільки помилки у висновках можуть призвести до збитку чи недоотримання прибутку.

Але огляд моделей показує, що існуючі підходи дають можливість оцінити кількісні параметри фінансового стану підприємства, не проводиться кількісний аналіз якісних критеріїв. Тобто фінансовий аналіз здійснюється не повністю, що не дає можливості визначити реальний фінансовий стан підприємства.

Враховуючи різноманіття фінансових процесів, потужну множину показників, що оцінюють фінансовий стан підприємства (ФСП), різницю в рівні їх критичних оцінок, можна стверджувати, що ця задача складна, та для її

вирішення пропонується створення системи підтримки прийняття рішень (СППР) із залученнями економіко-математичних методів та сучасних інформаційних технологій.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

СППР — інформаційний інструмент, що складається з відповідної комбінації комп'ютера та програмного забезпечення, а також бази даних і моделей. Відповідно внесок у методологію побудови СППР формують представники принаймні трьох наукових галузей: інформатики, теорії організації та керування, а також психології. Серед вчених, праці яких є значним внеском у розвиток математичного апарату та теорії створення СППР, необхідно

зазначити: Канторовича Л.В., Гнеденка Л.В., Бусленка М.П., Вентцель О.С., Міхалевича В.С., Ляшка І.І., Сергієнка І.В., Ситніка В.Ф., Вітлінського В.В., Матвійчука А.В., Єрьоміна І.В., Ястремського О.І., Тюптю В.М., Куксу О.І., Кіні Р., Райфа Х., Неймана Дж., Моргенштерна О., Сааті Т., Беленсона С. та багатьох інших.

Застосування апарату нечітких множин для формалізації СППР дозволяє описувати процес прийняття рішень природною мовою особи, що приймає рішення, використовуючи причинно-наслідкові зв'язки, що є доволі зручним. Крім того, математичний апарат НМ дозволяє формалізувати СППР без обробки об'ємних масивів вхідної інформації, тобто немає необхідності розглядати всі комбінації оцінювальних параметрів. Цей апарат дозволяє приймати рішення для об'єктів, які описуються тільки кількісними або тільки якісними параметрами. Однак об'єкти, відносно яких необхідно приймати рішення при оцінюванні ФС, характеризуються кількісно-якісними параметрами, тобто змішаними. Методики формалізації таких СППР є недостатньо розвинутими. Тому проблема аналізу і оцінювання фінансової діяльності є надзвичайно актуальною.

### МЕТА СТАТТІ

Метою статті є підвищення ефективності оцінки ФС шляхом застосування математичного апарату теорій систем і нечітких множин.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для підвищення ефективності прийняття рішення про оцінювання ФС пропонується скласти відповідну багатоваріантну СППР [1, с. 272; 2, с. 15], структурна модель якої зображена на рисунку 1.

Така модель складається з трьох рівнів та відповідних джерел інформації.

Перший рівень містить два шари. На першому шарі здійснюється формування множини  $X^*$  первинних вхідних параметрів. Другий шар передбачає формування множини  $X$  оцінювальних параметрів фінансового стану підприємства. Врахування ризику при оцінюванні ФС стає можливим завдяки формуванню оптимальної множини оцінювальних параметрів економічного суб'єкта. Критерієм оптимальності при цьому є повнота, мінімальність та дієвість множини оцінювальних параметрів суб'єкта. Ця множина формується за допомогою кількісних параметрів ( $x_1 \dots x_l$ ) й якісних ( $x_{l+1} \dots x_p$ ). Для визначення зазначеної множини  $X$  розглядається певна звітність підприєм-

ства, зокрема "Баланс", "Звіт про фінансові результати" тощо та оцінки експертів з різних питань.

Другий рівень передбачає формування груп показників: кількісних, які об'єднують ряд показників нижчого рівня, — від стабільності роботи підприємства до ефективності його діяльності, а також якісних.

На третьому рівні здійснюється визначення рішення  $O_j, j = \overline{1, S}$ , яке класифікує фінансовий стан окремого підприємства за обраними напрямками:  $O_1$  — відмінний ФСП;  $O_2$  — нормальний ФСП;  $O_3$  — задовільний ФСП;  $O_4$  — критичний ФСП;  $O_5$  — незадовільний ФСП.

