
МЕТОДИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

УДК 338.242:519.86

С. В. КОЗЛОВСЬКИЙ,
*доктор економічних наук,
професор кафедри організації обліку та звітності,*
Е. А. КІРЄЄВА,
*кандидат економічних наук,
асистент кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії*

Вінницький національний аграрний університет

УПРАВЛІННЯ РЕГІОНАЛЬНОЮ ПРОДОВОЛЬЧОЮ БЕЗПЕКОЮ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ

Проаналізовано теоретичні основи категорії “продовольча безпека” та визначено зміст терміна “регіональна продовольча безпека”. Досліджено вплив внутрішніх, зовнішніх і світових факторів на формування регіональної продовольчої безпеки. Здійснено моделювання рівня регіональної продовольчої безпеки на 2015–2016 рр. за допомогою математичного апарату теорії нечіткої логіки. На основі розробленої моделі запропоновано систему підтримки та прийняття рішень, яка може бути використана у процесі державного управління як стратегічний орієнтир та основа для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Ключові слова: управління, продовольча безпека, регіон, держава, модель, теорія нечіткої логіки.

S. V. KOZLOVS'KYI,
*Doctor of Econ. Sci.,
Professor of the Chair of Organization of Account and Accountability,*
E. A. KIREEVA,
*Cand. of Econ. Sci.,
Assoc. Professor of the Chair of Administrative Management and Alternative Energy Sources,*

Vinnitsya National Agrarian University

CONTROL OVER THE REGIONAL FOOD SAFETY ON THE BASIS OF MODERN METHODS OF MODELING

The theoretical foundations of the category “food safety” are analyzed, and the content of the term “regional food safety” is determined. The influence of internal, external, and world-wide factors on the formation of a regional food safety is studied. The level of regional food safety in 2015–2016 is modeled with the help of the mathematical apparatus of the theory of fuzzy logics. On the basis of the developed model, a system of support and decision-making, which can be used in the process of public administration as a strategical reference point and the basis for the approval of substantiated managerial decisions.

Keywords: management, food safety, region, state, model, theory of fuzzy logics.

Козловський Сергій Володимирович (Kozlovs'kyi Sergii Volodymyrovych) – e-mail: s@vin.ua;
Кіреєва Елеонора Андріївна (Kireeva Eleonora Andriivna) – e-mail: elichka_03.90@mail.ru.

Динаміка сучасного життя породжує нові проблеми, активізує методологічні пошуки, формує нові парадигми дослідження економічних процесів. У їх численному переліку окремо стоїть проблема визначення регіональної продовольчої безпеки. Необхідність і актуальність дослідження продовольчої безпеки зумовлені тим, які останнім часом стали помітними недооцінювання процесу регулювання економіки і, як наслідок, невідповідне потенціальної можливості використання державою підойм управління розвитком економіки в цілому. Крім того, відчутними викликами для держави стають загрози, які виникають у зв'язку з асиметрією зобов'язань України та ЄС, передбачених Угодою про асоціацію, через яку українські виробники можуть втратити велику частину внутрішнього ринку, а також з неконтрольованим посиленням монокультурності структури виробництва, що загрожує збільшенням імпорту значної частини необхідних для людини продовольчих товарів. Це доводить актуальність даної проблеми і створює необхідність розроблення теоретико-методологічної і термінологічної концепції управління регіональною продовольчою безпекою в сучасних умовах.

Як відомо, метою продовольчої безпеки є створення умов для соціального, фізичного та економічного доступу кожного громадянина до продовольства як у теперішній час, так і в довгостроковій перспективі [1]. Наведемо позиції науковців щодо цієї проблеми та проаналізуємо їх.

Наприклад, В.Т. Шлемко говорить про продовольчу безпеку як про "такий рівень продовольчого забезпечення населення, який гарантує соціально-політичну стабільність у суспільстві, виживання і розвиток нації, особистості, сім'ї, стійкий економічний розвиток" [2]. Водночас Є.Д. Калашнікова і Б.М. Стефанишин визначають її так: "Забезпечена продовольчими ресурсами, потенціалом і гарантіями здатність держави, незалежно від зовнішніх і внутрішніх умов чи загроз, задовольняти потреби населення країни в цілому і кожного громадянина зокрема у продуктах харчування, питній воді та інших харчових продуктах, в обсягах, якості й асортименті, необхідних і достатніх для фізичного і соціального розвитку особистості, забезпечення здоров'я, розширеного відтворення народонаселення" [3].

Заслугує на увагу твердження, запропоноване В.К. Береговим [4], що продовольча безпека країни, регіону — це частина концепції міжнародної глобальної економічної безпеки. Вона передбачає пошук колективних за формою і конструктивних за змістом способів і механізмів розв'язання продовольчих і загальноекономічних диспропорцій, конфліктів і суперечностей, які накопичилися чи виникли через структурні проблеми в національних балансах продовольства та організації гарантованого забезпечення населення продуктами харчування.

Отже, якщо провести аналіз наведених тверджень, то можна зробити висновок, що поняття продовольчої безпеки посідає одне з чільних місць у структурі загальної економічної безпеки держави.

Так, О.С. Щекович [5] пропонує, зважаючи на суб'єктів, а також способи вирішення проблем і виконання ними відповідних функцій, розрізняти чотири рівні продовольчої безпеки: державний, місцевий, колективний (груп населення) і сімейний (домашніх господарств).

До суб'єктів державного рівня відносяться уряд і органи законодавчої влади. На місцевому рівні продовольчу безпеку повинні забезпечувати суб'єкти територіального управління (області, району) за допомогою постачання продуктів, контролю їх якості і створення умов для отримання населенням доходів.

Суб'єктом, що визначає продовольчу безпеку на рівні груп населення, виступають соціальні групи, завдання яких – забезпечити отримання доходів. На сімейному рівні суб'єктом, що забезпечує продовольчу безпеку, виступають домашні господарства, функція яких – забезпечити придбання і використання продуктів, організувати збалансоване споживання. Всі рівні продовольчої безпеки є взаємопов'язаними і взаємозалежними. Оптимальний варіант вирішення продовольчої проблеми – це узгодження дій усіх суб'єктів.

