

УДК 338.242:519.86

Козловський С.В., д.е.н., професор,
професор кафедри управління персоналом і економіки праці
Донецького національного університету ім. В.Стуса
Мазур Г.Ф., к.е.н., доцент,
Заслужений економіст України, депутат Вінницької обласної ради

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ДЕРЖАВНОГО СТИМУЛЮВАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Serhii Kozlovskiy, D.Sc. (Economics), Professor,
Professor of the Department of Personnel Management and Labour Economics
Donetsk National University named after Vasiliy Stus
Gennadiy Mazur, Ph.D., assistant professor,
Honored Economist of Ukraine, deputy of the Vinnytsia Regional Council

MODELING AND FORECASTING OF THE STATE LEVEL STIMULATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN UKRAINE BASED ON THE THEORY OF FUZZY LOGIC

У даній статті визначено фактори впливу на рівень державного стимулювання агропромислового виробництва в Україні. Досліджено особливості розробки економіко-математичних моделей засобами теорії нечіткої логіки. Сформовано класифікацію факторів впливу на рівень агропромислового виробництва в Україні. Розроблено економіко-математичну модель оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні. Зроблено прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва до 2020 року.

This article defines the factors influencing the level of state incentives for agricultural production in Ukraine. The peculiarities of the development of economic and mathematical models by means of the theory of fuzzy logic are investigated. The classification of factors influencing the level of agro-industrial production in Ukraine is formed. The economic-mathematical model of estimation and forecasting of the level of economic and political stimulation of agro-industrial production in Ukraine is developed. The forecast of the level of economic and political stimulation of agro-industrial production by 2020 is made.

Ключові слова: моделювання, прогнозування агропромислове виробництво, нечітка логіка.

Keywords: modeling, forecasting agro-industrial production, fuzzy logic.

Постановка проблеми. Стимулювання агропромислового виробництва виступає важливою складовою державної політики формування гарантій національної продовольчої безпеки, а для України – це ще й інструментарій опосередкування глобальної конкурентоспроможності, тому виникає необхідність

пошуку підходів до здійснення прогностичних оцінок можливих і досяжних результатів як стимулювання, так і продуктивності галузі. Задана постановка проблеми щодо необхідності розробки економіко-математичної моделі прогнозування рівня стимулювання агропромислового виробництва обумовлена тим, що для нашої держави цей сектор є стратегічним, тому пріоритетом вважається забезпечення його стратегічної конкурентоспроможності. Це, що у свою чергу актуалізує питання стимулювання агропромислового виробництва, а значить і побудови креативних сценаріїв, моделей та прогнозів у тому числі відносно рівня економіко-політичного заохочення економічних гравців ринку. В методичному плані завдання не просте, але спроможність його вирішувати не вважається чимось недосяжним – це питання можна вирішити із застосуванням теорії нечіткої логіки.

Аналіз останніх наукових досліджень. Для розробки економіко-математичної моделі оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні пропонуємо використовувати найсучасніший математичний апарат – теорію нечіткої логіки, яка вдало використовується в інших галузях людської діяльності [1, 2, 3]. Теорію нечіткої логіки в технічних системах досліджували Л. Заде [4], О. Ротштейн [5], С. Штовба [6], О. Козачко [7] та інші. В економічних системах теорію нечітких множин використовували А. Матвійчук [8], Ю. Герасименко [9], Г. Пчелянська [10], В. Козловський [11], О. Балтремус [12], Е. Кіреєва [13], Е. Жураківський [14] та інші, однак для моделювання і прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні вона пропонується вперше.

Мета дослідження. Мета даної роботи полягає в розробці економіко-математичної моделі прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні на основі застосування теорії нечіткої логіки..

Викладення основного матеріалу дослідження. Сучасні методологічні підходи до оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні обов'язково включають в себе оцінювання величини ризику. Тому одним з методів оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні є розробка алгоритмів з використанням сучасних інформаційних технологій, що дає змогу суттєво підвищити достовірність зробленої оцінки та покращити оперативність і якість прийнятих на основі цієї оцінки управлінських рішень.

У представленні результатів дослідження в пропонованій статті, для розв'язання піднятої проблеми, нами пропонується використовувати економіко-математичні методи нового типу, що дозволяють проводити проблемно-орієнтований пошук, здійснювати аналіз інформації, а також надавати користувачеві фактографічну інформацію у доступному вигляді.

На рис. 1. представлена структурна схема економіко-математичної моделі оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні, яка дозволяє реалізувати описаний вище процес.

Наведена на рис. 1 економіко-математична модель передбачає, що на рівні держави відповідальний співробітник за результатами звітного періоду (місяць, квартал, рік) здійснює введення початкових даних (інформації), що характеризують ті чи інші складові агропромислового виробництва в Україні. Після цього уведена інформація підлягає узагальненню та аналізу. Тобто, відповідальний співробітник має можливість за допомогою табличного і/або графічного способу відображення вихідної інформації здійснити порівняння вихідних показників з їх граничними значеннями та в динаміці за будь-які періоди часу з метою виявлення можливих загроз, щодо зниження рівня агропромислового виробництва в Україні.