Розглянемо формування множин вхідних/вихідних параметрів СППР щодо оцінювання ФС. Кількісні характеристики визначаються на основі ряду груп показників, зокрема: фінансова стійкість  $Y_1$ , ліквідність та платоспроможність  $Y_2$ , ділова активність  $Y_3$ , рентабельність  $Y_4$ .

Фінансова стійкість, що являє собою функцію  $Y_1 = f(x_1 \dots x_4)$ , визначається за допомогою параметрів:  $x_1$  — коефіцієнт незалежності,  $x_2$  — коефіцієнт залежності,  $x_3$  — коефіцієнт фінансового ризику,  $x_4$  — коефіцієнт маневрування. Ліквідність та платоспроможність являє собою функцію  $Y_2 = f(x_5 \dots x_9)$ . Вона ідентифікується такими параметрами:  $x_5$  — коефіцієнт грошової платоспроможності,  $x_6$  — коефіцієнт розрахункової платоспроможності,  $x_7$  — коефіцієнт ліквідної платоспроможності,  $x_8$  — коефіцієнт критичної ліквідності,  $x_9$  — частка чистого оборотного капіталу у оборотних активах. Ділова активність, що являє собою функцію  $Y_3 = f(x_{10} \dots x_{18})$ , визначається сукупністю параметрів:  $x_{10}$  — коефіцієнт оборотності активів,  $x_{11}$  — коефіцієнт оборотності дебіторської заборгованості,  $x_{12}$  — коефіцієнт оборотності кредиторської заборгованості,  $x_{13}$  — коефіцієнт оборотності матеріальних запасів,  $x_{14}$  — коефіцієнт оборотності основних засобів,  $x_{15}$  — коефіцієнт оборотності власного капіталу,  $x_{16}$  — строк погашення дебіторської заборгованості,  $x_{17}$  — строк погашення кредиторської заборгованості,  $x_{18}$  — тривалість обороту запасів. Рентабельність являє собою функцію  $Y_4 = f(x_{19} \dots x_{22})$ . Вона визначається на базі таких параметрів:  $x_{19}$  — рентабельність витрат,  $x_{20}$  — рентабельність продаж,  $x_{21}$  — рентабельність всіх активів,  $x_{22}$  — рентабельність власного капіталу.

Узагальнений якісний показник є функцією  $Y_5 = f(x_{23} \dots x_{25})$ , де  $x_{23}$  — професійні здібності

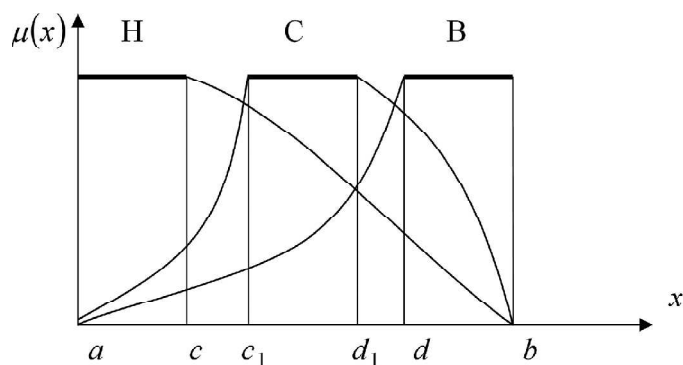


Рис. 2. Функції належності для кількісних параметрів  $x_1, \dots, x_{22}$

керівника підприємства,  $x_{24}$  — рівень мотивації,  $x_{25}$  — рекламна політика та досвід фірми.

Для формалізації СППР щодо оцінювання ФСП скористаємося підходом на базі математичного апарату нечітких множин [3, с. 99—102].

Алгоритм 1

Крок 1.1. Визначити кількість  $t$  оцінювальних лінгвістичних термів.

Крок 1.2. Побудувати графіки функцій належності  $\mu^{d_j}$ ,  $j = \overline{1, S}$  значень кількісних параметрів  $(x_1, \dots, x_{21})$   $t$  лінгвістичним термам у загальному вигляді.

Крок 1.3. Визначити математичні вирази, що описують функції належності  $\mu^{d_j}$  кількісних параметрів.

Крок 1.4. Скласти таблицю значень характеристик точок  $t$  лінгвістичних термів для кількісних параметрів оцінювання  $(x_1, \dots, x_{22})$ .

Крок 1.5. Побудувати графіки функцій належності  $\mu^{d_j}$  значень якісних параметрів  $(x_{23}, \dots, x_{25})$   $t$  лінгвістичним термам у загальному вигляді.