На нашу думку, особливої уваги потребує дослідження забезпечення продовольчої безпеки на місцевому рівні, який є основою для формування загальнонаціональної продовольчої безпеки. Цим і визначається актуальність дослідження поняття “регіональна продовольча безпека”. Щоб розглянути його з точки зору управління, варто дати визначення поняття самого регіону. Так, Т.В. Романова у своїй праці про теоретичні підходи до розуміння сутності поняття регіону пропонує таке визначення: “Регіон – це визначена територіальна одиниця, яка має індивідуальні властивості різних рівнів свого існування та характеризується взаємозв'язком сукупності елементів своєї структури” [6]. Відповідним законом України встановлено, що регіон – це територія Автономної Республіки Крим, окремо всіх областей, Києва та Севастополя*.

Враховуючи тлумачення поняття “регіон” у контексті дослідження продовольчої безпеки, можна зазначити, що регіональна продовольча безпека (РПБ) – це стан регіону, за якого його продовольчі ресурси використовуються так, щоб на всій його території забезпечити всі верстви населення продуктами харчування відповідної якості і в обсягу, не нижчому за мінімальний розмір споживчого кошика, з метою досягнення необхідного рівня життєдіяльності населення незалежно від впливу внутрішніх, зовнішніх і світових факторів.

У методологічній базі дослідження для визначення та прогнозування рівня регіональної продовольчої безпеки доцільно використовувати сучасні методи моделювання, які відіграють одну з ключових ролей у здійсненні послідовного аналізу будь-якої економічної системи [7]. Саме за рахунок цього стає можливим виокремлення важливих факторів економічного розвитку та нівелювання другорядних. Відповідно, необхідно зробити акцент на подіях, які є визначальними у становленні та розвитку досліджуваної системи.

Сутність і значення продовольчої безпеки в сучасних умовах трансформаційних змін вивчали такі науковці-економісти, як М.М. Одинцов, В.Т. Шлемко, Є.Д. Калашнікова, Б.М. Стефанишин, В.К. Береговий та інші. Процес моделювання показників продовольчої безпеки висвітлено у працях таких учених, як О.Т. Івашук, С.В. Харбатович, В.М. Сидоренко, В.М. Геєць, М.О. Кизим, Т.С. Клебанова, О.І. Черняк та інші.

Мета статті – розробка теоретичних і практичних основ для здійснення ефективного управління регіональною продовольчою безпекою на базі використання найсучасніших економіко-математичних методів моделювання, а саме – теорії нечіткої логіки.

Економіко-математичне моделювання – універсальний та ефективний інструмент пізнання внутрішніх і зовнішніх закономірностей, властивих економічним явищам і процесам. Воно дає можливість вивчити кількісні взаємозв'язки, взаємо-

* Про стимулювання розвитку регіонів : Закон України від 08.09.2005 р. № 2850-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/>.

залежності моделюючої системи та вдосконалити її подальший розвиток і функціонування за допомогою математичної моделі.

Світовий досвід моделювання та прогнозування продовольчої безпеки ґрунтується на використанні різноманітних багатофакторних комплексних моделей. Одна з них — динамічна модель GLOBE, яку було розроблено в Інституті розвитку Суссекського університету (Англія). Ця модель є глобальною обчислювальною системою загальної рівноваги, яка збирає дані на рівні країни. Вона охоплює широкий асортимент сільськогосподарської продукції, враховує зміни чисельності населення та параметрів клімату, а також експортно-імпортні товарні потоки за різними продовольчими та непродовольчими групами*.

Модель продовольчої безпеки Служби економічних досліджень США дозволяє прогнозувати споживання харчових продуктів і доступ до них у 70 країнах, що розвиваються. Вона враховує такі сільськогосподарські товари: зернові, коренеплоди і групу, до якої входять усі інші харчові продукти. На дані три групи сировинних товарів припадає в сукупності 100% споживаних калорій. Населення кожної країни розділене на п'ять рівних груп залежно від їхнього доходу. На основі споживання продовольства кожною групою і загальної чисельності населення в моделі визначено кількість людей, не здатних отримати необхідні для споживання 2100 ккал на день**.

Колектив зарубіжних авторів у складі Д. Капальдо, П. Карфакіса, М. Ноуелза та М. Смалдерса пропонує модель управління продовольчою безпекою, оснований на соціальному управлінні ризиками. Модель охоплює два напрями: з одного боку, економетричні залежності відображають взаємозв'язок між показником стану продовольчої безпеки (споживанням харчів, яке виражається в кілокалоріях) і кількістю характеристик домогосподарств; з іншого — пояснюється, як саме сучасні характеристики, ризики та можливості управління ними впливають на ймовірність сприятливого (або несприятливого) стану продовольчої безпеки в майбутньому.

Досвід моделювання регіональної продовольчої безпеки представлено російськими вченими О.М. Чекавінським та Р.Ю. Селіменковим, які здійснили моделювання продовольчої безпеки Вологодської області РФ. Авторами побудовано економіко-математичні моделі, які відображають вплив різноманітних факторів на продовольчу безпеку. Основні з них: обсяг ввезення і власного виробництва продуктів харчування на душу населення, рівень інтенсивності сільськогосподарського виробництва, економічна активність населення, питома вага населення з доходами, нижчими за прожитковий мінімум. Для кожної з факторних змінних розроблено моделі трендів, за допомогою яких методом екстраполяції розраховано прогнозовані значення показників, визначено параметри коефіцієнтів достатності споживання та економічної доступності.

Проблеми та перспективи використання моделювання в системі управління регіональною продовольчою безпекою вивчалися І.В. Нікіфоровою. Дослідження було проведено за матеріалами Калінінградської області РФ; у ньому автор пропонує використовувати економіко-математичну модель, яка дозволяє сформулювати збалансований раціон харчування для населення регіону.