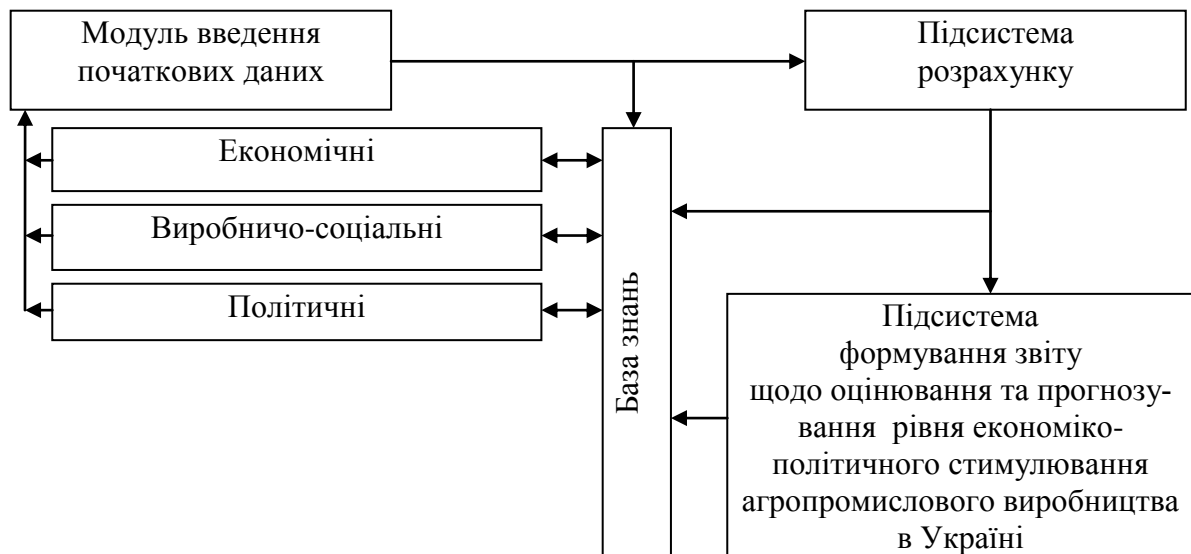


Рис. 1. Структурна схема економіко-математичної моделі оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні

Залежно від того, як організовується взаємодія різних рівнів економічної безпеки аграрної галузі можна виділити два основні класи архітектур багаторівневих економіко-математичних моделей оцінювання стану та рівня економічної безпеки аграрної галузі: горизонтально організована архітектура і вертикально організована архітектура [15].

У горизонтально організованій архітектурі, всі рівні економіко-математичної моделі пов'язані між собою за рівнем сприйняття і дій (іншими словами, всі рівні моделі можуть спілкуватися між собою).

У вертикально організованій архітектурі тільки один з рівнів пов'язаний з рівнем сприйняття і дій, а кожен з інших рівнів взаємодіє тільки з парою

суміжних з ним рівнів. Основні проблеми реалізації горизонтальних архітектур обумовлені складністю координації роботи окремих рівнів. Недоліком вертикально організованої архітектури вважається перевантаженість рівнів виконання (дій).

В даний час зазначені проблеми вирішуються шляхом застосування сучасних методів економіко-математичного моделювання, а саме теорії нечітких множин [2].

Основні положення теорії нечітких множин та нечіткої логіки, які будуть використовуватися далі наведено в [4, 5, 11], приймемо їх за основу.

Беручи до уваги необхідність дотримання основних принципів проведення моделювання рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні та чинний понятійний апарат теорії нечіткої логіки, входними параметрами моделі оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні наведені у 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	Валова продукція агропромислового виробництва в Україні	150-400 млрд. грн.	Низька, 150-200 млрд. грн. (Н) Середня, 200-300 млрд. грн., (С) Висока, більше 300 млрд. грн., (В)
x ₂	Чистий прибуток підприємств агропромислового комплексу	100-200 млрд. грн.	Низький, 100-120 млрд. грн. (Н) Середній, 120-150 млрд. грн. (С) Високий, 150-200 млрд. грн. (В)
x ₃	Рівень інфляції в Україні	0-100 %	Низький, 0-8 %, (Н) Середній, 8,1-15 %, (С) Високий, 15,1-100 %, (В)
x ₄	Рівень рентабельності діяльності підприємств агропромислового комплексу	3-50 %	Низький, 3-5%, (Н) Середній, 5,1-20%, (С) Високий, 20,1-50%, (В)
x ₅	Обсяг дотацій в агропромисловий комплекс з державного бюджету	50-500 млн. грн.	Низький, 50-100 млн. грн., (Н) Середній 101-300 млн. грн., (С) Високий, 301-500 млн. грн., (В)
x ₆	Кількість підприємств агропромислового комплексу	1-5 млн. шт.	Низька, 1-1,5 млн. шт., (Н) Середня, 1,51-3 млн. шт., (С) Висока, 3-5 млн. шт., (В)
x ₇	Середня кількість працівників, зайнятих у агропромисловому комплексі	3-7 млн. осіб / рік	Низька, 3-4 млн. осіб / рік, (Н) Середня, 4-6 млн. осіб / рік, (С) Висока, 6-7 млн. осіб / рік, (В)
x ₈	Середня заробітна плата	4-15	Низька, 4-6 тис. грн. /міс., (Н)

	працівників агропромислового комплексу України	тис. грн./місяць	Середня, 6-9 тис. грн./міс., (С) Висока, 9-15 тис. грн./міс., (В)
x ₉	Інтелектуальний потенціал (індекс людського розвитку) країни	0-1 од.	Низький, 0-0,5 (Н) Середній, 0,6-0,7 (С) Високий, 0,8-1 (В)
x ₁₀	Рівень політичної стабільності в країні	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 31-60, (С) Високий 61-100, (В)
x ₁₁	Рівень законодавчої підтримки розвитку агропромислового комплексу України	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 31-60, (С) Високий 61-100, (В)
x ₁₂	Міжнародний політико-економічний вплив на агропромисловий комплекс України	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 31-60, (С) Високий 61-100, (В)

Для встановлення ієрархічних зв'язків між факторами, що впливають на рівень економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні, доцільно згрупувати їх в такі групи (згідно табл.2): економічні (е); виробничо-соціальні (v); політичні (р). Зазначені групи факторів впливу у вигляді «дерева виведення» наведено на рис.2-4.

