

УДК: 338.432:332.12

Козловський С.В., д.е.н., професор,
Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ
Бурлака О.М.
Вінницький національний аграрний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТІЙКОСТІ РОЗВИТКУ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ РЕГІОНУ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

У статті проведено теоретико-концептуальне дослідження поняття «стійкість розвитку аграрної галузі регіону», яке доповнено «інтелектуально-інноваційною» складовою. Визначено фактори впливу на стійкість розвитку аграрної галузі Вінницької області. Вперше розроблено економіко-математичну модель прогнозування рівня стійкості аграрної галузі регіону на основі теорії нечіткої логіки. Розроблено інтерактивну систему підтримки прийняття рішень щодо управління стійкістю аграрної галузі регіону.

Ключові слова: стійкість, аграрна галузь, модель, управління, нечітка логіка, Вінницька область, система підтримки прийняття рішень.

Kozlovskiy S.V, Burlaka O.M

MODELING AND FORECAST OF STABILITY DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL SECTOR IN THE REGION BASED ON THE THEORY OF FUZZY LOGIC

The article provides a theoretical and conceptual study of the concept of "sustainability of the agricultural sector in the region" which completed "intellectual innovation" component. The factors on the sustainability of the agricultural sector Vinnytsia region of influence. First developed economic and mathematical model for forecasting the sustainability of the agricultural sector in the region based on the theory of fuzzy logic. Developed an interactive decision support system for managing sustainability of agricultural sector in the region.

Keywords: sustainability, agricultural industry, model, control, fuzzy logic, Vinnytsa region, a decision support system.

Козловский С.В., Бурлака О.М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ АГРАРНОЙ ОТРАСЛИ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В статье проведено теоретико-концептуальное исследование понятия «устойчивость развития аграрной отрасли региона», которое дополнено «интеллектуально-инновационной» составляющей. Определены факторы влияния на устойчивость развития аграрной отрасли Винницкой области. Впервые разработана экономико-математическая модель прогнозирования уровня устойчивости аграрной отрасли региона на основе теории нечеткой логики. Разработана интерактивная система поддержки принятия решений по управлению устойчивостью аграрной отрасли региона.

Ключевые слова: устойчивость, аграрная отрасль, модель, управление, нечеткая логика, Винницкая область, система поддержки принятия решений.

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Стрімка динаміка сучасного життя в ринковій системі координат породжує нові дослідницькі проблеми, активізує методологічні пошуки, формує нові парадигми дослідження економічних процесів. У їхньому численному ряді виділяється проблема управління стійкістю та розвитком аграрної галузі регіону України на основі використання інноваційних методів економіко-математичного моделювання. Необхідність і актуальність моделювання та прогнозування стійкості розвитку аграрної галузі регіону обумовлена тим, що у ході ринкових перетворень виявилася недооцінка процесу регулювання економіки і, як наслідок, неадекватне потенційним можливостям використання державою системи

управління. Це підкреслює вагомое значення даної проблеми, що власне обумовило тематику даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. До питань стійкості економічних систем у своїх працях зверталися, зокрема, такі науковці як В. Благодатний, В. Бровко, В. Вітлінський С. Глівенко, В. Геєць, Б. Карпінський, І. Лук'яненко, О. Ляпунов, М. Соколов, О. Теліженко, В. Трояновский, М. Павловський, М. Фоміна, Т. Шовгенов та інші.

Теоретичні проблеми побудови економіко-математичних моделей управління складними системами розглядалися в роботах провідних вітчизняних і закордонних фахівців у галузі економіки, кібернетики і теорії управління. Значний внесок у розвиток теоретичної і практичної бази економіко-математичного моделювання внесли такі вчені, як А. Аганбегян, Р. Акофф, Ю. Адлер, Р. Андерсон, С. Айвазян, В. Бесєдін, А. Боярський, В. Бочарніков, К. Брагінський, В. Вітлінський, В. Геєць, С. Глівенко, І. Крючкова, В. Козловський, Л. Канторович, Г. Клейнер, І. Лук'яненко, В. Макаров, Н. Моїсєєв, А. Петров, Д. Поспелов, В. Садовський, Г. Саймон, А. Матвійчук, М. Месарович, Я. Такахара, І. Ткаченко і багато інших.

Цілі статті. Метою даної роботи є теоретичне дослідження поняття „стійкість розвитку аграрної галузі регіону” та побудова економіко-математичної моделі визначення та прогнозування рівня стійкості аграрної галузі Вінницької області на основі теорії нечіткої логіки.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтування отриманих наукових результатів. В даний час в економічній літературі відсутня єдине і загальновизнане визначення категорії стійкості розвитку аграрної галузі, що обумовлено суперечливістю і нерозробленістю концепцій стійкості розвитку економічних систем, відсутністю достатньої інформації для кількісного вимірювання ступеня стійкості. Одні автори під стійкістю (зокрема землеробства) розуміють здатність аграрного сектора економіки протидіяти негативним впливам, переважно стихійним силам природи, а також його здатність попередити або послабити спади виробництва [1,2]. Інші дослідники розглядають стійкість розвитку аграрної галузі як стійкість середнього рівня динамічного ряду обсягів виробництва та врожайності сільськогосподарських культур [3], треті – як стійкість еволюції, розвитку досліджуваного явища [4]. Однак, на наш погляд, тільки цими ознаками поняття стійкості не вичерпується. Стійкість аграрного розвитку – це не тільки можливість подолати несприятливі для аграрного виробництва явища, але і здатність використовувати їх з найвищим ефектом.