* Modeling Climate Change, Food Security and Population. — 2012. — March [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://futuresgroup.com/files/publications/Modeling_Climate_Change_Food_Security_and_Population.pdf.

** Положение дел в связи с отсутствием продовольственной безопасности в мире. Экономический кризис — последствия и извлеченные уроки. — Рим, 2009 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.fao.org/3/a-i0876r.pdf>.

Вітчизняний досвід моделювання продовольчої безпеки на національному та регіональному рівнях представлено у працях багатьох учених-економістів. Одними з перших моделювання продовольчої безпеки як складової економічної безпеки держави запропонували В.М. Геєць, М.О. Кизим, Т.С. Клебанова та О.І. Черняк [8]. Колектив авторів застосував кореляційний, коінтеграційний і причинно-наслідковий аналіз з метою відбору показників для моделювання, а також регресійний аналіз, що полягає в генерації (побудові) та прогнозуванні систем і моделей економетричних рівнянь. Результативним показником моделі було обрано індекс продукції в сільському господарстві.

О.С. Резнікова [9] у своєму дослідженні пропонує інтегральну модель динамічної системи національної продовольчої безпеки. Моделювання продовольчої безпеки із застосуванням нечітких правил логічного висновку в моделі оптимізації виробничо-галузевої структури представлено Е.Р. Шафізаде та Р.Ю. Шіхлінською [10]. Метою побудованої моделі є максимізація обсягів продовольчих товарів з урахуванням розподілу сільськогосподарських угідь за врожайністю. Було доведено більшу ефективність використання нечіткої логіки порівняно з чітким апаратом.

Попередній досвід моделювання продовольчої безпеки в Україні представлено в основному застосуванням економетричних та інтегральних моделей. На нашу думку, для моделювання регіональної продовольчої безпеки доцільно використати апарат нечіткої логіки.

Так, В.О. Козловським і С.В. Козловським здійснено порівняльний аналіз математичного апарату багатозначної логіки, теорії ймовірностей, теорії помилок, теорії інтервальних середніх, теорії суб'єктивних ймовірностей і теорії нечіткої логіки. Дане дослідження доводить, що "однією з ефективних теорій формалізації й обробки невизначеної інформації є теорія нечіткої логіки, яка дозволяє зі спільних позицій розглянути різні види невизначеності, об'єднати кращі досягнення й позитивні властивості інших теорій та одержати новий, більш високий результат" [11, с. 53–54].

Р.М. Рогатинський і Н.М. Гарматій [12] запропонували використати теорію нечіткої логіки при моделюванні тенденцій розвитку економіко-соціальних процесів у цілому та на ринку праці зокрема, адже колишні чіткі мотивації при виборі місця роботи, коли люди були здебільшого штатними працівниками, до того ж соціально захищеними (з чітко встановленим заробітком, місцем роботи, гарантованим пенсійним забезпеченням), істотно змінилися. Запропонована методика може бути застосована в сучасних центрах зайнятості та кадрових агенціях.

Актуальність теорії нечітких множин визнається й іншими науковцями. При використанні теоретико-ймовірнісного підходу до моделювання здійснюється не прогнозування поведінки системи, а оцінювання частоти тієї чи іншої поведінки, причому робиться припущення, що частота не змінюється за заданих умов, що характеризує так звану стохастичну стійкість. Однак у складних ситуаціях самі умови змінюються досить швидко і не підлягають оцінюванню, а отже, немає сенсу говорити про частоту подій. Неадекватність ймовірнісних моделей виявляється і при описуванні думки експерта, оскільки його вислови не є стохастично-стійкими: в різні моменти за, здавалося б, одних і тих самих незмінних ситуацій експерт може приймати різні рішення.

Доцільність застосування нечіткої логіки в моделюванні макроекономічних процесів доведено і в дослідженні О.О. Зубика [13], який розглядає можливість моделювання проблем міжнародних відносин з урахуванням думок експертів. Ці

висновки описуються експертними висновками та правилами, які, однак, можуть містити суперечності, бути неповними, тому класичні математичні моделі в даному випадку є малоприматними. Для моделювання подібних задач рекомендується застосовувати алгоритми нечіткої логіки, наприклад алгоритм Мамдані. Узагальнюючи думки вчених-економістів, представимо переваги використання теорії нечіткої логіки в моделюванні регіональної продовольчої безпеки (табл. 1).

Таблиця 1

Переваги використання теорії нечіткої логіки при моделюванні регіональної продовольчої безпеки

Риси, притаманні системі регіональної продовольчої безпеки	Переваги теорії нечіткої логіки
Динамічний процес розвитку економіки, глобальні зміни, вагомий вплив світового господарства на продовольчу безпеку	Можливість адаптації до змінних умов економіки
Неповнота даних, адже сутність продовольчої безпеки нині не обмежується тільки рівнями сільськогосподарського виробництва та споживання харчових продуктів. Необхідно враховувати екологічний стан, якість харчових продуктів тощо, які не можна описати точними показниками	Можливість роботи в умовах неповноти інформації та невизначеності
Рівень регіональної продовольчої безпеки тісно взаємозв'язаний з політичною та економічною стабільністю держави і регіону, що вимагає врахування думок експертів з даних напрямів	Врахування експертних думок
Рівень продовольчої безпеки істотно залежить від природних умов, можливих катаклізмів, форс-мажору та революційного розвитку науки і технологій, які можуть бути непередбачуваними та кардинально змінювати сучасний стан економіки	Врахування змін у напрямках та векторах руху

Отже, теорія нечіткої логіки є найбільш прийнятною при моделюванні регіональної продовольчої безпеки. Узагальнюючи наведені експертні думки, можна вказати на переваги, притаманні теорії нечіткої логіки в умовах її використання при моделюванні регіональної продовольчої безпеки. Тож вона дозволяє: визначити основні фактори впливу на регіональну продовольчу безпеку, формалізувати зв'язки між ними; провести визначення і формалізацію лінгвістичних оцінок факторів, побудувати між ними нечіткі зв'язки; вивести нечіткі логічні рівняння на основі лінгвістичних оцінок і нечіткої бази знань; оптимізувати параметри нечіткої моделі.