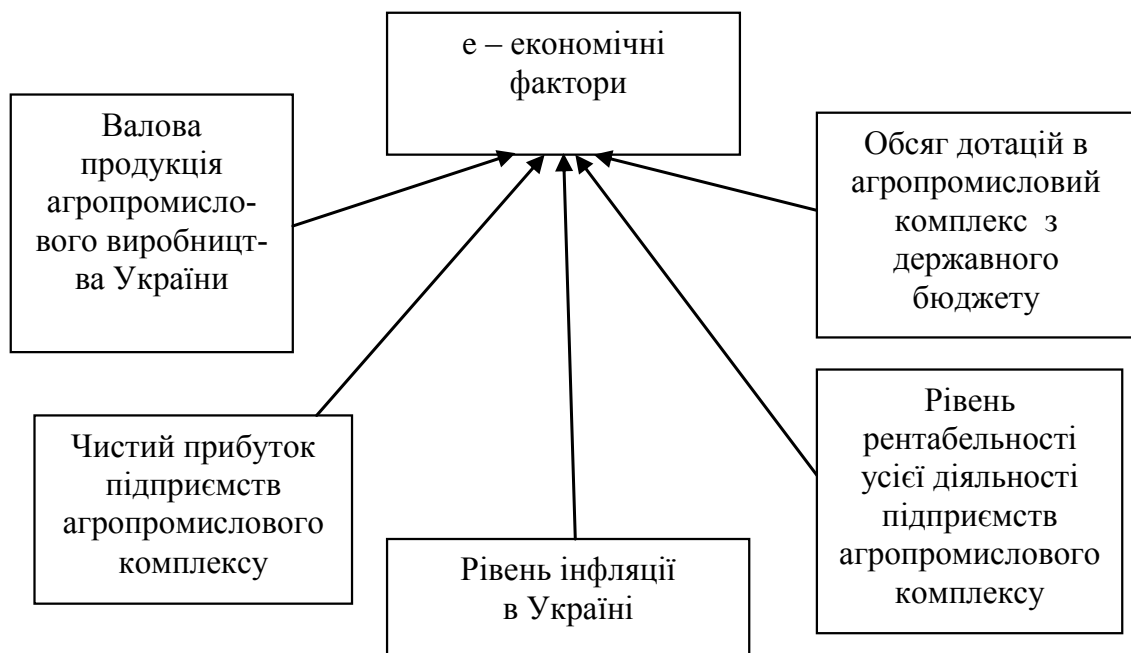


Рис. 2. Класифікація економічних факторів

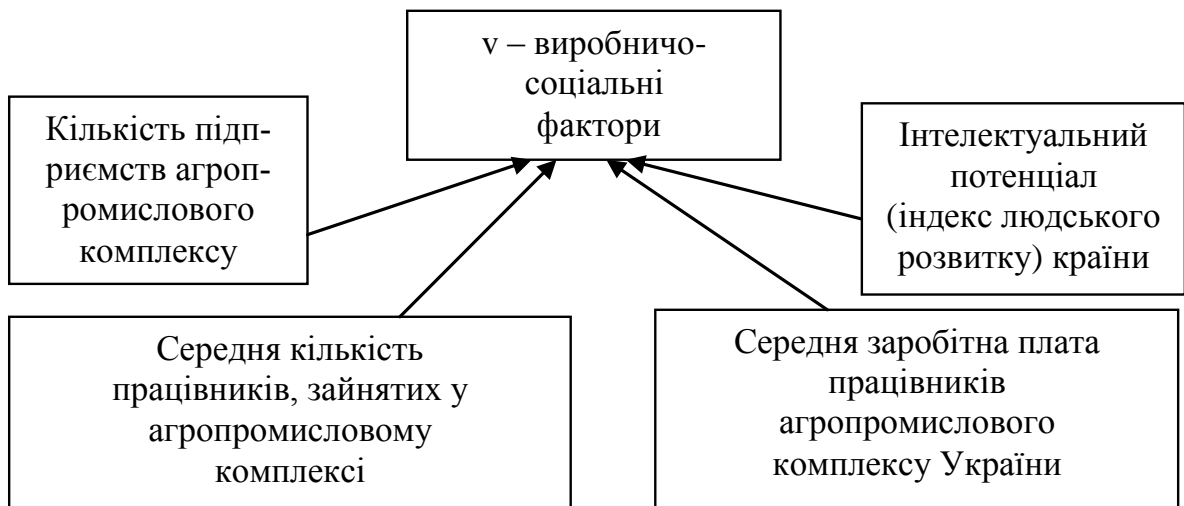


Рис. 3. Класифікація виробничо-соціальних факторів

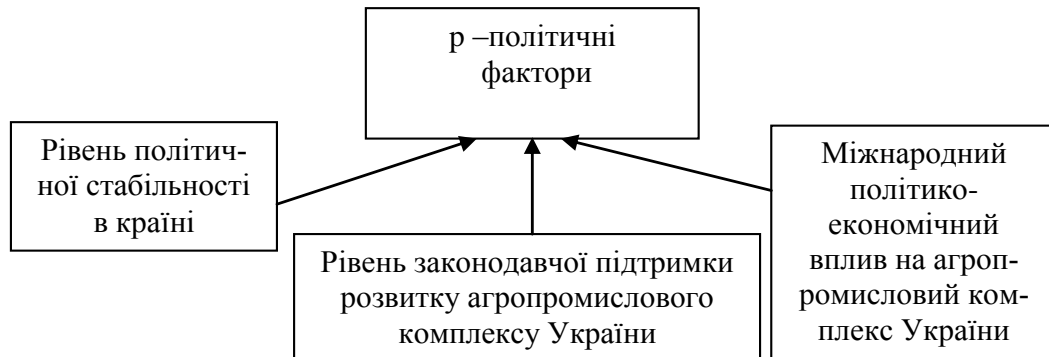


Рис. 4. Класифікація політичних факторів

За допомогою структурних схем, наведених на рис. 2-4, позначимо лінгвістичні змінні факторів e , v , p за допомогою таких співвідношень:

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

$$v = f_v(x_6, x_7, x_8, x_9), \quad (2)$$

$$p = f_p(x_{10}, x_{11}, x_{12}), \quad (3)$$

де $x_1 \div x_5$ – економічні фактори;

$x_6 \div x_9$ – виробничо-соціальні фактори;

$x_{10} \div x_{12}$ – політичні фактори.

Вихідну величина, тобто рівень економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва України Z , можна визначити за формулою (4):

$$Z = f_z(e, v, p, t), \quad (4)$$

де e , v , p та t – лінгвістичні змінні, що описують відповідно економічні, виробничо-соціальні, політичні 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 [Ошибка! Закладка не определена.] та відповідно до конкретної економічної ситуації, що склалася в економіці України, рівень економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва України можна охарактеризувати такими рівнями (за шкалою від «0» до «100»):

- Z_1 (85-100) – високий рівень стимулювання (клас А або 1);
- Z_2 (66-84) – середній рівень стимулювання (клас В або 2);
- Z_3 (51-65) – задовільний рівень стимулювання (клас С або 3);
- Z_4 (31-50) – незадовільний рівень стимулювання (клас Д або 4);
- Z_5 (0-30) – відсутність стимулювання (клас Е або 5).