Не заперечуючи внеску названих вчених у розвиток теорії стійкості аграрного виробництва, необхідно відзначити, що реформи останніх років, проведені в агропродовольчій сфері, значною мірою були спрямовані на регіоналізацію економіки, її орієнтацію на самозабезпечення. Тому відтворювальні процеси, що нині відбуваються в аграрному секторі економіки, доцільніше розглядати на регіональному рівні. Окрім того, оцінка стійкості розвитку аграрної галузі через величину коливань динамічних рядів не буде повною, оскільки вона не дає можливості врахування соціальних, економічних, екологічних наслідків стійкого (або нестійкого) розвитку аграрної галузі. Слід мати на увазі, що стійкість розвитку аграрної галузі досягається не обов'язково шляхом задоволення потреб (попиту) населення у продуктах харчування за рахунок їх масового виробництва. На наш погляд, стійкість розвитку аграрної галузі слід розглядати як категорію відтворення, тому стійким може бути і такий варіант розвитку, який, допускаючи коливання обсягів виробництва в окремі роки, забезпечує повну компенсацію періодично виникаючих дефіцитів продуктів харчування за рахунок раніше створених резервів і запасів. Щоправда, це стосується не всіх видів продукції (наприклад, зерна), оскільки основна частина сільськогосподарської продукції має обмежений термін зберігання.

Різноманітність підходів до визначення стійкості аграрного виробництва обумовлена як багатогранністю цієї проблеми, так і надзвичайною складністю завдань, що вирішуються аграрною галуззю загалом та її складовими. Пошук нових напрямів і шляхів розвитку аграрної галузі, що знижують її негативний вплив на навколишнє середовище, зумовило появу нового тлумачення стійкості аграрного виробництва як виробництва, орієнтованого на підвищення якості продуктів харчування і якості життя населення, на забезпечення безпеки навколишнього середовища та стабілізацію умов постачання населення продовольством в довгостроковій перспективі. При такому підході, який можна назвати екологічним [5], в понятті «стійкість розвитку аграрної галузі регіону» виокремлюються такі складові: екологічна, виробнича, економічна і соціальна. Ми пропонуємо доповнити існуючі складові стійкості розвитку аграрної галузі (див. рисунок 1) «інтелектуально-інноваційною» складовою.

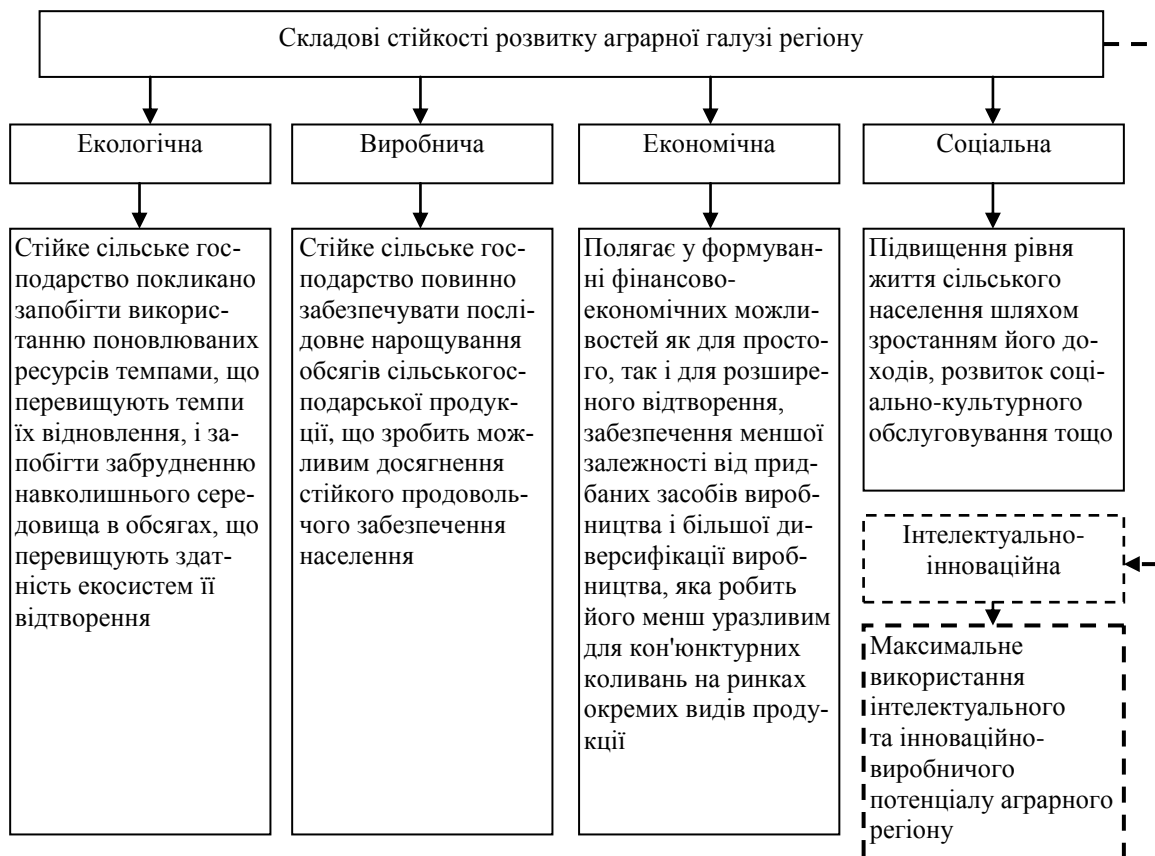


Рис. 1. Складові «стійкості розвитку аграрної галузі регіону»

Розглянемо запропоновану нами інтелектуально-інноваційну складову стійкості розвитку аграрної галузі регіону детальніше.

1-а складова – інтелектуальний потенціал. Однозначного і загальноприйнятого означення поняття „інтелектуальний потенціал” не існує. Наявність інтелектуального потенціалу припускає перш за все розумові можливості людей, можливості інтелекту. Поширеним є таке означення: інтелектуальний потенціал – це єдність творчих і трудових індивідуальних потенціалів працівників, які характеризують їх здатність до виробництва матеріальних благ за допомогою матеріалізації знань, а також їх адекватність вимогам управління [6].

2-а складова – інноваційний потенціал. В даний час для здійснення економічної діяльності потрібен так званий інноваційний потенціал, який трактується як сукупність всіх видів інформаційних ресурсів, включаючи технологічну документацію, патенти, ліцензії, бізнес-плани, інноваційні програми і т.ін. Від стану інноваційного потенціалу

залежить вибір тієї або іншої стратегії розвитку, тому інноваційний потенціал у даному випадку можна трактувати як „міру готовності” економічної системи виконати поставлені цілі розвитку [6].

