

УДК: 332.12:338.432

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗАСОБАМИ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Козловський С.В., д.е.н.
ПВНЗ «Університет сучасних знань»
Жураківський Є.С.

Вінницький національний аграрний університет

У статті проведено теоретико-концептуальне дослідження особливостей оцінки рівня економічної безпеки аграрної галузі. Розроблено структурну схему економіко-математичної моделі оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі. Розроблено класифікацію факторів впливу на економічну безпеку аграрної галузі Вінницької області. Розроблено структурну модель оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області. Вперше розроблено інноваційну економіко-математичну модель оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі регіону на основі теорії нечіткої логіки. Визначено основні етапи моделювання на основі теорії нечіткої логіки, визначено рівні (терми) змін вихідного показника моделі, наведено значення параметрів функцій належності моделі, наведено елемент бази знань вихідного показника моделі, розроблені нечіткі логічні рівняння моделі, проведено процедуру дефазифікації (перетворення знайденого нечіткого логічного висловлювання (висновку) у вихідний оціночний чи прогнозний параметр) моделі. Зроблено прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області до 2019 року.

Ключові слова: економічна безпека, аграрна галузь, економіко-математична модель, нечітка логіка, прогнозування, Вінницька область.

UDC: 332.12:338.432

MODELING AND FORECASTING OF THE AGRICULTURAL ECONOMIC SECURITY OF VINNITSA REGION BY MEANS OF THEORY OF FUZZY LOGIC

Kozlovskiy S., Dr. of Econ.Sc.
PHEI «University of contemporary knowledge»
Jurakovskiy E.

Vinnitsa National Agrarian University

This article presents the theoretical and conceptual research of the features assesses level of economic security of the agricultural sector. It is developed the structural plan of the economic and mathematical model of the estimation and forecasting of economic security of the agricultural sector. It is also offered a classification of factors

© Козловський С.В., д.е.н., Жураківський Є.С., 2016

influencing on the economical security of the agricultural sector in Vinnitsa region. The structural model of evaluating and forecasting economic security of the agricultural sector in Vinnitsa region is developed. First developed innovative mathematical model estimation and forecasting of economic security of the agricultural sector in the region based on the theory of fuzzy logic. The main stages of modeling based on the theory of fuzzy logic, the levels (terms) changes the original indicator models are settings functions of the model are a unit of knowledge output indicator models developed fuzzy logic equation model, conducted the procedure Defuzzification (transformation found fuzzy statements (opinion) to the output estimated or projected parameter) model. It is made the forecasting of the level of economic security of the agricultural sector of Vinnitsa region by 2019.

Keywords: economic security, agriculture, economic-mathematical model, fuzzy logic, forecasting, Vinnitsa region.

Актуальність проблеми. У сучасному глобалізованому світі питання забезпечення економічної безпеки країни як першочергової задачі захисту національних інтересів держави від різного роду загроз має особливу актуальність. Одним з методів оцінювання поточної ситуації та напрямків підвищення рівня економічної безпеки аграрної галузі є використання інформаційних технологій, що дозволить підвищити оперативність і якість прийнятих управлінських рішень.

Для вирішення поставлених проблем потрібно розробляти економіко-математичні моделі нового типу, що дозволяють проводити проблемно-орієнтований пошук, проводити аналіз інформації, а також надавати користувачеві фактографічну інформацію у доступному вигляді.

Аналіз останніх наукових досліджень. Моделювання засобами теорії нечіткої логіки присвячені праці таких вчених як: Л. Заде, О. Ротштейн, С. Штовба, О. Козачко, В. Козловський, А. Матвійчук, Ю. Герасименко, Г. Пчелянська, О. Балтремус, Е. Кіреєва, однак для моделювання показника економічної безпеки аграрної галузі вона пропонується вперше. Переваги теорії нечіткої логіки порівняно з іншими математичними методами наведено в [1, с. 53], що ще раз підтверджує ефективність використання саме теорії нечіткої логіки для вирішення завдання дослідження.

Мета роботи полягає в розробці інноваційної економіко-математичної моделі оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі засобами теорії нечіткої логіки.

Викладення основного матеріалу дослідження. Важливим моментом при використанні економіко-математичної моделі щодо оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі є та обставина, що користувач, працюючи з елементами управління, змінює локальний набір даних, який призводить до негайної зміни їх візуального відображення і формує прогноз з урахуванням даних змін.

На рис. 1 пропонується структурна схема економіко-математичної моделі для вирішення автоматизованого завдання оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі на рівні регіону з метою управління даним процесом.