Важливий етап у процесі моделювання – вибір факторів, які впливають на регіональну продовольчу безпеку. З цією метою проведено дослідження показників, запропонованих у міжнародних і вітчизняних нормативно-правових актах та методиках, а також фактори, які було використано при моделюванні продовольчої безпеки іншими авторами.

Відповідно до стандартів Федерального агентства з освіти запропоновано три основні групи індикаторів продовольчої безпеки. Основна мета індикаторів верхнього рівня, які перебувають на вершині піраміди, – забезпечити загальне та об'єктивне оцінювання продовольчої безпеки, яке було б простим у застосуванні. На цьому рівні представлено мінімально можливу кількість індикаторів, що дозволяє уникнути плутанини і тривалих розрахунків. Для виконання цієї мети обрані індикатори зосереджуються на результативних показниках продовольчої безпеки, а не

на самому процесі досягнення, що дозволяє зробити ці показники придатними для їх порівняння у просторі та часі. Саме так можна дослідити процес досягнення цілей окремо в кожній країні.

Другий і третій рівні піраміди являють собою основні структурні елементи формування продовольчої безпеки. Зокрема, другий аналітичний рівень – “Індикатори для моделювання та прийняття рішень” – спрямований на визначення прямих і безпосередніх факторів, які пов’язані з результативними показниками основного переліку. Ця категорія показників включає такі індикатори, як продуктивність у тваринництві та рослинництві, ринкові ціни, соціально-економічні умови та ін., які визначають продовольчу безпеку, проте не є її результативними факторами.



Рис. 1. Концептуальні рівні та структура індикаторів аналізу продовольчої безпеки

Побудовано авторами за: A Methodological Proposal. Selecting a core set of indicators for monitoring global food security [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.fao.org/3/a-i4095e.pdf>.

Третій рівень – “Індикатори для поглибленого оцінювання продовольчої безпеки” – дає детальну характеристику особливостей країни. Дані індикатори визначають структурні співвідношення в системі забезпечення продовольчої безпеки країни. До цієї групи відносять наявність і доступність засобів виробництва, ринкові фактори, культурне та соціально-економічне становище, кліматичні фактори тощо. Конкретні умови країн визначатимуть перелік показників у кожній з них.

Основні індикатори для оцінювання рівня вітчизняної продовольчої безпеки наведено у відповідній постанові Кабінету Міністрів України *: добова енергетична цінність раціону людини; мінімальний критерій у кілокалоріях на добу (2500 ккал); забезпечення раціону людини основними видами продуктів; достатність запасів зерна у державних ресурсах; економічна доступність продуктів, що визначається як частка сукупних витрат на харчування в загальних сукупних витратах домогосподарств; місткість внутрішнього ринку за окремими продуктами; продовольча незалежність за окремим продуктом.

Розглянемо методику оцінювання продовольчої безпеки, запропоновану О.В. Скиданом [14]. Згідно з його науковими розробками, оцінювання доцільно здійснювати за допомогою таких показників:

– добова калорійність харчування людини (споживання м’яса, м’ясопродуктів, молока, молочних продуктів, яєць, риби, рибопродуктів, цукру, овочів, баштан-

* Деякі питання продовольчої безпеки : Постанова Кабінету Міністрів України від 05.12.2007 р. № 1379 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/>.

них, картоплі, фруктів, ягід, горіхів, винограду, олії, інших рослинних жирів, хліба, хлібопродуктів);

- продовольча незалежність (стосується м'яса, м'ясопродуктів, молока, молочних продуктів, яєць, риби, рибопродуктів, цукру, олії, інших рослинних жирів, картоплі, овочів, фруктів, ягід, хлібопродуктів);
- рівень перехідних запасів зерна (проценти від річного споживання);
- виробництво зерна на одну людину на рік, частка сукупних витрат на харчування в загальних сукупних витратах домогосподарств;
- рентабельність виробництва продукції рослинництва і тваринництва.

Колектив учених з ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України" пропонує свою модель продовольчої безпеки, де для оцінювання її рівня обрано такі показники-індикатори: площа сільськогосподарських угідь у розрахунку на одну людину; питома вага розораних угідь; внесення органічних і мінеральних добрив на 1 га посівної площі; трудомісткість сільськогосподарського виробництва; частка імпортованих продуктів харчування; коефіцієнт платоспроможності в сільському господарстві; калорійність середньодушового раціону; індекс продукції сільського господарства; питома вага витрат на продукти харчування в сукупних доходах домашніх господарств; середня заробітна плата в сільському господарстві; валовий збір зерна [8].

Відповідно до запропонованої нами методики та з урахуванням світового і вітчизняного досвіду моделювання, думок експертів щодо найбільш вагомих факторів впливу на регіональну продовольчу безпеку, особливостей саме регіонального рівня продовольчої безпеки нами було сформовано три групи факторів: внутрішні, зовнішні та світові [15].

Внутрішні фактори об'єднують такі умовні підгрупи:

- фактори що відображають соціальні аспекти і рівень життя населення (найбільш вагомими з них є розмір оплати праці, кількість населення з доходами, нижчими за прожитковий мінімум, рівень безробіття в регіоні та загальна чисельність населення регіону);
- фактори якості, що відображають споживання якісної води в регіоні та екологічність виробництва;
- фактори розвитку сільського господарства; площа сільськогосподарських угідь у регіоні та індекс обсягу сільськогосподарського виробництва, який відображає підвищення чи зниження обсягів виробництва сільськогосподарської продукції;
- фактори, що відображають ціни на основні товарні групи, такі як зернові та м'ясо (для визначення рівня цін обрано саме ці харчові групи, тому що їх питома вага у споживанні є найвищою, що відповідає тенденції ціноутворення на інші продукти харчування).

Група внутрішніх факторів діє в межах регіону, таким чином, вплив на них можна здійснювати на регіональному рівні. Особливу увагу приділено саме тим факторам, що відображають достатність споживання тих чи інших продуктів харчування як середню величину, а не тим, що характеризують кількість населення, яке перебуває за межею бідності, адже саме для таких груп існує найбільша продовольча небезпека.