Таким чином, суть системного підходу до трактування поняття стійкості розвитку аграрної галузі регіону полягає в аналізі досягнення збалансованих виробничих, економічних, соціальних, екологічних та інтелектуально-інноваційних цілей, які стоять перед аграрним сектором регіону.

Для моделювання стійкості розвитку аграрної галузі Вінницької області пропонуємо використовувати найсучасніший математичний апарат – теорію нечіткої логіки, яка вдало використовується в інших галузях людської діяльності [6,7,8,9,10]. Теорію нечіткої логіки в технічних системах досліджували Л. Заде, О. Ротштейн, С. Штовба та інші [11, 12] в економічних системах С. Козловський, А. Матвійчук, Ю. Герасименко, Г. Пчелянська, В. Козловський [6,8], однак для моделювання стійкості розвитку аграрної галузі Вінницької області вона пропонується вперше. Переваги теорії нечіткої логіки в порівнянні з іншими математичними апаратами наведено в [13 с. 53], що є підставою для використання саме теорії нечіткої логіки для вирішення поставленого завдання.

Загальна методика моделювання на основі теорії нечіткої логіки передбачає поетапне розв’язання таких задач [6]: виокремлення основних факторів впливу, які характеризують стійкість аграрної галузі регіону, і формалізація взаємозв’язків між ними в узагальненому вигляді; визначення і формалізація лінгвістичних оцінок факторів; побудова нечіткої бази знань про взаємозв’язки між факторами; виведення нечітких логічних рівнянь на основі лінгвістичних оцінок і нечіткої бази знань; оптимізація параметрів нечіткої моделі.

Беручи до уваги основні принципи проведення моделювання стійкості розвитку аграрної галузі регіону та понятійний апарат теорії нечіткої логіки, вхідні фактори моделі визначення стійкості 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)
1	2	3	4
x ₁	Валова продукція сільськогосподарського регіону	10-30 млрд. грн.	Низька, 10-15 млрд. грн. (Н) Середня, 15-25 млрд. грн., (С) Висока, більше 25 млрд. грн., (В)
x ₂	Обсяг виробництва зернових та зернобобових культур в регіоні	20-70 млн. ц.	Низький, до 20-30 млн. ц., (Н) Середній, 30-40 млн. ц., (С) Високий, 40 -70 млн. ц., (В)
x ₃	Обсяг виробництва цукрових буряків в регіоні	15-50 млн. ц.	Низький, до 15-20 млн. ц., (Н) Середній, 20-35 млн. ц., (С) Високий, 35-50 млн. ц., (В)
x ₄	Обсяг виробництва ріпаку в регіоні	1-8 млн. ц.	Низький, 1-2 млн. ц., (Н) Середній, 2-4 млн. ц., (С) Високий, 4-8 млн. ц., (В)
x ₅	Обсяг виробництва м’яса (у забійній вазі) в регіоні	150-400 тис. т.	Низький, 150-200, (Н) Середній, 200-300, (С) Високий, 300-400, (В)
x ₆	Обсяг виробництва молока в регіоні	800-950 тис. т.	Низький, 800-850, (Н) Середній, 850-900, (С) Високий, 900-950, (В)
x ₇	Рівень рентабельності усієї діяльності під.-мств сіл.гос. галузі рег.	3-50 %	Низький, 3-5%, (Н) Середній, 5-20%, (С) Високий, 20-50%, (В)
x ₈	Середні ціни на зернові та зернобобові культури в регіоні	1-4 тис. грн. т.	Низькі, 1-2, (Н) Середні, 2-3, (С) Високі, 3-4, (В)

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
x ₉	Середні ціни на продукцію тваринництва в регіоні	2-8 тис. грн. т.	Низькі, 2-3 тис. грн. т., (Н) Середні, 3-6 тис. грн. т., (С) Високі, 6-8 тис. грн. т., (В)
x ₁₀	Середні ціни на молоко та молочні продукти в регіоні	1-7 тис. грн. т.	Низькі, 1-2 тис. грн. т., (Н) Середні, 2-4 тис. грн. т., (С) Високі, 4-7 тис. грн. т., (В)
x ₁₁	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 ₁₂	Обсяг інвестицій в сільське господарство Вінницької області,	500-3000 млн. грн.	Низький, 500-1000 млн. грн., (Н) Середній, 1000-2000 млн. грн., (С) Високий, 2000-3000 млн. грн., (В)
x ₁₃	Обсяг дотацій в сільське господарство з держ. бюджету	50-300 млн. грн.	Низький, 50-100 млн. грн., (Н) Середній 100-200 млн. грн., (С) Високий, 200-300 млн. грн., (В)
x ₁₄	Рівень інфляції в Україні	0-50 %	Низький, 0-2 %, (Н) Середня, 2-10 %, (С) Високий, 10-50 %, (В)
x ₁₅	Рівень наявного доходу на одну особу в регіоні	10-70 тис. грн./рік	Низький, 10-20 тис. грн. / рік, (Н) Середній, 20-40 тис. грн. / рік, (С) Високий, 40-70 тис. грн. / рік, (В)
x ₁₆	Середня заробітна плата в регіоні	1-7 тис. грн. міс.	Низька, 1-2 тис. грн. міс., (Н) Середня, 2-4 тис. грн. міс., (С) Висока, 4-7 тис. грн. міс., (В)
x ₁₇	Середня кількість працівників, зайнятих у сіль.госп.вироб. 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 ₁₈	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 ₁₉	Індекси споживчих цін на товари та послуги в регіоні	50-150 %	Низький, 50-90 %, (Н) Середній, 90-110 %, (С) Високий, 110-150%, (В)
x ₂₀	Обсяг посівних площ основних сіль.-госп. 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)
x ₂₁	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 ₂₂	Урожайність цукрових буряків	200-700 ц. з 1 га.	Низька, 200-300 ц. з 1 га., (Н) Середня, 300-400 ц. з 1 га., (С) Висока, 400-700 ц. з 1 га., (В)
x ₂₃	Урожайність ріпаку	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 ₂₄	Обсяг викидів забруднюючих речовин у ат. повітря регіону	30-200 тис. т.	Низький, 30-80 тис. т., (Н) Середній, 80-120 тис. т., (С) Високий, 120-200 тис. т., (В)
x ₂₅	Природні катастрофи в регіоні	0-100 бали	Низький рівень, 0-25, (Н) Середній рівень, 25-50, (С) Високий рівень, 50-100, (В)
x ₂₆	Інтелектуальний потенціал регіону	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 30-60, (С) Високий 60-100, (В)
x ₂₇	Інноваційний потенціал регіону	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 30-60, (С) Високий 60-100, (В)
x ₂₈	Рівень політичної стабільності в країні	0-100 бали	Низький, 0-30, (Н) Середній, 30-60, (С) Високий 60-100, (В)