У табл. 1 наведено універсальні множини та оціночні терми факторів впливу $x_1 \div x_{12}$, а оцінка узагальнених показників e, v, p здійснена за єдиною бальною шкалою із діапазоном від «0» до «100» балів (див. табл. 2).

Таблиця 2

Узагальненні вхідні показники та їх лінгвістична оцінка

Назва	Позначення	Вхідні параметри	Лінгвістична оцінка вхідних параметрів (терми)
Економічні фактори	e	$x_1 - x_5$	Низький, 0-30, (Н) Середній, 30-50, (С) Вище середнього, 50-75, (ВС) Високий, 75-100, (В)
Виробничо-соціальні фактори	v	$x_6 - x_9$	
Політичні фактори	p	$x_{10} - x_{12}$	
Період визначення стану (або прогнозування)	t	t	$t_1=6$ місяців; $t_2=1$ рік; $t_3=2$ роки; $t_4=3$ роки

Структуру економічної моделі оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні подамо у вигляді так званого «дерева логічного висновку». Дерево логічного висновку – це граф, який показує логічні зв'язки між прогнозним показником Z та чинниками $\{x_1 \dots x_{12}\}$, які впливають на цей прогнозний показник Z при дотриманні співвідношень, наведених у формулах (1)-(4). Структурна модель оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні буде мати вигляд, наведений на рис. 5.

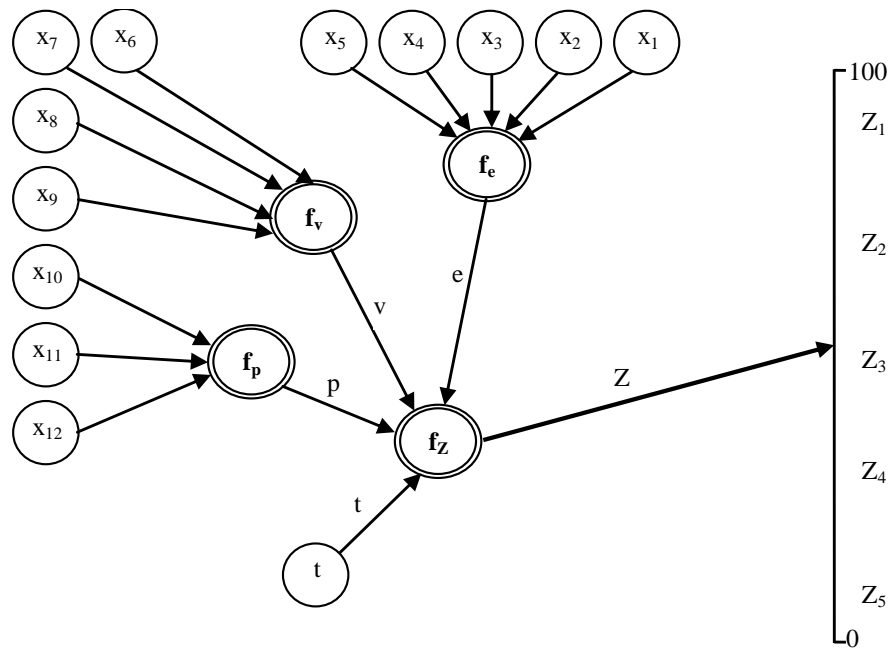


Рис. 5. Структурна модель оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні

Вершини «дерева логічного висновку» інтерпретуються таким чином: корінь дерева f_z – відповідає рівню економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні; термінальні вершини $x_1 \div x_{12}$ – це відповідні фактори впливу; нетермінальні вершини f_e, f_v, f_p (подвійні кола) – це сукупність часткових факторів впливу в їх сукупності. Термінальні та нетермінальні вершини «дерева логічного» висновку являють собою лінгвістичні змінні універсальної множини, які наведені в табл. 1-2.