Крок 1.6. Скласти таблицю значень функцій належності якісних параметрів  $t$  лінгвістичним термам.

Крок 1.7. Скласти матриці знань для кількісних показників  $Z$ , якісних характеристик  $Y$ , та остаточного рішення  $R$ .

Розглянемо реалізацію даного алгоритму. Для оцінювальних параметрів  $x_1, \dots, x_{25}$  будемо використовувати єдину шкалу лінгвістичних термів: Н — низький, С — середній, В — високий.

Побудуємо функції належності з ненормованими значеннями  $a, c, c_1, d, d_1, b$  для кожного параметру окремо (табл. 1). Для кожного лінгвістичного терму задамо функцію належності [4, с. 41]. Специфіка обраних кількісних параметрів полягає в тому, що при змінненні цих параметрів в певному проміжку значення

Таблиця 1. Значення параметрів  $a \dots b$  для кількісних параметрів  $x_1, \dots, x_{22}$

$x$	$a$	$b$	$c$	$d_1$	$c_1$	$d$
$x_1$	0	1,0	0,3	0,6	0,4	0,7
$x_2$	0	1,0	0,3	0,6	0,4	0,7
$x_3$	0	4,0	0,7	2	1,0	2,5
$x_4$	0	2,0	0,2	0,5	0,3	0,7
$x_5$	0	3,0	1,0	1,6	1,2	1,8
$x_6$	0	3,0	1,2	1,8	1,4	2,0
$x_7$	0	3,0	1,0	1,6	1,2	1,8
$x_8$	0	1,0	0,2	0,6	0,3	0,7
$x_9$	0	1,0	0,2	0,5	0,3	0,6
$x_{10}$	0	4,0	1,0	2,5	1,5	3
$x_{11}$	0	12,0	3,0	7,0	4,0	8,0
$x_{12}$	0	12,0	3,0	7,0	4,0	8,0
$x_{13}$	0	10,0	2,0	6,0	3,0	7,0
$x_{14}$	0	3,0	0,8	2,0	1,0	2,2
$x_{15}$	0	2,0	0,5	1,2	0,7	1,5
$x_{16}$	0	1,0	0,2	0,4	0,25	0,5
$x_{17}$	0	1,0	0,2	0,4	0,25	0,5
$x_{18}$	0	1,0	0,2	0,4	0,25	0,5
$x_{19}$	-1	2,0	0,7	1,0	0,8	1,2
$x_{20}$	-1	1,0	0,35	0,55	0,45	0,65
$x_{21}$	-1	1,0	0,2	0,4	0,3	0,5
$x_{22}$	-1	2,0	0,7	1,0	0,8	1,2

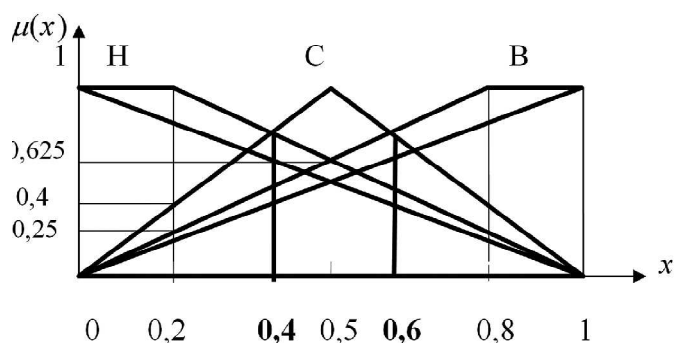


Рис. 3. Функції належності для якісних параметрів

Складемо таблицю значень функцій належності якісних параметрів  $t$  лінгвістичним термам, як запропоновано в роботі [6, с. 92—93].