Для встановлення ієрархічних зв'язків між факторами, що впливають на стійкості аграрної галузі регіону, згрупуємо їх в такі групи: виробничі (а); економічно-фінансові

(e); соціальні (s); природньо-екологічні (p); експертно-інтелектуальні фактори (i). Зазначені групи факторів наведені у вигляді „дерева виведення” (див. рисунки 2-6).

Згідно рисунків 2-6 лінгвістичні змінні факторів a, e, s, p, i визначимо за допомогою таких співвідношень:

$$a = f_a(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7), \quad (1)$$

$$e = f_e(x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}), \quad (2)$$

$$s = f_s(x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}), \quad (3)$$

$$p = f_p(x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}), \quad (4)$$

$$i = f_i(x_{26}, x_{27}, x_{28}), \quad (5)$$

де $x_1 \div x_7$ – виробничі фактори; $x_8 \div x_{14}$ – економічно-фінансові фактори; $x_{15} \div x_{19}$ – соціальні фактори; $x_{20} \div x_{25}$ – природньо-екологічні фактори; $x_{26} \div x_{28}$ – експертно-інтелектуальні фактори.

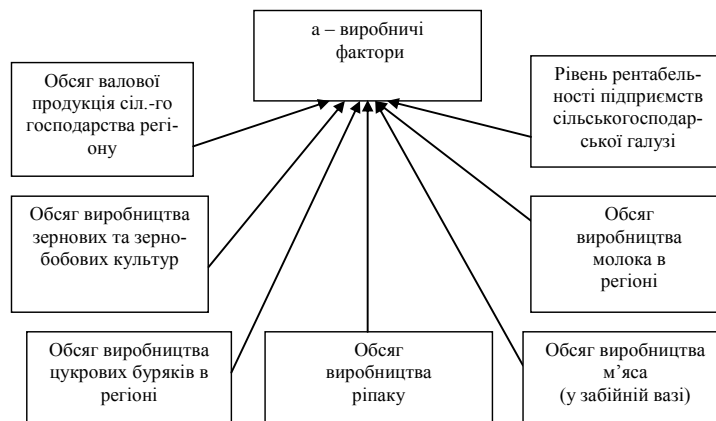


Рис. 2. Класифікація виробничих факторів

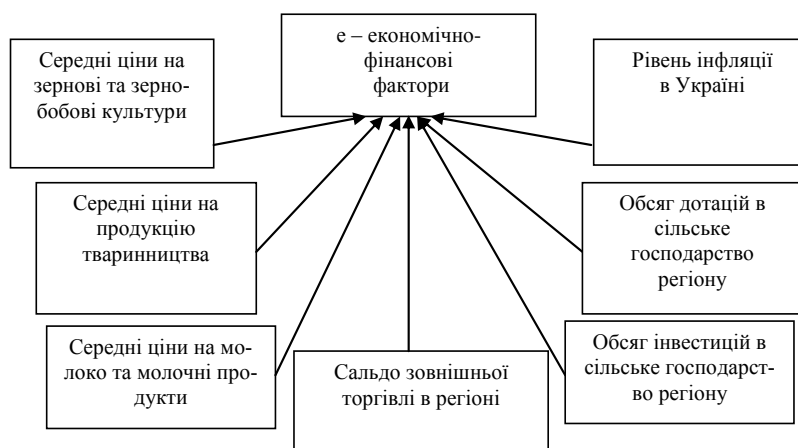


Рис. 3. Класифікація економіко-фінансових факторів

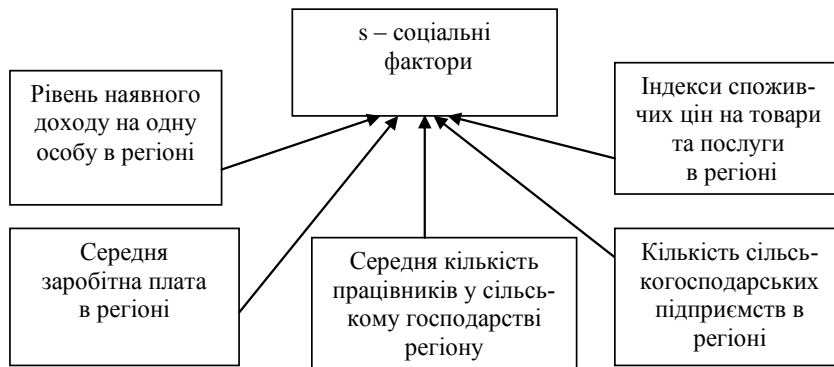


Рис. 4. Класифікація соціальних факторів

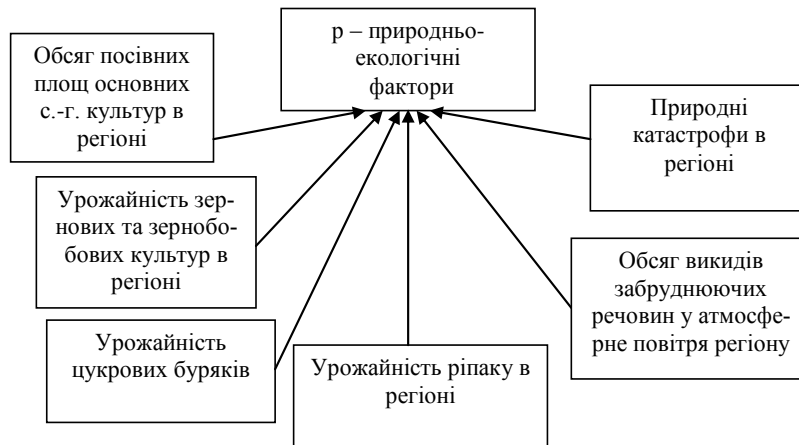


Рис. 5. Класифікація природньо-екологічних факторів

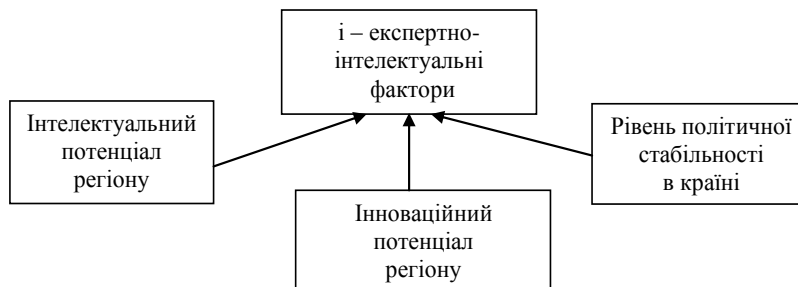


Рис. 6. Класифікація експертно-інтелектуальних факторів

Вихідна величина, тобто стійкість аграрної галузі Вінницької області Y , визначається за формулою:

$$Y = f_Y(a, e, s, p, i, t), \quad (6)$$

де a, e, s, p, i та t – лінгвістичні змінні, що описують відповідно виробничі, економічно-фінансові, соціальні, природньо-екологічні, експертно-інтелектуальні фактори та період прогнозування (1М, 6М, 1Р, 2Р, 3Р, де літерами М та Р позначені місяць та рік).

Відповідно до економічної ситуації та прийнятих принципів моделювання можливі зміни стійкості аграрної галузі Вінницької області визначимо такими рівнями (за шкалою від 0 до 100):

–	Y ₁ (85-100) – відмінна стійкість	(клас А або 1);
–	Y ₂ (66-84) – добра стійкість	(клас В або 2);