Структурний аналіз представленої моделі економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні свідчить, що ця модель фактично складається із трьох взаємопов'язаних моделей: 1) моделі економічних факторів стимулювання агропромислового виробництва в Україні; 2) моделі виробничо-соціальних факторів стимулювання агропромислового виробництва в Україні; 3) моделі політичних факторів стимулювання агропромислового виробництва України.

Варто зазначити, що при побудові моделі ми оперували вхідними кількісними та вхідними якісними параметрами одночасно. Вхідні параметри $\{x_1 \dots x_9\}$ є кількісними, і для їх опису були використані статистичні дані; параметри $\{x_{10} \dots x_{12}\}$ – якісні, тому для їх опису використовувалася бальна шкала оцінок від «0» до «100» балів.

Оскільки теорія нечітких множин передбачає визначення рівнів (термів) змін вихідного показника, то відповідно до нашої моделі ми отримали три вихідних показника, для оцінки яких використовуються нечіткі терми зі шкала-

ми, наведеними в табл. 2. Кожний терм подається нечіткою множиною із відповідною функцією належності.

Для опису термів скористаємося методикою, наведеною в [11]. При цьому терми подамо у вигляді нечітких множин, використовуючи модель функції належності (ФН):

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left[\frac{x - b}{c} \right]^2}, \quad (5)$$

де b і c – параметри функції належності (ФН);

b – координата максимуму функції;

c – коефіцієнт концентрації розтягування.

Значення коефіцієнтів b і c для змінних $x_1 \dots x_{12}$ наведено в табл. 3 (як приклад).

Таблиця 3

Значення параметрів b і c функцій належності змінних $x_1 \dots x_{12}$ та e, v, p моделі

Вхідні змінні (параметр)	Назва вхідної змінної (параметра)	Лінгвістична оцінка вхідних змінних (терми)	b	c
x_1	Валова продукція агропромислового виробництва в Україні	Низька, (Н) Середня, (С) Висока, (В)	7 20 30	3 8 4
x_2	Чистий прибуток підприємств агропромислового комплексу	Низький, (Н) Середній, (С) Високий, (В)	5 15 35	10 9 12
x_3	Рівень інфляції в Україні	Низький, (Н) Середній, (С) Високий, (В)	3 12 50	8 16 35
x_4	Рівень рентабельності діяльності підприємств агропромислового комплексу	Низький, (Н) Середній, (С) Високий, (В)	4 14 60	10 32 25
x_5	Обсяг дотацій в агропромисловий комплекс з державного бюджету	Низький, (Н) Середній, (С) Високий, (В)	75 220 400	50 110 90
x_6	Кількість підприємств агропромислового комплексу	Низька, (Н) Середня, (С) Висока, (В)	1 2 3	1 1 1
x_7	Середня кількість працівників, зайнятих у агропромисловому комплексі	Низька, (Н) Середня, (С) Висока, (В)	25 35 45	12 9 8
x_8	Середня заробітна плата працівників агропромислового комплексу	Низька, (Н) Середня, (С) Висока, (В)	2 3,5 5,5	1 2 3

	су України			
x_9	Інтелектуальний потенціал (індекс людського розвитку) країни	Низький, (Н) Середній, (С) Високий, (В)	0,2 0,5 0,7	0,5 0,3 0,4
$x_{10}... x_{12}$	Рівень політичної стабільності в країні. Рівень законодавчої підтримки розвитку агропромислового комплексу України. Міжнародний політико-економічний вплив на агропромисловий комплекс України.	Низький, (Н) Середній, (С) Високий, (В)	15 45 85	30 25 38
e,v,p	Економічні фактори. Виробничо-соціальні. Політичні.	Низький, (Н) Середній, (С) Вище середнього, (BC) Високий, (В)	15 42 60 85	12 15 25 20

Вибір функції належності даного типу (див. формулу 5) обумовлений тим, що ця функція є достатньо гнучкою та простою, оскільки задається лише двома параметрами, а також є більш зручною для подальшого налагодження моделі. Функції належності для змінних x_1 та x_2 , як приклад, наведено на рис. 6.

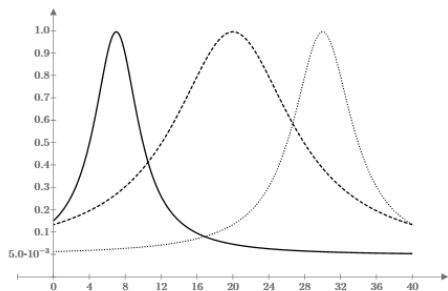


Рис. 6а. Функція належності для змінної x_1

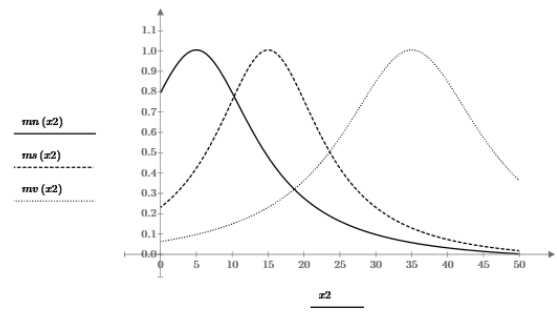


Рис. 6б. Функція належності для змінної x_2

Рис. 6. Функція належності для змінних x_1 та x_2 моделі економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні

Наступним кроком моделювання рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні є складання ієрархічної бази знань. Для побудови бази знань нами була використана інформація, отримана від фахівців центральних органів виконавчої влади України та інформація фахівців даної галузі.