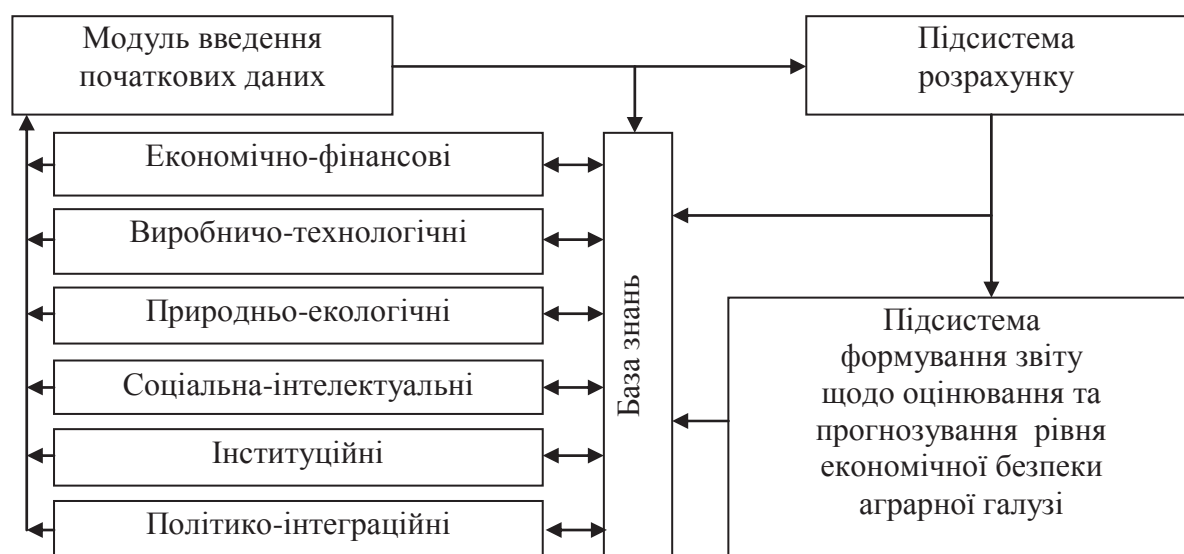


Рис. 1. Структурна схема економіко-математичної моделі щодо оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі

Власна розробка

Економіко-математична модель передбачає, що на рівні держави або регіону за результатами звітного періоду (місяць, квартал, рік) співробітник здійснює введення даних за інформацією компонентів економічної безпеки аграрної галузі. Після того, як на звітну дату була введена інформація вона підлягає узагальненню та аналізу. Тобто є можливість за допомогою табличного і графічного способу відображення вихідної інформації проводити порівняння з граничними значеннями показників і в динаміці за ряд періодів з метою виявлення загроз економічній безпеці аграрній галузі.

Класичний підхід до моделювання на основі теорії нечіткої логіки передбачає поетапне розв'язання таких задач [2]: виокремлення основних факторів впливу на рівень економічної безпеки аграрної галузі; формалізація взаємозв'язків між факторами впливу в

узагальненому вигляді; визначення і формалізація лінгвістичних оцінок факторів впливу; побудова нечіткої бази знань про взаємозв'язки між факторами впливу; виведення нечітких логічних рівнянь на основі лінгвістичних оцінок і нечіткої бази знань; оптимізація параметрів нечіткої моделі.

Беручи до уваги необхідність дотримання основних принципів проведення моделювання [3] рівня економічної безпеки аграрної галузі регіону та чинний понятійний апарат теорії нечіткої логіки, входні фактори моделі оцінювання рівня економічної безпеки аграрної галузі регіону наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. - +Вхідні фактори (змінні) моделі та їх лінгвістична оцінка