Вплив на зовнішні фактори (II група) можливий лише на державному рівні. Світові фактори (III група) відображають вплив світового господарства на регіональну продовольчу безпеку (табл. 2).

Відповідно до методики моделювання за допомогою теорії нечіткої логіки введемо змінну Y , яка визначатиме рівень продовольчої безпеки регіону. Нечіткий

Методи економіко-математичного моделювання

висновок може бути поданий у лінгвістичному (наприклад, “більше”, “значно більше”, “менше” тощо) або графічному вигляді як певна функція у двовимірній системі. У результаті отриманий висновок не матиме спільного значення (чого вимагає традиційна математика), а може відобразитися набором значень, кожне з яких містить свою частку вірогідності. Трагування нечітких висновків здійснюється окремо в кожному конкретному випадку і залежить від суті цих висновків, а також чинників, які впливають на них.

Таблиця 2

Фактори впливу на регіональну продовольчу безпеку Вінницької області

Фактори	Показники	Характеристика	Роки			
			2010	2011	2012	2013
Внутрішні фактори						
x_1	Середньомісячна номінальна заробітна плата (грн.)	К *	1782	2074	2432	2651
x_2	Чисельність населення з місячним середньодушовим доходом, нижчим за прожитковий мінімум (тис. осіб)	К	161,9	147,9	110,2	138,5
x_3	Рівень безробіття (%)	К	10,0	9,7	8,8	8,4
x_4	Загальна чисельність населення регіону (тис. осіб)	К	1641,2	1634,2	1627	1618,3
x_5	Середньодобова калорійність раціону харчування однієї людини (ккал)	К	3175	3217	3247	3244
x_6	Екологічність виробництва продукції АПК (бал.)	Е **	89	92	91	92
x_7	Споживання якісної води (бал.)	Е	84	86	87	86
x_8	Площа сільськогосподарських угідь (тис. га)	К	1393,6	1394,5	1411,1	1404,4
x_9	Індекс обсягу сільськогосподарського виробництва (%)	К	100,0	119,6	96,2	126,6
x_{10}	Середні ціни реалізації худоби і птиці (грн./т)	К	9938,9	11878,8	12277,1	13085,1
x_{11}	Середні ціни реалізації зернових та зернобобових культур (грн./т)	К	1109,2	1344,5	1543,7	1283,3
Зовнішні фактори						
x_{12}	Природно-кліматичні умови (бал.)	Е	82	73	81	83
x_{13}	Форс-мажор (бал.)	Е	12	14	19	45
x_{14}	Рівень політичної стабільності (бал.)	Е	48	45	39	25
x_{15}	Експорт сільськогосподарської продукції (млн. дол.)	К	9936	12803,9	17880,6	17024,3
x_{16}	Імпорт сільськогосподарської продукції (млн. дол.)	К	5763,3	6346,8	7519,8	8184
Світові фактори						
x_{17}	Обсяг споживання м'яса на одну людину у світі (кг/рік)	К	42,5	42,4	42,5	42,6

Закінчення таблиці

x_{18}	Наявність високих технологій в АПК (бал.)	Е	61	75	80	82
x_{19}	Обсяг виробництва зернових у світі (млн. метричних тонн)	К	2258,8	2348,0	2284	2567
x_{20}	Обсяг споживання зернових на одну людину у світі (кг)	К	153,1	153,2	152,9	153,6

* К – кількісні показники.

** Е – експертні оцінки.

Наступний етап створення моделі – побудова "дерева логічного висновку" (рис. 2), яке відображає взаємозв'язки між вихідним параметром і вхідними змінними.

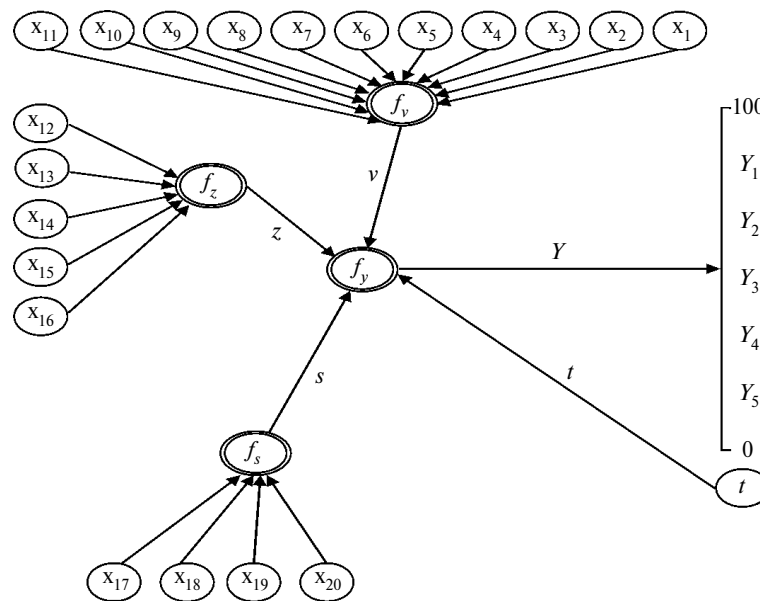


Рис. 2. "Дерево логічного висновку" прогнозу регіональної продовольчої безпеки регіону

Визначимо лінгвістичні змінні факторів v, z, s (див. рис. 1 і 2) за допомогою таких співвідношень:

$$v = f_v(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}), \quad (1)$$

$$z = f_z(x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}), \quad (2)$$

$$s = f_s(x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}), \quad (3)$$

де x_1, \dots, x_{11} – внутрішні фактори регіональної продовольчої безпеки; x_{12}, \dots, x_{16} – зовнішні фактори регіональної продовольчої безпеки; x_{17}, \dots, x_{20} – світові фактори регіональної продовольчої безпеки.