–	Y ₃ (51-65) – задовільна стійкість	(клас С або 3);
–	Y ₄ (31-50) – незадовільна стійкість	(клас Д або 4);
–	Y ₅ (0-30) – абсолютна нестійкість	(клас Е або 5).

У таблиці 1 наведені універсальні множини та оціночні терми факторів впливу $x_1 \div x_{28}$, а оцінку узагальнених показників a, e, s, p, i будемо здійснювати за єдиною бальною шкалою із діапазоном від „0” до „100” балів, використовуючи терми «Низький» 0-30 (Н), «Середній» 30-50 (С), «Вище середнього» 50-75 (ВС), «Високий» 75-100 (В). Період прогнозування позначимо t та оберемо такі періоди: $t_1=1$ місяць; $t_2=6$ місяців; $t_3=1$ рік; $t_4=2$ роки; $t_5=3$ роки.

Структуру економічної моделі управління стійким розвитком 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 Y та чинниками $\{x_1 \dots x_{28}\}$, які впливають на цей прогнозний показник Y при дотриманні співвідношень, наведених у формулах (1)-(5).

Структура економіко-математичної моделі управління стійким розвитком аграрної галузі Вінницької області буде мати вигляд, наведений на рисунку 7.

Аналіз наведеної моделі управління стійким розвитком аграрної галузі Вінницької області, що ця модель фактично складається із п’яти інших взаємопов’язаних моделей: моделі стійкості виробничої галузі регіону; моделі стійкості економічно-фінансової системи регіону; моделі стійкості соціальної системи регіону; моделі стійкості природньо-екологічної системи регіону; моделі стійкості експертно-інтелектуального рівня регіону.

При побудові моделі ми оперуємо вхідними кількісними та вхідними якісними параметрами одночасно. Вхідні параметри $\{x_1 \dots x_{24}\}$ є кількісними, і для їх опису будемо використовувати статистичні дані; параметри $\{x_{25} \dots x_{28}\}$ – якісні, тому для опису використаємо умовну бальну шкалу оцінок від “0” до “100” балів.

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

Для опису термів скористаємося перевіреною методикою [6,7,8,9,10,11,12,13], тому для побудови термів всіх змінних моделі визначення та прогнозування показника стійкості аграрної галузі Вінницької області використаємо формулу (7). 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 ФН; b – координата максимуму функції; c – коефіцієнт концентрації розтягування.