Вхідний параметр (змінна)	Назва вхідного параметра (змінної)	Діапазон зміни вхідного параметра	Лінгвістична оцінка вхідних параметрів (терми)
x ₁	Середні ціни на зернові та зернобобові культури в регіоні	1-5 тис. грн./ тонну	Низькі, 1-2, (Н) Середні, 2-3, (С) Високі, 3-5, (В)
x ₂	Середні ціни на продукцію тваринництва в регіоні	2-10 тис. грн./ тонну	Низькі, 2-3 тис. грн./ тонну, (Н) Середні, 3-6 тис. грн./ тонну, (С) Високі, 6-10 тис. грн./ тонну, (В)
x ₃	Чистий прибуток підприємств сільськогосподарської галузі регіону	10-50 млрд. грн.	Низький, 0-10 млрд. грн. (Н) Середній, 10-20 млрд. грн. (С) Високий, 20-50 млрд. грн. (В)
x ₄	Сальдо зовнішньої торгівлі Вінницької області	-30-50 млн. дол. США	Негативне -30-0 млн.дол. США, (НН) Низьке, 0-10 млн.дол. США, (Н) Середнє 10-30 млн.дол. США, (С) Високе, 30-50 млн.дол. США, (В)
x ₅	Обсяг дотацій в сільське господарство з державного бюджету	50-500 млн. грн.	Низький, 50-100 млн. грн., (Н) Середній 100-300 млн. грн., (С) Високий, 300-500 млн. грн., (В)
x ₆	Рівень рентабельності усієї діяльності підприємств аграрної галузі регіону	3-50 %	Низький, 3-5%, (Н) Середній, 5-20%, (С) Високий, 20-50%, (В)
x ₇	Рівень інфляції в Україні	0-100 %	Низький, 0-8 %, (Н) Середня, 9-15 %, (С) Високий, 15-100 %, (В)
x ₈	Валова продукція сільського господарства регіону	10-40 млрд. грн.	Низька, 10-15 млрд. грн. (Н) Середня, 15-30 млрд. грн., (С) Висока, більше 30 млрд. грн., (В)
x ₉	Кількість сільськогосподарських підприємств в регіоні	1-3 тис. шт. / рік	Низька, 1-1,5 тис. шт. / рік, (Н) Середня, 1,5-2 тис. шт. / рік, (С) Висока, 2-3 тис. шт. / рік, (В)
x ₁₀	Кількість сільськогосподарської техніки у регіоні	5-80 тис. шт.	Низька, 1-20 тис. шт., (Н) Середня, 20-40 тис. шт., (С) Висока, 40-80 тис. шт., (В)
x ₁₁	Обсяг посівних площ основних сільськогосподарських культур в регіоні	1-2 млн. га	Низький, 1-1,2 млн. га, (Н) Середній, 1,2-1,7 млн. га, (С) Високий, 1,7-2 млн. га, (В)

Продовження таблиці 1

x ₁₂	Урожайність зернових та зернобобових культур в регіоні	30-70 ц. з 1 га	Низька, 30-40 ц. з 1 га, (Н) Середня, 40-50 ц. з 1 га, (С) Висока, 50-70 ц. з 1 га, (В)
x ₁₃	Урожайність ріпаку в регіоні	10-40 ц. з 1 га	Низька, 10-15 ц. з 1 га, (Н) Середня, 15-30 ц. з 1 га, (С) Висока, 30-40 ц. з 1 га, (В)
x ₁₄	Обсяг викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря регіону	30-200 тис. тонн	Низький, 30-80 тис. тонн, (Н) Середній, 80-120 тис. тонн, (С) Високий, 120-200 тис. тонн, (В)
x ₁₅	Природні катастрофи в регіоні	0-100 бали	Низький рівень, 0-25, (Н) Середній рівень, 25-50, (С) Високий рівень, 50-100, (В)
x ₁₆	Середня кількість працівників, зайнятих у сільськогосподарському виробництві регіону	25-50 тис. осіб/ рік	Низька, 20-30 тис. осіб / рік, (Н) Середня, 30-40 тис. осіб / рік, (С) Висока, 40-50 тис. осіб / рік, (В)
x ₁₇	Середня заробітна плата в регіоні	1-7 тис. грн./ місяць	Низька, 1-3 тис. грн. міс., (Н) Середня, 3-4 тис. грн. міс., (С) Висока, 4-7 тис. грн. міс., (В)
x ₁₈	Інтелектуальний потенціал (індекс людського розвитку) країни	0-1 од.	Низький, 0-0,5 (Н) Середній, 0,5-0,7 (С) Високий, 0,7-1 (В)
x ₁₉	Інноваційний потенціал регіону	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 30-60, (С) Високий 60-100, (В)
x ₂₀	Інституційний потенціал регіону	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 30-60, (С) Високий 60-100, (В)
x ₂₁	Рівень політичної стабільності в країні	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 30-60, (С) Високий 60-100, (В)
x ₂₂	Міжнародно-інтеграційний стан країни	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 30-60, (С) Високий 60-100, (В)

Власна розробка

Для встановлення ієрархічних зв'язків між факторами, що впливають на рівень економічної безпеки аграрної галузі регіону, доцільно згрупувати їх в такі групи: економічно-фінансові (е); виробничо-технологічні (v); природно-екологічні (р); соціально-інтелектуальні (s); інституційно-політико-інтеграційні (і). Зазначені групи факторів впливу у вигляді «дерева виведення» наведено на рис. 2-б.