Розглянемо співвідношення (4). Для оцінки значення лінгвістичних змінних, які показують причинно-наслідковий зв'язок між рівнем економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні і Z та еко-

номічними, виробничо-соціальними, політичними факторами впливу, використаємо систему терм-множин, яка наведена в табл. 2. Тоді база знань для змінної Z , яка характеризує рівень економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні (див. форм. 4), буде мати вигляд, наведений в табл. 5.5.

Таблиця 4

База знань змінної Z

e	v	p	Z	w
H	H	H	Z_5	w_1
H	C	C	Z_5	w_2
C	H	C	Z_5	w_3
H	C	H	Z_4	w_4
C	C	H	Z_4	w_5
C	H	C	Z_4	w_6
C	C	C	Z_3	w_7
BC	H	C	Z_3	w_8
B	H	B	Z_3	w_9
C	BC	BC	Z_2	w_{10}
BC	C	BC	Z_2	w_{11}
B	B	B	Z_2	w_{12}
B	B	B	Z_1	w_{13}
B	BC	BC	Z_1	w_{14}
BC	B	B	Z_1	w_{15}

Аналогічно вище наведеному розробляються бази знань для вихідних показників e, v, p (які тут не представлені).

Відомо, що 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 [4, 11]. Для таблиць 4 висловлювання «ЯКЩО-ТО» наведено у формулі 6.

ЯКЩО $[e=H]$ та $[v=H]$ та $[p=H]$ АБО $[e=H]$ та $[v=C]$ та $[p=C]$ АБО $[e=C]$ та $[v=H]$ та $[p=C]$, ТО $Z=Z_5$;

ЯКЩО $[e=C]$ та $[v=H]$ та $[p=C]$ АБО $[e=C]$ та $[v=C]$ та $[p=H]$ АБО $[e=C]$ та $[v=H]$ та $[p=C]$, ТО $Z=Z_4$;

ЯКЩО $[e=C]$ та $[v=C]$ та $[p=C]$ АБО $[e=BC]$ та $[v=H]$ та $[p=C]$ АБО $[e=B]$ та $[v=H]$ та $[p=B]$, ТО $Z=Z_3$;

ЯКЩО $[e=C]$ та $[v=BC]$ та $[p=BC]$ АБО $[e=BC]$ та $[v=C]$ та $[p=BC]$ АБО $[e=B]$ та $[v=B]$ та $[p=B]$, ТО $Z=Z_2$;

ЯКЩО $[e=B]$ та $[v=B]$ та $[p=B]$ АБО $[e=B]$ та $[v=BC]$ та $[p=BC]$ АБО $[e=BC]$ та $[v=B]$ та $[p=B]$, ТО $Z=Z_1$.

(6)

Для реалізації нечіткого логічного висновку необхідно здійснити перехід від логічних висловлювань до нечітких логічних рівнянь [16]. 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 знань, на відповідне значення ваги.

Тоді наведеній в табл. 4 та формулі 6 лінгвістичним висловлюванням будуть відповідати такі нечіткі логічні рівняння (формула 7):

$$\begin{aligned}
 \mu^{Z_5}(Z) &= w_1 \cdot [\mu^H(e) \cdot \mu^H(v) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\
 &w_2 \cdot [\mu^H(e) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^{6M}(t)] \vee \\
 &w_3 \cdot [\mu^C(e) \cdot \mu^H(v) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^{1P}(t)]; \\
 \mu^{Z_4}(Z) &= w_4 \cdot [\mu^H(e) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\
 &w_5 \cdot [\mu^C(e) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^{6M}(t)] \vee \\
 &w_6 \cdot [\mu^C(e) \cdot \mu^H(v) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^{1P}(t)]; \\
 \mu^{Z_3}(Z) &= w_7 \cdot [\mu^C(e) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\
 &w_8 \cdot [\mu^{BC}(e) \cdot \mu^H(v) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^{6M}(t)] \vee \\
 &w_9 \cdot [\mu^C(e) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^{1P}(t)]; \\
 \mu^{Z_2}(Z) &= w_{10} \cdot [\mu^C(e) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\
 &w_{11} \cdot [\mu^{BC}(e) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^{6M}(t)] \vee \\
 &w_{12} \cdot [\mu^B(e) \cdot \mu^B(v) \cdot \mu^B(p) \cdot \mu^{1P}(t)]; \\
 \mu^{Z_1}(Z) &= w_{13} \cdot [\mu^B(e) \cdot \mu^B(v) \cdot \mu^B(p) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\
 &w_{14} \cdot [\mu^B(e) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^{6M}(t)] \vee \\
 &w_{15} \cdot [\mu^{BC}(e) \cdot \mu^B(v) \cdot \mu^B(p) \cdot \mu^{1P}(t)].
 \end{aligned} \tag{7}$$

Значення ступенів функцій належності в рівнянні (7) визначаються нечіткими базами знань, які характеризують економічні, виробничо-соціальні, політичні фактори впливу.

Нечіткі логічні рівняння (7) є математичною реалізацією моделі оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні.