Вихідну змінну Y , що характеризує рівень регіональної продовольчої безпеки, визначено у вигляді рівності

$$Y = f_y(v, z, s), \quad (4)$$

де v, z, s – змінні, що описують внутрішні, зовнішні та світові фактори.

Використання якісних і кількісних вхідних параметрів дозволило побудувати об'єктивну модель. Кількісні параметри описувалися за допомогою статистичних даних, якісні – з використанням експертних оцінок, які відображено на 100-бальній шкалі.

Згідно з основними принципами моделювання, визначимо можливі зміни регіональної продовольчої безпеки за такими рівнями (за шкалою від “0” до “100”): Y_1 (85–100) – високий рівень продовольчої безпеки (клас А, або 1); Y_2 (66–84) – середній рівень продовольчої безпеки (клас В, або 2); Y_3 (51–65) – достатній рівень продовольчої безпеки (клас С, або 3); Y_4 (31–50) – рівень продовольчої безпеки, нижчий за достатній (клас Д, або 4); Y_5 (0–30) – критичний рівень продовольчої безпеки (клас Е, або 5).

Наступним кроком моделювання є складання ієрархічної бази знань. Фрагмент даної бази наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Ієрархічна база знань для змінної Y

Вхідні параметри				Вихідні змінні	Питома вага
z	v	s	t (міс.)	Y	W
К	К	К	1	Y_5	1
К	Д	Д	3		1
Д	К	С	6		1
Д	Д	Д	1	Y_4	1
Д	Д	С	3		1
С	С	К	6		1
С	С	С	1		1
С	С	ВС	3	Y_3	1
ВС	С	Д	6		1
ВС	ВС	Д	1		1
ВС	ВС	С	3	Y_2	1
ВС	ВС	ВС	6		1
ВС	ВС	В	1		1
В	В	С	3	Y_1	1
В	В	ВС	6		1

К – критичний, Д – достатній, С – середній, ВС – вище, ніж середній, В – високий, t – час.

Кожне нечітке правило бази знань є висловлюванням типу “ЯКЩО – ТО”. Нечіткі правила з однаковими вихідними параметрами об’єднуються між собою в рівняння за допомогою слова “АБО”.

Отже, лінгвістичні висловлювання таблиці 1 матимуть такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 & \text{ЯКЩО } [z = \text{К}] \text{ та } [v = \text{К}] \text{ та } [s = \text{К}] \text{ АБО } [z = \text{К}] \text{ та } [v = \text{Д}] \text{ та } [s = \text{Д}] \\
 & \text{АБО } [z = \text{Д}] \text{ та } [v = \text{К}] \text{ та } [s = \text{С}], \text{ ТО } Y = Y_5; \\
 & \text{ЯКЩО } [z = \text{Д}] \text{ та } [v = \text{Д}] \text{ та } [s = \text{Д}] \text{ АБО } [z = \text{Д}] \text{ та } [v = \text{Д}] \text{ та } [s = \text{С}] \\
 & \text{АБО } [z = \text{С}] \text{ та } [v = \text{С}] \text{ та } [s = \text{К}], \text{ ТО } Y = Y_4; \\
 & \text{ЯКЩО } [z = \text{С}] \text{ та } [v = \text{С}] \text{ та } [s = \text{С}] \text{ АБО } [z = \text{С}] \text{ та } [v = \text{С}] \text{ та } [s = \text{ВС}] \\
 & \text{АБО } [z = \text{ВС}] \text{ та } [v = \text{С}] \text{ та } [s = \text{Д}], \text{ ТО } Y = Y_3; \\
 & \text{ЯКЩО } [z = \text{ВС}] \text{ та } [v = \text{ВС}] \text{ та } [s = \text{Д}] \text{ АБО } [z = \text{ВС}] \text{ та } [v = \text{ВС}] \text{ та } [s = \text{С}] \\
 & \text{АБО } [z = \text{ВС}] \text{ та } [v = \text{ВС}] \text{ та } [s = \text{ВС}], \text{ ТО } Y = Y_2; \\
 & \text{ЯКЩО } [z = \text{ВС}] \text{ та } [v = \text{ВС}] \text{ та } [s = \text{В}] \text{ АБО } [z = \text{В}] \text{ та } [v = \text{В}] \text{ та } [s = \text{С}] \\
 & \text{АБО } [z = \text{В}] \text{ та } [v = \text{В}] \text{ та } [s = \text{ВС}], \text{ ТО } Y = Y_1.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Визначення термів рівняння (5) відбувається на основі нечіткої множини з відповідною функцією залежності. У більшості із систем нечіткого логічного висновку функції належностей лінгвістичних термінів задаються у параметричній формі:

$$\mu^v(x) = \frac{1}{1 + \left[\frac{x-b}{c} \right]^2}, \quad (6)$$

де b і c – параметри функції належності; b – координата максимуму функції.

Для прикладу наведено фрагмент таблиці зі значеннями параметрів описання термів: x_1 – середньомісячна номінальна заробітна плата в регіоні; x_2 – чисельність населення з місячними середньодушовими доходами, нижчими за прожитковий мінімум (табл. 4).

Таблиця 4

Значення коефіцієнтів b і c для термів змінних x_1 і x_2

Параметри	Терми	b	c	Параметри	Терми	b	c
x_1	К	850	900	x_2	К	900	80
	Д	1900	2000		Д	700	200
	С	3500	2500		С	350	200
	ВС	6250	1500		ВС	105	150
	В	8500	1100		В	10	50

Використавши дані таблиці 2, побудуємо для прикладу графік функції належності для параметра x_1 (рис. 3).