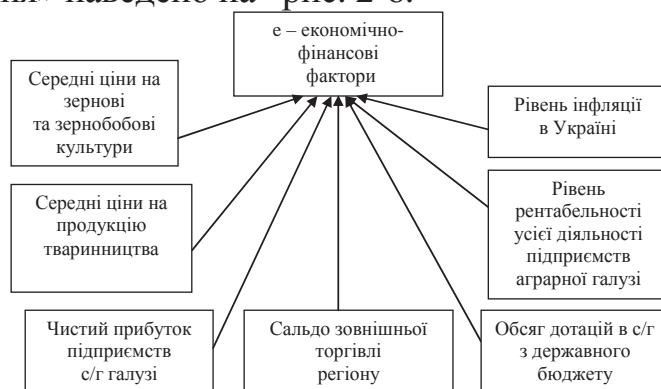


Рис. 2. Класифікація економічно-фінансових факторів

Власна розробка

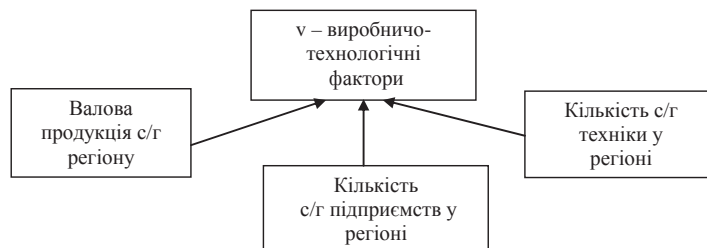


Рис. 3. Класифікація виробничо-технологічних факторів



Рис. 4. Класифікація природно-екологічних факторів

Власна розробка

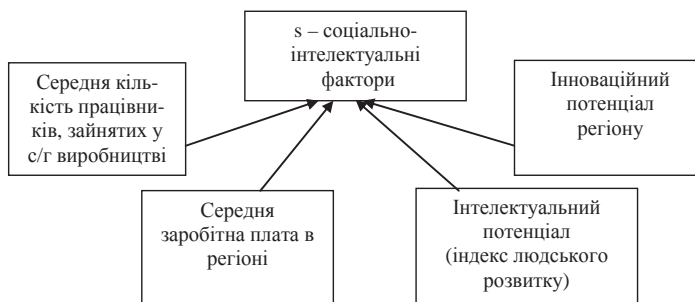


Рис. 5. Класифікація соціально-інтелектуальних факторів

Власна розробка

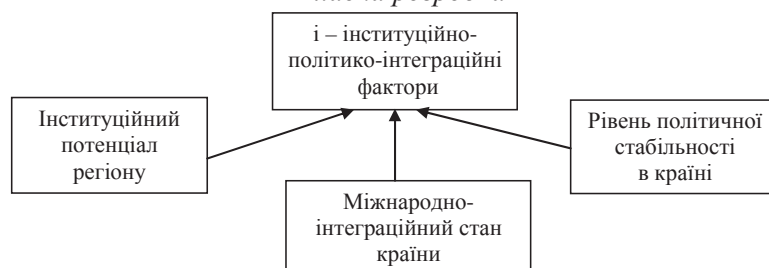


Рис. 6. Класифікація інституційно-політико-інтеграційних факторів

Власна розробка

За допомогою структурних схем, наведених на рис. 2-6, позначимо лінгвістичні змінні факторів e , v , p , s , i за допомогою таких співвідношень:

$$e = f_e(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7), \quad (1)$$

$$v = f_v(x_8, x_9, x_{10}), \quad (2)$$

$$p = f_p(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}), \quad (3)$$

$$s = f_s(x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}), \quad (4)$$

$$i = f_i(x_{20}, x_{21}, x_{22}), \quad (5)$$

де $x_1 \div x_7$ – економіко-фінансові фактори; $x_8 \div x_{10}$ – виробничо-технологічні фактори; $x_{11} \div x_{15}$ – природно-екологічні фактори; $x_{16} \div x_{19}$ – соціально-інтелектуальні фактори; $x_{20} \div x_{22}$ – інституційно-політико-інтеграційні фактори.

Вихідну величина, тобто рівень економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області Z , можна визначити за формулою (6):

$$Z = f_z(e, v, p, s, i, t), \quad (6)$$

де e, v, p, s, i та t – лінгвістичні змінні, що описують відповідно економічно-фінансові, виробничо-технологічні, природно-екологічні, соціально-інтелектуальні, інституційно-політико-інтеграційні фактори впливу та період прогнозування. Період прогнозування t в подальшому буде закодований двома знаками за зразком: (6М, 1Р, 2Р, 3Р де літерами М та Р позначені місяць та рік).

Використовуючи рекомендації експертів [4, 5, 6, 7] та відповідно до конкретної економічної ситуації, що склалася в аграрній галузі, рівень економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області можна охарактеризувати такими рівнями (за шкалою від «0» до «100»):

- Z_1 (85-100) – відмінна економічна безпека (клас А або 1);
- Z_2 (66-84) – добра економічна безпека (клас В або 2);
- Z_3 (51-65) – задовільна економічна безпека (клас С або 3);
- Z_4 (31-50) – незадовільна економічна безпека (клас Д або 4);
- Z_5 (0-30) – абсолютна економічна небезпека (клас Е або 5).