Процедура дефазифікації 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 [11].

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» [11]. У цьому випадку для визначення «центру ваг» потрібно штучно розширити діапазон вихідного параметра (змінної). У нашому випадку, коли вихідний параметр (змінна) має «n» термів, розрахунок центра ваг зводиться до розв'язання рівняння 8:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \left[Z_E + (i-1) \cdot \frac{Z_A - Z_E}{n-1} \right] \cdot \mu^{Z_i}}{\sum_{i=1}^n \mu^{Z_i}}, \quad (8)$$

де n – кількість (дискретних значень) термів змінної « Z »;

$Z_E (Z_A)$ – нижня (верхня) межа діапазону змінної « Z »;

μ^{Z_i} – функція належності змінної « Z » до нечіткого терма « Z_i ».

У математичному пакеті Matlab 6.1 [17] було проведено експеримент із застосуванням вище наведеної методики. На рис. 7 зображено результати оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні до 2020 року. Результати було отримано на основі аналізу значень факторів впливу (розвитку) за 2012-2016 років.

Аналізуючи результати моделювання рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні на 2017-2020 роки, можна зробити такий прогноз: у 2017 та 2020 роках рівень економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні буде віднесено до класу Д – «незадовільний рівень стимулювання». У 2018-2019 роках прогнозний рівень економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні погіршиться до класу Е – «відсутність стимулювання». Ще раз підкреслимо, що такий прогноз базується на аналізі факторів впливу 2012-2016 років.

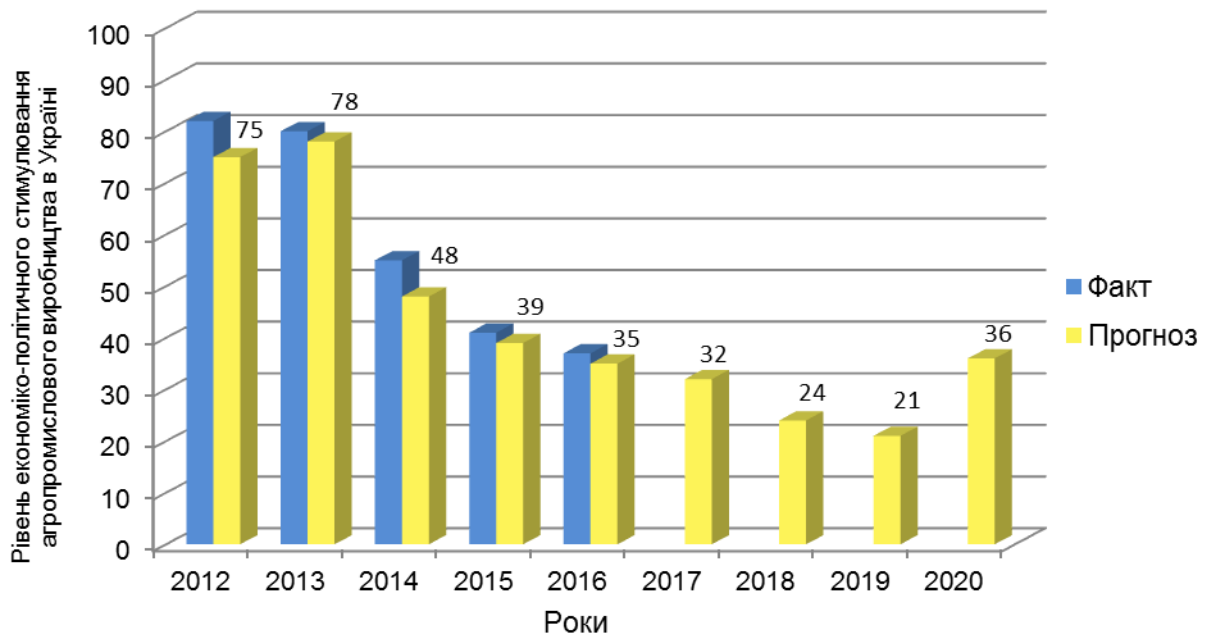


Рис. 7. Результати оцінювання та прогнозування рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні

Для поліпшення достовірності прогнозу рівня економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні потрібно провести оптимізацію (налагодження) даної моделі, але ця задача виходить за межі даного дисертаційного дослідження.

Як вже зазначалося раніше, перевагою економіко-математичних моделей, побудованих на базі нечіткої логіки, є можливість використання вхідними параметрами лінгвістичних висловлювань (висновків) експертів, що значною мірою компенсує відсутність аналітичних залежностей між вхідними та вихідними параметрами (змінними) об'єкта прогнозування.

Висновок. Розроблена економіко-математична модель оцінювання та прогнозування економіко-політичного стимулювання агропромислового виробництва в Україні 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, значними труднощами при формалізації факторів впливу, можливістю залучати лінгвістичні висловлювання (висновки) експертів для побудови моделей тощо.