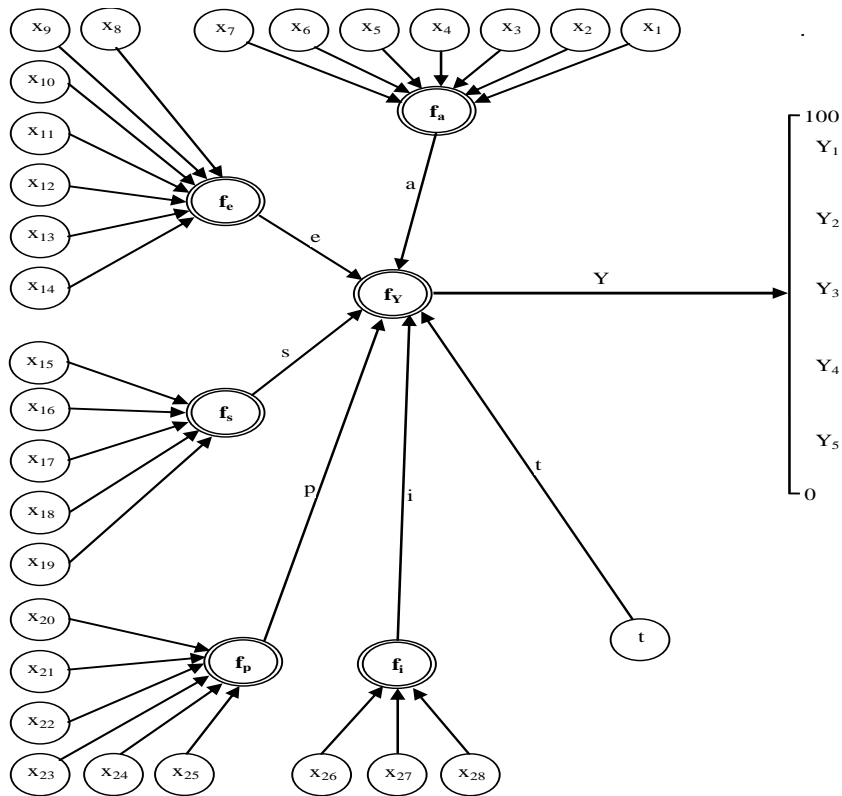


Рис. 7. Структурна модель управління стійким розвитком аграрної галузі Вінницької області

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

Таблиця 2

Значення параметрів b і c функцій належності змінних x_1 та x_2

Вхідні змінні (параметр)	Назва вхідної змінної (параметра)	Лінгвістична оцінка вхідних змінних (терми)	b	c
x_1	Валова продукція сільського господарства регіону, млрд. грн.	H	12	4
		C	15	6
		B	22	7

Вибір функції належності (див. формулу 7) даного типу обумовлений тим, що вона є достатньо гнучкою та простою, оскільки задається лише двома параметрами, а також є більш зручною для подальшого налагодження моделі. Для прикладу, функцію належності для змінної x_1 наведемо на рисунку 8.

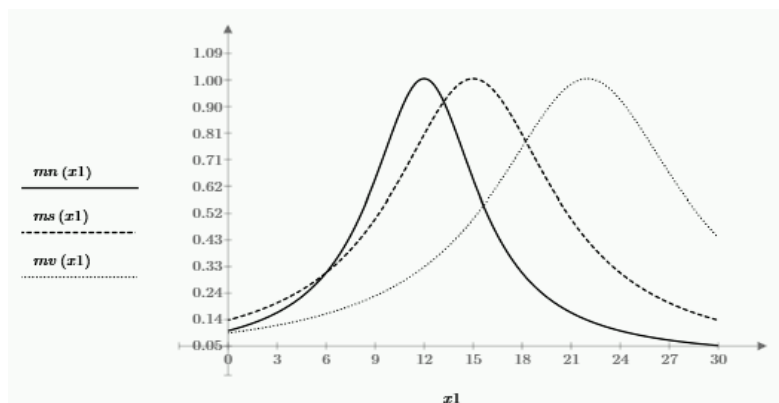


Рис. 8. Функція належності для змінної x_1

Наступним кроком моделювання 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 стійкістю аграрної галузі Вінницької області Y та виробничими, економічно-фінансовими, соціальними, природньо-екологічними, експертно-інтелектуальними факторами, використаємо систему терм-множини, яка запропонована вище. Тоді база знань для змінної Y , яка характеризує стійкість аграрної галузі Вінницької області, буде мати вигляд, наведений в таблиці.3.

Таблиця 3

База знань змінної Y

a	e	s	p	i	t	Y	w
H	H	H	H	H	1M	Y_5	w_1
H	C	C	H	H	6M	Y_5	w_2
C	H	C	H	H	1P	Y_5	w_3
H	C	H	C	C	6M	Y_4	w_4
C	C	H	H	C	1P	Y_4	w_5
C	H	C	C	H	3P	Y_4	w_6
C	C	C	C	C	1M	Y_3	w_7
BC	H	C	BC	BC	1P	Y_3	w_8
B	H	B	H	H	2P	Y_3	w_9
C	BC	BC	BC	H	1P	Y_2	w_{10}
BC	C	BC	C	C	2P	Y_2	w_{11}
B	B	B	H	C	3P	Y_2	w_{12}
B	B	B	B	B	6M	Y_1	w_{13}
B	BC	BC	BC	C	2P	Y_1	w_{14}
BC	B	B	BC	B	3P	Y_1	w_{15}

Кожне правило бази знань являє собою висловлювання „ЯКЩО-ТО”. Правила, що 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 [6].

Для реалізації нечіткого логічного висновку необхідно здійснити перехід від логічних висловлювань до нечітких логічних рівнянь [12]. Такі рівняння отримують 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.

Наведеним в таблиці 3 лінгвістичним висловлюванням відповідають такі нечіткі логічні рівняння – див. формули 8-12.

$$\begin{aligned} \mu^{Y_5}(Y) = & w_1 \cdot [\mu^H(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^H(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\ & w_2 \cdot [\mu^H(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{6M}(t)] \vee \\ & w_3 \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{1P}(t)]; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \mu^{Y_4}(Y) = & w_4 \cdot [\mu^H(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^H(s) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{6M}(t)] \vee \\ & w_5 \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^H(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{1P}(t)] \vee \\ & w_6 \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{3P}(t)]; \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \mu^{Y_3}(Y) = & w_7 \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\ & w_8 \cdot [\mu^{BC}(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^{BC}(i) \cdot \mu^{1P}(t)] \vee \\ & w_9 \cdot [\mu^B(a) \cdot \mu^H(e) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{2P}(t)]; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \mu^{Y_2}(Y) = & w_{10} \cdot [\mu^C(a) \cdot \mu^{BC}(e) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^H(i) \cdot \mu^{1P}(t)] \vee \\ & w_{11} \cdot [\mu^{BC}(a) \cdot \mu^C(e) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^C(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{2P}(t)] \vee \\ & w_{12} \cdot [\mu^B(a) \cdot \mu^B(e) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^H(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{3P}(t)]; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \mu^{Y_1}(Y) = & w_{13} \cdot [\mu^B(a) \cdot \mu^B(e) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^B(p) \cdot \mu^B(i) \cdot \mu^{6M}(t)] \vee \\ & w_{14} \cdot [\mu^B(a) \cdot \mu^{BC}(e) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^C(i) \cdot \mu^{2P}(t)] \vee \\ & w_{15} \cdot [\mu^{BC}(a) \cdot \mu^B(e) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^{BC}(p) \cdot \mu^B(i) \cdot \mu^{3P}(t)]. \end{aligned} \quad (12)$$

У наведених рівняннях літерами „Н”, „С”, „BC”, „В” скорочено позначено назви термів „Низький”, „Середній”, „Вище Середнього” та „Високий”.