Структуру економічної моделі оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області подамо у вигляді так званого «дерева логічного висновку». Дерево логічного висновку – це граф, який показує логічні зв'язки між прогнозним показником Z та чинниками $\{x_1 \dots x_{22}\}$, які впливають на цей прогнозний показник Z при дотриманні співвідношень, наведених у формулах (1)-(5). Структурна моделі оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області буде мати вигляд, наведений на рис. 7.

Структурний аналіз представленої моделі оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької

області свідчить, що ця модель фактично складається із п'яти інших взаємопов'язаних моделей: 1) моделі економічно-фінансових факторів забезпечення економічної безпеки аграрної галузі регіону; 2) моделі виробничо-технологічних факторів забезпечення економічної безпеки аграрної галузі регіону; 3) моделі природно-екологічних факторів забезпечення економічної безпеки аграрної галузі регіону; 4) моделі соціально-інтелектуальних факторів забезпечення економічної безпеки аграрної галузі регіону; 5) моделі інституційно-політико-інтеграційних факторів забезпечення економічної безпеки аграрної галузі регіону.

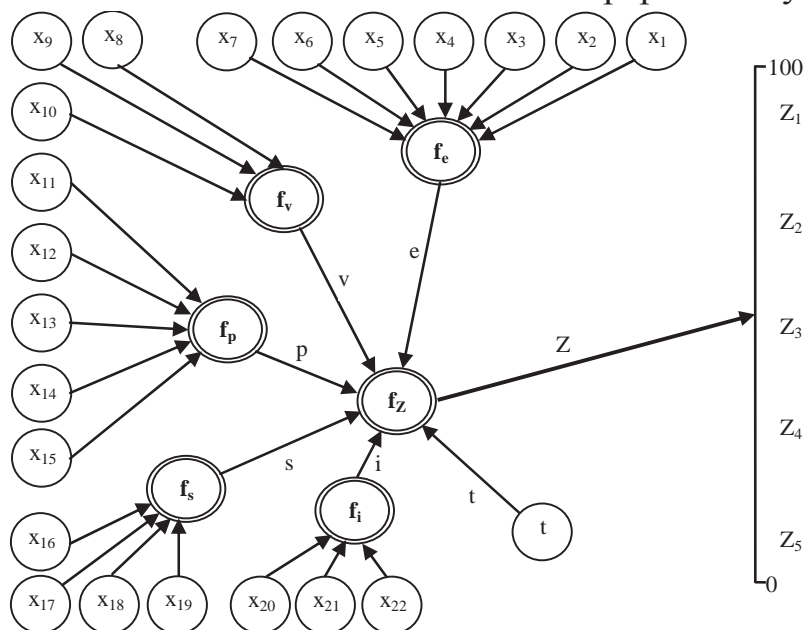


Рис. 7. Структурна моделі оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області
Власна розробка

Варто зазначити, що при побудові моделі ми оперували вхідними кількісними та вхідними якісними параметрами одночасно. Вхідні параметри $\{x_1 \dots x_{14}, x_{16} \dots x_{18}\}$ є кількісними, і для їх опису ми використовували статистичні дані; параметри $\{x_{15}, x_{19} \dots x_{22}\}$ – якісні, тому для їх опису ми використовували бальну шкалу оцінок від «0» до «100» балів.

Теорія нечітких множин передбачає визначення рівнів (термів) змін вихідного показника [8, 9]. Кожний терм подається нечіткою множиною із відповідною функцією належності.

Для опису термів скористаємося методикою, наведеною в [1]. При цьому терми подамо у вигляді нечітких множин, використовуючи модель функції належності (ФН):

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left[\frac{x - b}{c} \right]^2}, \quad (7)$$

Де b і c – параметри функції належності (ФН); b – координата максимуму функції; c – коефіцієнт концентрації розтягування.

Значення коефіцієнтів b і c для змінних x_1 в таблиці 2 (як приклад).

Таблиця 2. - Значення параметрів b і c функцій належності змінних x_1, x_{19}

Вхідні змінні (параметр)	Назва вхідної змінної (параметра)	Лінгвістична оцінка вхідних змінних (терми)	b	c
x_1	Середні ціни на зернові та зернобобові культури в регіоні	Н	1	1
		С	2,5	1,5
		В	4	1,5
x_{19}	Інноваційний потенціал регіону	Н	15	30
		С	45	25
		В	85	35

Власна розробка

Вибір функції належності даного типу (див. формулу 7) обумовлений тим, що ця функція є достатньо гнучкою та простою, оскільки задається лише двома параметрами, і є більш зручною для подальшого налагодження моделі. Для прикладу, функцію належності для змінної x_1 наведено на рис. 8.