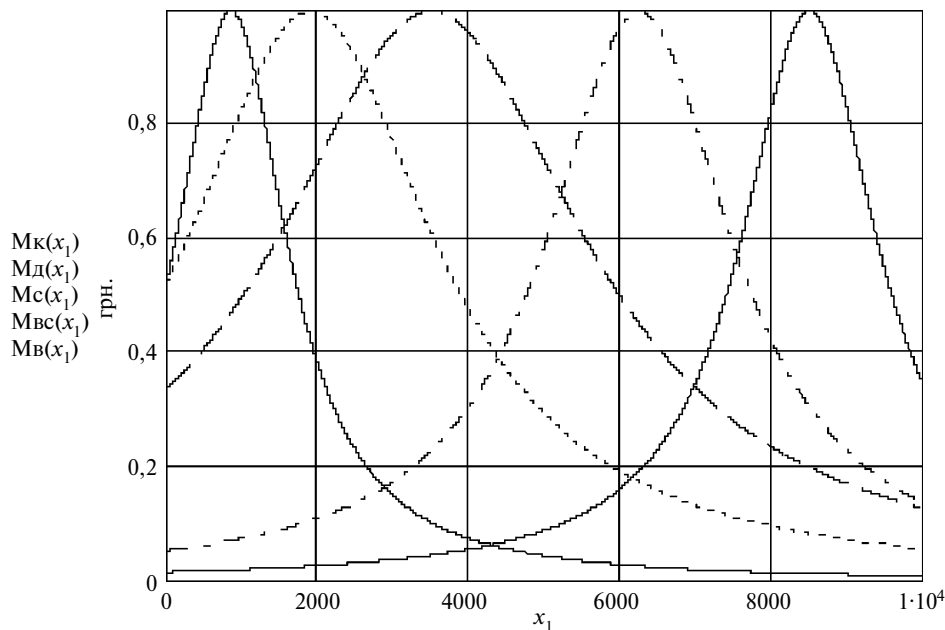


Рис. 3. Функція належності для x_1

Наступний крок моделювання – запис нечітких логічних рівнянь. Для фрагмента (5) вони матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} \mu_Y^{Y5}(z, v, s, t) &= [\mu^K(z) \cdot \mu^K(v) \cdot \mu^K(s) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee [\mu^K(z) \cdot \mu^L(v) \cdot \mu^L(s) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ &[\mu^L(z) \cdot \mu^K(v) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{6M}(t)]; \\ \mu_Y^{Y4}(z, v, s, t) &= [\mu^L(z) \cdot \mu^L(v) \cdot \mu^L(s) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee [\mu^L(z) \cdot \mu^L(v) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ &[\mu^C(z) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^K(s) \cdot \mu^{6M}(t)]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_Y^{Y3}(z, v, s, t) &= [\mu^C(z) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee [\mu^C(z) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ &[\mu^{BC}(z) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^D(s) \cdot \mu^{6M}(t)]; \\ \mu_Y^{Y2}(z, v, s, t) &= [\mu^{BC}(z) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^D(s) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee [\mu^{BC}(z) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ &[\mu^{BC}(z) \cdot \mu^{BCC}(v) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^{6M}(t)]; \\ \mu_Y^{Y1}(z, v, s, t) &= [\mu^{BC}(z) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^B(s) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee [\mu^B(z) \cdot \mu^B(v) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ &[\mu^B(z) \cdot \mu^B(v) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^{6M}(t)]. \end{aligned} \quad (7)$$

Останнім етапом процесу моделювання є дефазифікація. Вона являє собою процедуру перетворення нечіткої множини в чітке число. Існує декілька методів дефазифікації, але найбільш зручним для розв’язання економічних задач є метод “центра ваги” [16].

Дана модель дає змогу зробити прогноз стану регіональної продовольчої безпеки на перспективу та створити ефективну систему прийняття і підтримки рішень (СППР). Основне завдання СППР – допомагати органам державної влади у прийнятті рішень щодо формування достатнього рівня регіональної продовольчої безпеки. Вона має три головні складові: підсистему інтерфейсу користувача, підсистему керування базою даних, підсистему керування моделлю. Разом з тим ще однією з переваг запропонованої системи прийняття та підтримки рішень є те, що вона передбачає можливість не тільки збирання, збереження, обробки, доступу до інформації, а й візуалізацію як вхідних просторово розташованих даних, так і результатів управління за допомогою сучасних геоінформаційних систем [17].

На основі розробленої моделі було виконано прогнозування рівня регіональної продовольчої безпеки для Вінницької області на 2014–2016 рр. Результати такого моделювання рівня продовольчої безпеки наведено на рисунку 4.

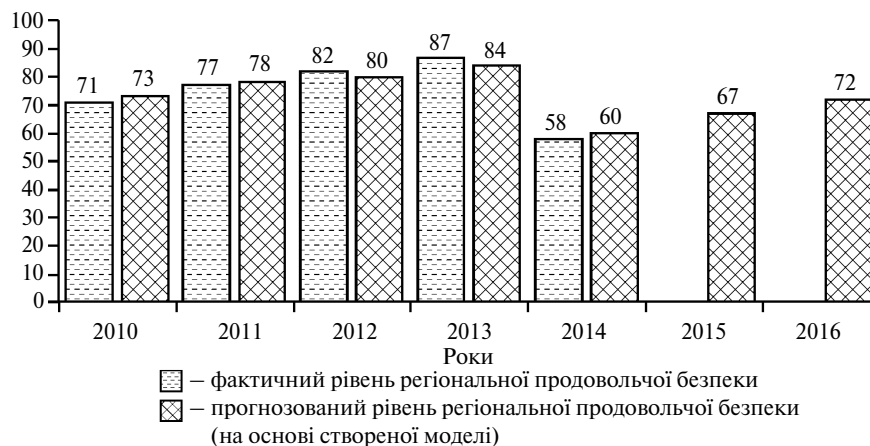


Рис. 4. Фактичний і прогнозований рівні регіональної продовольчої безпеки Вінницької області

Рівень продовольчої безпеки області оцінено за 100-бальною шкалою та класами продовольчої безпеки. У 2010–2013 рр. він був порівнянний із середніми показниками продовольчої безпеки. У цей період спостерігалось покращення її стану, зумовлене поступовим зростанням середньої заробітної плати, зниженням чисельності населення із середньодушовими доходами, нижчими за прожитковий

мінімум, збільшенням обсягів експорту сільськогосподарської продукції та іншими факторами. У 2014–2015 рр. відбулося різке падіння рівня продовольчої безпеки, у 2014 р. – до рівня "С" (достатній рівень), що було зумовлено погіршенням таких факторів, як політична стабільність у регіоні, зростання безробіття, збільшення ймовірності форс-мажору. У 2015–2016 рр. прогнозується поступове покращення продовольчої безпеки Вінницької області, що обґрунтовано підвищенням рівня політичної стабільності, проте на результати прогнозу можуть негативно вплинути такі фактори, як високий рівень безробіття, велика частка населення із середньодушовими доходами, нижчими за прожитковий мінімум, зростання цін на сільськогосподарську продукцію за умов незмінності розміру заробітної плати і т. п.