Таблиця 2. Значення функцій належностей для  $t=3$

Терм	$\mu^H(x)$	$\mu^C(x)$	$\mu^B(x)$
Н	1	0,4	0,25
С	0,625	1	0,625
В	0,25	0,4	1

Таблиця 3. Матриця знань  
для кількісних показників  $x_1 \dots x_{22}$

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$	$x_{21}$	$x_{22}$	Z
H	B	B	H	H	H	H	H	H	H	B	B	H	H	C	C	B	B	H	H	H	H	
H	B	C	B	H	H	H	C	C	H	C	C	H	C	C	B	B	C	H	H	H	H	
H	B	C	H	H	C	C	H	H	H	H	C	H	H	C	B	C	C	H	H	H	C	
H	B	B	B	C	H	H	C	C	H	H	H	H	H	C	B	B	C	H	C	H		H
H	B	C	B	C	C	H	C	C	H	C	C	H	C	C	B	B	C	C	H	H	H	
H	B	B	H	H	C	H	H	H	H	C	B	C	C	H	C	C	C	H	H	H	C	
C	C	C	B	C	H	H	C	H	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
C	H	C	H	C	C	B	H	H	C	H	C	C	H	C	C	C	H	C	C	C	C	
C	C	H	B	C	C	C	H	H	C	C	C	C	C	C	H	C	B	C	H	C	B	
C	B	C	H	C	C	C	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	H	C	C	B	C	
B	C	H	B	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	H	C	H	C	B	C	B	
C	H	C	C	C	C	B	C	C	C	B	C	C	C	C	H	C	H	C	C	B	B	
B	H	H	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	H	H	H	B	B	B	B	
B	H	C	C	B	C	B	C	C	B	C	B	C	B	C	B	H	H	C	B	C	B	
B	H	C	C	B	C	B	C	C	B	B	B	B	B	B	H	H	C	B	C	B	B	
C	C	H	H	C	C	B	C	C	B	C	B	C	B	C	H	H	C	B	C	B	B	
C	C	H	B	C	B	C	C	C	B	B	C	B	B	C	H	C	H	B	B	B	C	

функції не змінюється, а за межами цього проміжку існує нелінійна залежність. Таким чином, отримаємо функції належності трьох нечітких термів для кількісних параметрів  $x_1, \dots, x_{22}$ , які зображено на рисунку 2.

Визначимо математичні вирази, що описують функції належності  $\mu^{dj}$  кількісних параметрів (1)–(3).

$$\mu^u(x) = \begin{cases} 1, & x \in [a, c]; \\ \left( \frac{b-x}{b-c} \right)^{0,8}, & x \in [c, b] \end{cases} \quad (1);$$

$$\mu^c(x) = \begin{cases} \left( \frac{x-a}{c_1-a} \right)^{1,2}, & x \in [a, c_1]; \\ 1, & x \in (c_1, d_1); \\ \left( \frac{b-x}{b-d_1} \right)^{0,8}, & x \in [d_1, b]. \end{cases} \quad (2);$$

$$\mu^e(x) = \begin{cases} \left( \frac{x-a}{d-a} \right)^{1,2}, & x \in [a, d]; \\ 1, & x \in (d, b]. \end{cases} \quad (3).$$

Складемо таблицю значень характеристикних точок і лінгвістичних термів для кількісних параметрів оцінювання ( $x_1, \dots, x_{22}$ ) (табл. 1).

Побудуємо графіки функцій належності  $\mu^{dj}$  значень якісних параметрів ( $x_{23}, \dots, x_{25}$ ) і лінгвістичним термам у загальному вигляді [5, с. 152]. Функції належності для якісних параметрів будемо визначати так, як зображено на рисунку 3.

Використовуючи інформацію, що була надана банківськими експертами в галузі фінансового менеджменту [7, с. 216–219], складемо відповідні матриці знань для оцінки кількісних та якісних характеристик ФСП, а також його остаточної оцінки (табл. 3–5).

### ВИСНОВКИ З ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Для підвищення ефективності прийняття рішення про оцінювання ФСП запропоновано скласти відповідну багатшарову

Таблиця 4. Матриця знань для якісних показників  $x_{23} \dots x_{25}$

$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$Y_5$
H	H	H	H
H	C	H	
C	H	H	
H	H	C	
H	C	C	C
C	H	C	
C	C	H	
C	C	C	
C	B	C	
C	C	B	
B	C	C	B
C	B	B	
B	C	B	
B	B	C	
B	B	B	

Таблиця 5. Матриця знань для оцінки ФСП

Z	$Y_5$	O
B	B	O <sub>1</sub>
C	B	O <sub>2</sub>
B	C	
C	C	O <sub>3</sub>
C	H	O <sub>4</sub>
H	C	
H	H	O <sub>5</sub>

СППР. Це дозволить вирішити численні проблеми економічного та технічного характеру, серед яких основними є необхідність повного і точного опису в моделі суб'єкта господарювання, ідентифікації великої множини потенційних рішень, прийняття точного рішення про оцінювання ФСП у режимі реального часу, необхідність обробки потужних масивів вхідної інформації, потреби у врахуванні кількісних і якісних оцінювальних параметрів суб'єкта господарювання водночас.