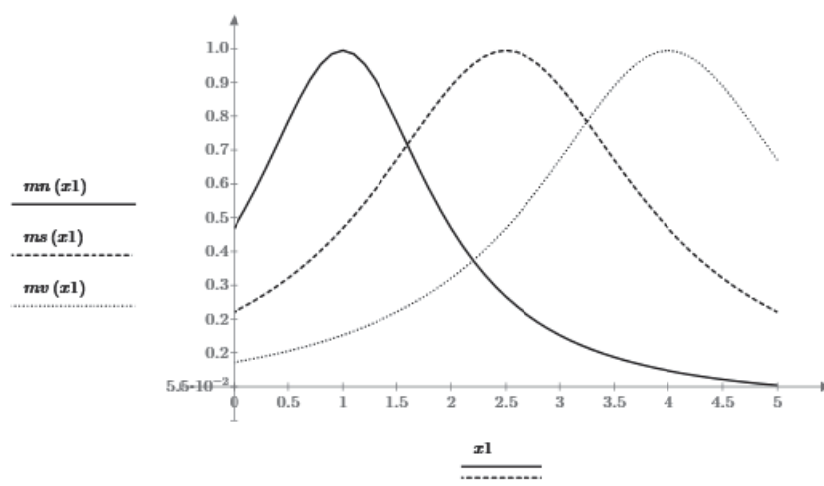


Рис. 8. Функція належності для змінної x_1

Власна розробка

Наступним кроком моделювання рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області є складання ієрархічної бази знань. Для побудови бази знань нами була використана інформація, отримана від фахівців Департаменту агропромислового розвитку та Департаменту регіонального економічного розвитку Вінницької облдержадміністрації та Головного управління статистики у Вінницькій області,

фактографічна інформація центральних органів виконавчої влади України та інформація фахівців даної галузі.

Розглянемо співвідношення (6). Для оцінки значення лінгвістичних змінних, які показують причинно-наслідковий зв'язок між рівнем економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області Z та економічно-фінансовими, виробничо-технологічними, природно-екологічними, соціально-інтелектуальними, інституційно-політико-інтеграційними факторами впливу, використаємо систему терм-множин, яка запропонована вище. Тоді база знань для змінної Z , яка характеризує рівень економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області, буде мати вигляд, наведений в табл. 3.

Таблиця 3. База знань змінної Z

e	v	p	s	i	t	Z	w
Н	Н	Н	Н	Н	t_1	Z_5	w_1
Н	С	С	Н	Н	t_2	Z_5	w_2
С	Н	С	Н	Н	t_4	Z_5	w_3
Н	С	Н	С	С	t_2	Z_4	w_4
С	С	Н	Н	С	t_3	Z_4	w_5
С	Н	С	С	Н	t_1	Z_4	w_6
С	С	С	С	С	t_4	Z_3	w_7
BC	Н	С	BC	BC	t_1	Z_3	w_8
В	Н	В	Н	Н	t_2	Z_3	w_9
С	BC	BC	BC	Н	t_3	Z_2	w_{10}
BC	С	BC	С	С	t_2	Z_2	w_{11}
В	В	В	Н	С	t_1	Z_2	w_{12}
В	В	В	В	В	t_3	Z_1	w_{13}
В	BC	BC	BC	С	t_4	Z_1	w_{14}
BC	В	В	BC	В	t_2	Z_1	w_{15}

Власна розробка

Кожне правило бази знань являє собою висловлювання «ЯКЩО-ТО». Правила, які мають однаковий вихідний параметр, об'єднуються у рядках таблиці логічним висловлюванням «АБО». Вага правила w виражає суб'єктивну впевненість експерта у цьому правилі. На етапі формування структури нечіткої моделі ваги всіх правил бази знань беремо рівними одиниці [1, 9, 10, 11].

Для реалізації нечіткого логічного висновку необхідно здійснити перехід від логічних висловлювань до нечітких логічних рівнянь [11, 12, 13]. Такі рівняння можна отримати шляхом заміни лінгвістичних значень на значення функцій належності, а операції «ТА» і «АБО» –

нечіткими логічними операціями перетину \wedge і об'єднання \vee . Вага правил у базі знань враховується шляхом множення нечіткого виразу, що відповідає кожному рядку бази, на відповідне значення ваги.