Література

1. Саати Т. Аналитическое планирование / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

2. Rotshtein A. Design and Tuning of Fuzzy Rule – Based Systems for Medical Diagnosis. In “Fuzzy and Neuro – Fuzzy Systems in Medicine” / A. Rotshtein. H. Teodorescu, A. Kandel – CRC Press, 1998. – P. 243-289.
3. Kozlovskiy S. V. Forecasting of exchange rate in Ukraine based on fuzzy logic / S. V. Kozlovskiy // В зборнике трудов "V международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2002", г. Санкт-Петербург (Россия), 25-27 июня 2002.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 176 с.
5. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1999. – 320 с.
6. Rotshtein A., Shtovba S. Modeling of the Human Operator Reliability with the Aid of the Sugeno Fuzzy Knowledge Base // Automation and Remote Control. – 2009 –Vol. 70, №1. – P. 163–169.
7. Паночишин Ю. М. Нечітка модель оцінки кредитоспроможності фізичних осіб-позичальників комерційних банків / Паночишин Ю. М., Козачко О. М., Паночишина І. Є // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. №1, Т2. – С.161-168.
8. Матвійчук А. В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: [моногр.] / А. В. Матвійчук. – К.: КНЕУ, 2007. – 264 с.
9. Козловський С. В. Моделювання інвестиційних процесів в агропромисловому комплексі України: [монограф.] / С. В. Козловський, Ю. В. Герасименко. – Вінниця: «Глобус-Прес», 2007. – 136 с.
10. 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.
11. 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.
12. Козловський С. В. Забезпечення стійкого економічного розвитку агропромислового комплексу регіону: [монограф.] / 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.
13. 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.
14. Козловський С. В. Моделювання та прогнозування рівня економічної безпеки аграрної галузі Вінницької області засобами теорії нечіткої логіки / С. В. Козловський, Є. С. Жураківський // Економічний простір: зб. наук. праць. – 2016. – № 107. – С. 112-125.

15. Козловський А. В. Комп'ютерна техніка та інформаційні технології / А. В. Козловський, Ю. М. Паночишин, Б. В. Погріщук. – К.: Знання, 2012. – 463 с.
16. Козловський С. В. Забезпечення стійкості та розвитку сучасних економічних систем : [моногр.] / С. В. Козловський. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. – 554 с.
17. Pratar R. Getting started with Matlab 5. A quick introduction for scientists and engineers / R. Pratar. – Oxford University Press, 1999. – 230 p.

References

1. Saati T. (1991) Analiticheskoe planirovanie [Analytical planning], Radio, Moscow.
2. Rotshtein A. (1998) Design and Tuning of Fuzzy Rule – Based Systems for Medical Diagnosis. In “Fuzzy and Neuro – Fuzzy Systems in Medicine” / A. Rotshtein. H. Teodorescu, A. Kandel – CRC Press.
3. Kozlovskiy S. V. (2002) «Forecasting of exchange rate in Ukraine based on fuzzy logic», «V mejdunarodnaya konferencia po miagkim vichisleniam SCM'2002», Sankt-Peterburgr.
4. Zadeh L. (1976) Poniatie lingvisticheskoy peremennoy i ee primeneniye k priniatiu priblijennih resheniy [The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions], Mir, Moscow.
5. Rotshnein A. (1999) Intellectualnie tehnologii identifikacii: nechetskaya logika, geneticheskie algoritmi, neyronnie seti [Intellectual identification technologies: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks], Universum-Vinnitsa, Ukraine.
6. Rotshtein A., Shtovba S. (2009) «Modeling of the Human Operator Reliability with the Aid of the Sugeno Fuzzy Knowledge Base», Automation and Remote Control, Vol. 70, pp. 163–169.
7. Panoshichen Y., Kozachko O. (2010) «Fuzzy model for assessing the creditworthiness of individuals-borrowers of commercial banks», Visnik HNU, vol, №1, T2., pp.161-168.
8. Matviychuk A. (2007) Modeluvannia ekonomichnih procesiv iz zastosuvaniem metodiv nechitkoi logiki [Modeling of economic processes using methods of fuzzy logic], KNTEU, Kiev, Ukraine.
9. Kozlovskiy S., Gerasimenko U. (2007) Modeluvannia investicionnih procesov v agropromislovomu kompleksi Ukraini [Modeling of investment processes in the agroindustrial complex of Ukraine], Vinnitsa, Globus-Press, Ukraine.
10. Kozlovskiy S., Pchelianskaya G. (2010) «Modeling of pricing processes in the agro-industrial complex of Ukraine», Ekonomika APK, vol. 2, pp. 66-73.
11. Kozlovskiy S., Kozlovskiy V. (2005) Macroeconomichne modeluvanie ta prognozuvanie valutnogo kursu v Ukraine [Macroeconomic modeling and forecasting of the exchange rate in Ukraine], Kniga-Vega, Vinnitsa, Ukraine.

12. Kozlovskyi S. and other (2016) Zabezpechinnia stiykogo ekonomichnogo rozvitku agropromislovogo kompleksu regiony [Ensuring sustainable economic development of the agro-industrial complex of the region], Mercuri-Podillia, Vinnitsa, Ukraine.
13. Kozlovskyi S., Kireeva E. (2015) «Managing Regional Food Security Based on Modern Modeling Techniques», *Economica Ukraini*, vol. 8., pp. 57-73.
14. Kozlovskyi S., Jurakivskiy E. (2016) «Modeling and forecasting the level of economic security of the agrarian sector of Vinnytsia region by means of the theory of fuzzy logic», *Economichniy prostir*, vol. 107., pp. 112-125.
15. Kozlovskiy A. (2012) *Computerna tehnika ta informaciyni tehnologii* [Computer technology and information technology], Znannia, Kiev, Ukraine.
16. Kozlovskyi S. (2017) Zabezpechinnia stiykosti ta rozvitku suchasnih ekonomichnih system [Ensuring sustainability and development of modern economic systems], TOV «Nilan-LTD», Vinnitsa, Ukraine.
17. Pratar R. (1999) «Getting started with Matlab 5. A quick introduction for scientists and engineers», Oxford University Press.