Значення ступенів функцій належності в рівняннях (8)-(12) визначаються нечіткими базами знань про виробничі, економічно-фінансові, соціальні, природньо-екологічні, експертно-інтелектуальні фактори розвитку.

Нечіткі логічні рівняння (8)-(12) є математичною реалізацією моделі управління стійким розвитком 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 [6].

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” [14]. У нашому випадку, коли вихідний параметр (змінна) має “n” термів, розрахунок центра ваг зводиться до розв’язання рівняння (13):

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n \left[Y_E + (i-1) \cdot \frac{Y_A - Y_E}{n-1} \right] \cdot \mu^{Y_i}}{\sum_{i=1}^n \mu^{Y_i}}, \quad (13)$$

де n – кількість (дискретних значень) термів змінної “Y”;

$X_E (X_A)$ – нижня (верхня) межа діапазону змінної “Y”;

μ^{Y_i} – функція належності змінної “Y” до нечіткого терма “ Y_i ”.

У математичному пакеті Matlab 6.1 [15] виконано експеримент із застосуванням вище наведеної методики. На рисунку 9 зображено результати застосування вищенаведеної методики визначення та прогнозування рівня стійкості аграрної галузі Вінницької області до 2017 року.

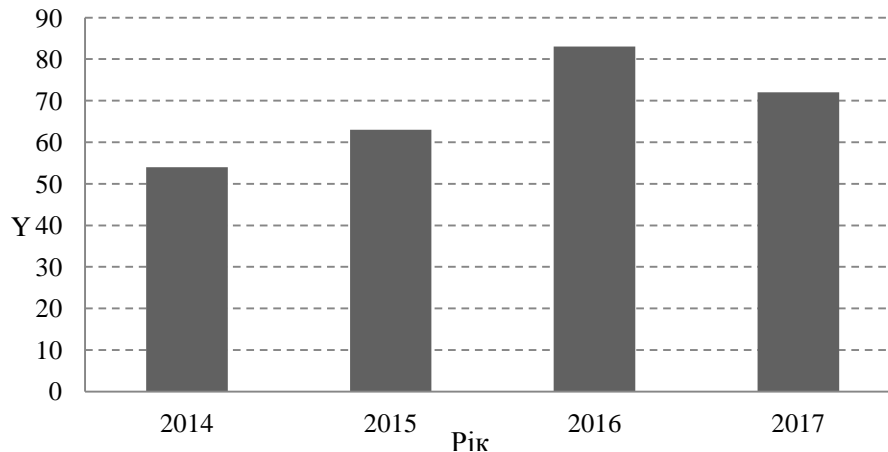


Рис. 9. Результати визначення та прогнозування рівня стійкості аграрної галузі Вінницької області

За експертними даними стійкість аграрної галузі Вінницької області у 2014-2015 році буде віднесена до класу С – “задовільна стійкість”. У 2016-2017 році прогнозний клас стійкості аграрної галузі регіону покращиться до класу В – “добра стійкість”.

Як вже зазначалося раніше, перевагою макроекономічних моделей, побудованих на базі нечіткої логіки, є можливість використання в якості вхідних параметрів лінгвістичних висловлювань (висновків) експертів, що в значній мірі компенсує відсутність аналітичних залежностей між вхідними та вихідними параметрами (змінними) об’єкта прогнозування.

Проте застосування апарату нечіткої логіки дає змогу реалізувати ще одну перевагу цього методу, а саме – дає змогу впливати на процес формування лінгвістичних висловлювань (висновків) експертів, які вони роблять з тих чи інших питань. Тобто моделі, побудовані з застосуванням апарату нечіткої логіки, мають здатність до самонавчання, тобто здатність до гнучкої перебудови відповідно до змін у структурі причинно-наслідкових зв’язків між вхідними та вихідними параметрами (змінними) або змін у характері впливу зовнішніх факторів [16]. Це надає можливість побудови інтерактивної системи підтримки прийняття рішень, щодо управління стійким розвитком аграрної галузі Вінницької області.

Система прийняття та підтримки рішень СППР – це інтерактивна автоматизована система, яка, користуючись відповідними моделями прийняття рішень на аграрному ринку регіону, забезпечує користувачам швидкий та ефективний доступ до відповідної бази даних і надає їм різноманітну інформацію щодо прогнозного рівня стійкості аграрної галузі Вінницької області [17].

У базі даних СППР фіксується і зберігається вся інформація про зміни факторів моделі управління стійким розвитком аграрної галузі Вінницької області та інформація про реакцію системи керування на ці зміни (принцип зворотного зв’язку) тощо. Система прийняття та підтримки рішень є тим механізмом, за допомогою якого здійснюється розробка прогнозів рівня стійкості аграрної галузі регіону та та підготовка відповідних рішень у випадку наявності відхилень прогнозного рівня стійкості від бажаного. Макроекономічна модель прогнозування рівня стійкості аграрної галузі Вінницької області є найбільш складною і найважливішою частиною СППР.

Враховуючи вище наведене систему підтримки прийняття рішень щодо визначення стійкості аграрної галузі регіону можна представити у вигляді рисунка 10.