Розроблено загальну структурну модель багаторівневої СППР, в якій здійснено стратифікацію процесу прийняття рішення, що дозволяє спростити формалізацію цієї СППР. Кожен рівень у такій СППР реалізує відповідну функцію відображення. Для реалізації цих функцій запропоновано використовувати принципи послідовної та паралельної декомпозиції. Це дозволяє здійснювати вибір форми реалізації у залежності від складності та специфіки задачі.

Запропоновано загальну методику формалізації багаторівневої СППР з розширеними функціональними можливостями, яка дозволяє будувати СППР для об'єктів з різними типами оцінювальних параметрів.

Розроблено алгоритм формалізації СППР щодо оцінювання ФСП на базі математичного апарату нечітких множин. Він дозволяє враховувати об'єкти зі змішаними оцінювальними параметрами та приймати рішення при неповному переборі комбінацій цих параметрів.

#### Література:

1. Рузакова О.В. Оцінювання фінансового стану підприємства з використанням порогових елементів / О.В. Рузакова // Економічний простір: збірник наукових праць. — 2010. — № 39. — С. 271—276.
2. Клебанова Т.С. Нейромережеві моделі оцінки фінансових криз на підприємствах корпоративного типу: монографія / Т.С.Клебанова, О.В. Димченко, О.О. Рудаченко, В.С. Гвоздицький. — Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. — 171 с.
3. Рузакова О.В. Математичні моделі та методи оцінювання фінансового стану підприємства: монографія / А.О. Азарова, О.В. Рузакова. — Вінниця: ВНТУ, 2010. — 172 с.
4. Гвоздицький В.С. Використання апарату нечіткої логіки при оцінці загрози банкрутства вітчизняних підприємств / В.С. Гвоз-

дицький // Кримський економічний вісник: науковий журнал. — 2014. — № 2 (09). — С. 39—43.

5. Vitlinskyi V. Modeling situations in foreign economic activity / V. Vitlinskyi, L. Makhanets / The USV Annals of Economics and Public Administration. — Vol. 18. — No 1 (27). — 2018. — P. 149—155.

6. Русинко М.К. Моделювання інвестиційної політики банку методами нечіткої логіки / М.К. Русинко, Т.М. Костирко // Науковий вісник НАТУ України. — 2018. — Т. 28, № 9. — С. 90—94.

7. Матвійчук А.В. Біннінг кількісних змінних з формуванням тренду для задач скорингу / А.В. Матвійчук, Ю.В. Клебан // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: КНЕУ, 2017. — Вип. 93. — С. 213—229.

#### References:

1. Rusakova, O.V. (2010), "Estimation of financial condition of the enterprise using threshold elements", Economic space: a collection of scientific works, vol. 10, pp. 271—276.
2. Klebanova, T.S. Dimchenko, O.V., Rudachenko, O.O. and Gvozdzitsky, V.S. (2018), "Neural network models for assessing financial crises at enterprises of the corporate type", KhNUMG them. O.M. Beketova, Kharkiv, Ukraine.
3. Rusakova, O.V. and Azarova, A.O. (2010), "Mathematical models and methods for evaluating the financial state of the enterprise", VNTU, Vinnitsa, Ukraine.
4. Gvozdzitsky, V.S. (2014), "The use of fuzzy logic apparatus in assessing the threat of bankruptcy of domestic enterprises", Crimean Economic Bulletin: Scientific Journal, vol. 2 (09), pp. 39—43.
5. Vitlinskyi, V. and Makhanets, L. (2018), "Modeling situations in foreign economic activity", The USV Annals of Economics and Public Administration, vol. 18, pp. 149—155.
6. Rusinko, M.K. and Kostyrko, T.M. (2018), "Modeling of the Bank's Investment Policy by Fuzzy Logic Methods", Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, vol. 9, pp. 90—94.
7. Matviychuk, A.V. and Kleban, Yu.V. (2017), "Binning of quantitative variables with the formation of a trend for scoring tasks", Modeling and Information Systems in Economics, vol. 93, pp. 213—229.

Стаття надійшла до редакції 26.02.2019 р.