Тоді наведеним в табл. 3 лінгвістичним висловлюванням будуть відповідати такі нечіткі логічні рівняння (див. формули 8-12):

$$\mu^{Z_5}(Z) = w_1 \cdot [\mu^H(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^H(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{t_1}(t)] \vee w_2 \cdot [\mu^H(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{t_2}(t)] \vee$$

$$w_3 \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{t_4}(t)];$$

$$\mu^{Z_4}(Z) = w_4 \cdot [\mu^H(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^H(s) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{t_2}(t)] \vee w_5 \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^H(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{t_3}(t)] \vee$$

$$w_6 \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{t_1}(t)];$$

$$\mu^{Z_3}(Z) = w_7 \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{t_4}(t)] \vee w_8 \cdot [\mu^{BC}(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^{BC}(i) \cdot \mu^{t_1}(t)] \vee$$

$$w_9 \cdot [\mu^B(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{t_2}(t)];$$

$$\mu^{Z_2}(Z) = w_{10} \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^{BC}(e) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{t_3}(t)] \vee w_{11} \cdot [\mu^{BC}(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{t_2}(t)] \vee$$

$$w_{12} \cdot [\mu^B(a) \cdot \mu^B(e) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{t_1}(t)];$$

$$\mu^{Z_1}(Z) = w_{13} \cdot [\mu^B(a) \cdot \mu^B(e) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^B(p) \cdot \mu^B(i) \cdot \mu^{t_3}(t)] \vee w_{14} \cdot [\mu^B(a) \cdot \mu^{BC}(e) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{t_4}(t)] \vee$$

$$w_{15} \cdot [\mu^{BC}(a) \cdot \mu^B(e) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^B(i) \cdot \mu^{t_2}(t)].$$

Значення ступенів функцій належності в рівняннях (8)-(12) визначаються нечіткими базами знань, які характеризують економічно-фінансові, виробничо-технологічні, природно-екологічні, соціально-інтелектуальні, інституційно-політико-інтеграційні фактори впливу.

Нечіткі логічні рівняння (8)-(12) є математичною реалізацією моделі оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області.

Дефазифікація є останнім етапом моделювання і являє собою обернене перетворення знайденого нечіткого логічного висловлювання (висновку) у вихідний оціночний чи прогнозний параметр (змінну), який підлягає моделюванню і прогнозуванню. Існують різні методи дефазифікації, вибір і застосування яких залежить від об'єкта моделювання [1, 14, 15].

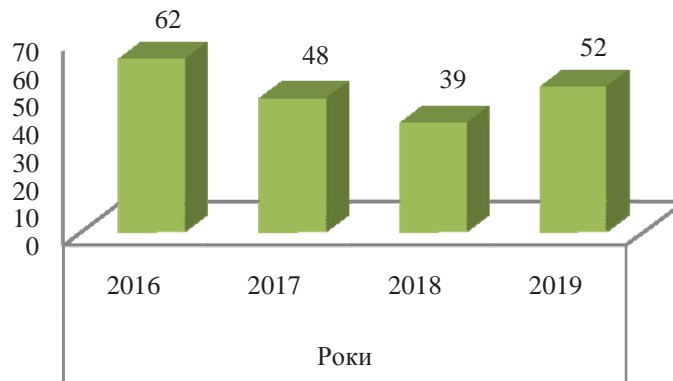
Виходячи з характеристик об'єкта моделювання та характеру вихідного параметра (змінної), для розв'язання логічних рівнянь оберемо метод дефазифікації, який має назву «метод центру ваг розширений».

У нашому випадку, коли вихідний параметр (змінна) має «n» термів, розрахунок центра ваг зводиться до розв'язання рівняння 13:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \left[Z_E + (i-1) \cdot \frac{Z_A - Z_E}{n-1} \right] \cdot \mu^{Z_i}}{\sum_{i=1}^n \mu^{Z_i}}, \quad (13)$$

де n – кількість (дискретних значень) термів змінної «Z»; $x_E (x_A)$ – нижня (верхня) межа діапазону змінної «Z»; μ^{Z_i} – функція належності змінної «Z» до нечіткого терма «Z_i».

У математичному пакеті Matlab 6.1 [16] було проведено експеримент із застосуванням вище наведеної методики. На рис. 9 зображено результати оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області до 2019 року.



*Рис. 9. Результати оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області
Власна розробка*

За розрахунками моделювання прогноз рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області у 2016-2019 роках буде наступним. У 2016 та 2019 році рівень економічної безпеки аграрної галузі буде віднесено до класу С – «задовільна економічна безпека». У 2017-2018 роках прогнозний рівень економічної безпеки аграрної галузі погіршиться до класу Д – «незадовільна економічна безпека».

Для поліпшення адекватності прогнозу рівня економічної безпеки можна провести оптимізацію (налагодження) даної моделі, але ця задача виходить за межі даного дослідження.

Як вже зазначалося раніше, перевагою економіко-математичних моделей, побудованих на базі нечіткої логіки, є можливість використання в якості вхідних параметрів лінгвістичних висловлювань (висновків) експертів, що значною мірою компенсує відсутність

(висновків) експертів, що значною мірою компенсує відсутність аналітичних залежностей між вхідними та вихідними параметрами (змінними) об'єкта [17, 18, 19] прогнозування.