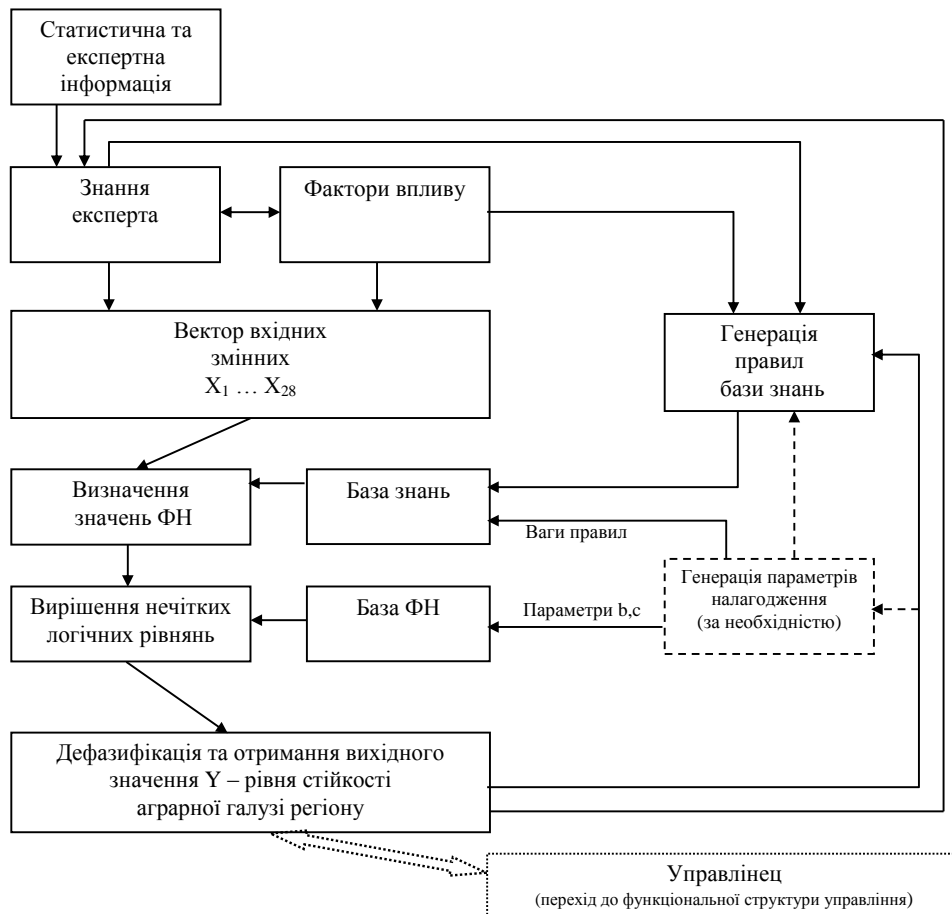


Рис. 10. Процес прийняття та підтримки рішень за допомогою СППР

Як стверджують фахівці, процес “прийняття рішень” за складністю та характером можна зрівняти безпосередньо з самим процесом мислення. Під прийняттям рішень розуміють одноразовий акт вибору певної альтернативи з їх множини. Серед вхідних параметрів розробленої макроекономічної моделі управління стійким розвитком аграрної галузі Вінницької області є чотири параметри, які враховують процес мислення людини. Це – рефлексивні параметри $x_{24}-x_{28}$, які відображають результат мислення людини.

Ситуації, в яких приймаються рішення стосовно стійкості аграрної галузі регіону, не завжди чітко визначені. Основні труднощі прийняття рішень у невизначених ситуаціях полягають у неможливості отримання достовірного прогнозу чи оцінки ймовірності настання конкретних подій в тій чи іншій економічній ситуації. Вибір альтернативного рішення при цьому здійснюється за допомогою рефлексивних (інтелектуальних) процесів, що враховані в розробленій моделі управління стійким розвитком аграрної галузі Вінницької області.

Висновки. Розроблена економіко-математична модель управління стійким розвитком 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. Загайтов И.Б. Экономические проблемы повышения устойчивости сельскохозяйственного производства / И.Б. Загайтов, П.Д. Половинкин. – М.: Экономика, 1984. – 350 с.
2. Макаров Н.П. Система ведения сельского хозяйства / Н.П. Макаров-М.: Колос, 1958. – 192 с.
3. Ястремский, Б.С. Некоторые вопросы математической статистики / Б.С. Ястремский - М.: Госстагиздат, 1961. – 136 с.

4. Четвериков Н.С. Статистические и стохастические исследования / Н.С. Четвериков.-М.: Госстатиздат, 1963. – С. 57-104.
5. Барановський В. Територіальна модель дослідження сталого екологічного розвитку України / В. Барановський // Економіка України. – 1998. – № 8. – С.76-81.
6. Козловський С. В. Управління сучасними економічними системами, їх розвитком та стійкістю : [моногр.] / С. В. Козловський – Вінниця : Меркьюрі-Поділля, 2010. – 432 с.
7. Козловський С.В. Моделювання інвестиційних процесів в агропромисловому комплексі України: [моногр.] / С.В. Козловський, Ю.В. Герасименко. – Вінниця: «Глобус-Прес», 2007. – 136 с.
8. Матвійчук А.В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: [монографія] / А.В. Матвійчук. – К.: КНЕУ, 2007. – 264 с.
9. Козловський С.В. Застосування новітніх методів моделювання стану валютного ринку України / С.В. Козловський // „Вісник Тернопільської академії народного господарства”, № 12 – 2001, м. Тернопіль: «Економічна думка», С. 80-91.
10. Козловський С.В. Управління регіональною продовольчою безпекою на основі інноваційного методу моделювання – нечіткої логіки / С.В. Козловський, Е.А. Кіреєва // Економіка та держава. – 2014. – №3. – С. 18-23.
11. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 176 с.
12. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А.П. Ротштейн. - Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1999. – 320 с.
13. Козловський С.В. Макроекономічне моделювання та прогнозування валютного курсу в Україні / С.В. Козловський, В.О. Козловський. – Монографія. – Вінниця: „Книга-Вега” ВАТ „Вінницька обласна друкарня”, 2005. – 240 с.
14. Архангельский В.И. Системы управления / В.И. Архангельский, И.Н.Богаенко, Г.Г. Грабовский, Н.А. Рюмшин. – К.: Техніка, 1997. – 208 с.
15. Fuzzy Logic Toolbox. User’s Guide, Version 2. – The MathWorks, Inc., 1999.
16. 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.
17. Олексюк О.С. Системи підтримки прийняття фінансових рішень на макрорівні / О.С. Олексюк. – К.: “Наукова думка”, 1998. – 508 с.