Висновки. Розроблена економіко-математична модель оцінювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області може розглядатись як типова для даного класу об'єктів, а розроблена на її базі методологія моделювання може застосовуватись для моделювання будь-яких економічних процесів, що характеризуються нечітким зв'язком між вхідними та вихідними параметрами, труднощами формалізації факторів впливу, можливістю залучати лінгвістичні висловлювання (висновки) експертів для побудови моделей тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Козловський С. В. Макроекономічне моделювання та прогнозування валютного курсу в Україні: [моногр.] / С. В. Козловський, В. О. Козловський – Вінниця: «Книга-Вега» ВАТ «Вінницька обласна друкарня», 2005. – 240 с.
2. Козловський С. В. Управління регіональною продовольчою безпекою на основі сучасних методів моделювання / С. В. Козловський, Е. А. Кіреєва // Економіка України. – 2015. - №8. – С.57-73.
3. Козловський С. В. Моделювання стійкості економічної системи України на основі нечіткої логіки / С. В. Козловський // Формування ринкових відносин в Україні: Збірник наукових праць. Вип. 9 (112) / Наук. ред. І.Г. Манцуров. – К., 2010. – 228 с., С.62-73.
4. Офіційний веб-сайт Всесвітньої організації з продовольства та сільського господарства Організації Об'єднаних Націй. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org>
5. Офіційний сайт Інституту економічних досліджень та політичних консультацій: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ier.com.ua/>
6. Офіційний сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/>
7. Козловський С. В. Стійкість розвитку аграрної галузі регіону як чинник економічного зростання України / С. В. Козловський, В. О. Козловський, О. М. Бурлака // Економіка України. – 2014. – № 9. – С.59-73.
8. Козловський С. В. Управління сучасними економічними системами, їх розвитком та стійкістю : [моногр.] / С. В. Козловський – Вінниця : Меркьюрі-Поділля, 2010. – 432 с.

9. Козловський С. В. Забезпечення стійкого економічного розвитку агропромислового комплексу регіону: [моногр.] / С. В. Козловський, В. В. Коровій, О. М. Балтремус, В. О. Козловський, Ю. П. Плюшко, О. В. Барчишен / За ред. С.В. Козловського . – Вінниця: Меркьюрі-Поділля, 2016. – 258 с.
10. Камінський В. В. Вступ до теорії слабких множин // В. В. Камінський, Б. І. Мокін. – Вінниця, ВНТУ, 2012. – 128 с.
11. Ротштейн О. П. Нейро-лінгвістична ідентифікація нелінійних залежностей / О. П. Ротштейн, Ю. І. Мітюшкін // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – №4. – С. 5-12.
12. Ріппа С. П. Прийняття рішень в економіці на основі комп'ютерних баз знань / С. П. Ріппа. – Львів: Каменяр, 1997. – 268 с.
13. Эндрю А. Искусственный интеллект / А. Эндрю. – М.: Мир, 1985. – 261 с.
14. Козловський С. В. Моделювання інвестиційних процесів в агропромисловому комплексі України : [моногр.] / С. В. Козловський, Ю. В. Герасименко. – Вінниця : Глобус-Прес, 2007. – 136 с.
15. Кветний Р. Н. Математичне моделювання стану валютного ринку, на основі нечіткої логіки / Р. Н. Кветний, С. В. Козловський // Вісник ВПІ – Вінниця. – 2001. – № 2(35) – С. 47-58.
16. Pratar R. Getting started with Matlab 5. A quick introduction for scientists and engineers / R. Pratar. – Oxford University Press, 1999. – 230 p.
17. Поспелов Г. С. Искусственный интеллект – прикладные системы / Г. С. Поспелов, Д. А. Поспелов. – М.: Знание, 1985. – 48 с.
18. Козловський С. В. Моделювання процесів ціноутворення в агропромисловому комплексі України / С. В. Козловський, Г. О. Пчелянська // Економіка АПК – 2010. – № 2 – 178 с., – С. 66-73.
19. Калетнік Г. М. Теоретичні основи моделювання та фінансово-економічні розрахунки в менеджменті та бізнесі / Г. М. Калетнік, С. В. Козловський, О. Г. Підвальна. – Навчальний посібник. – К.: „Хай-Тек Прес», 2010. – 400 с.
20. Козловський С. В. Моделювання та прогнозування стійкості розвитку аграрної галузі регіону на основі теорії нечіткої логіки / С. В. Козловський, О. М. Бурлака // Економічний форум. – 2014 – №3. – С. 83-96. – Режим доступу: <http://lutsk-ntu.com.ua/uk/zhurnal-ekonomichniy-forum>