Отже, для впливу на існуючу ситуацію та досягнення високого рівня продовольчої безпеки в даному регіоні та в державі в цілому необхідними є державне регулювання та підтримка. З метою прийняття ефективних управлінських рішень нами запропоновано механізм управління регіональною продовольчою безпекою на основі СППР з використанням теорії нечіткої логіки (рис. 5).

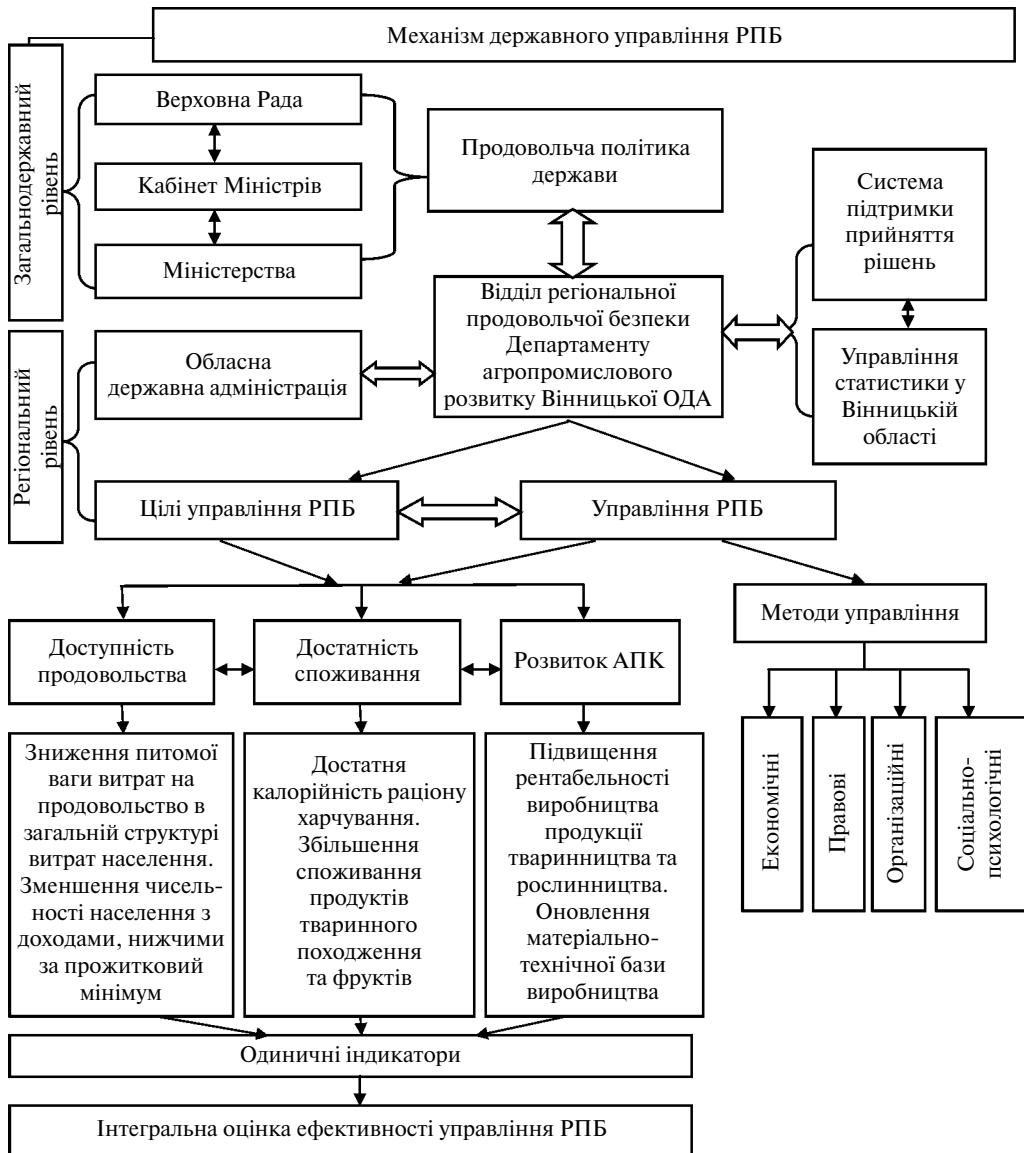


Рис. 5. Механізм управління регіональною продовольчою безпекою

Висновки

Особливістю системи підтримки і прийняття рішень щодо управління регіональною продовольчою безпекою є здатність даної системи прогнозувати стан регіональної продовольчої безпеки та за допомогою коливань факторів визначати можливості впливу на неї. Слід зазначити, що у СППР при побудові інформаційних систем вони забезпечують реалізацію таких важливих властивостей, як інтерактивність, інтегрованість, потужність, доступність, гнучкість, надійність, робастність, керованість [18].

Моделювання регіональної продовольчої безпеки з використанням теорії нечіткої логіки дозволяє визначити її стан у майбутньому, що, у свою чергу, є основою для створення відповідної стратегії управління. У процесі управління регіональною продовольчою безпекою використано систему прийняття та підтримки управлінських рішень, яка дозволяє адекватно оцінити вихідний стан проблеми та визначити оптимальні напрями її вирішення.

Отже, запропоновану модель можна використати у процесі державного регіонального управління та в діяльності окремих господарюючих суб'єктів як основу для вироблення необхідної стратегії.

Список використаної літератури

1. *Одінцов М.М.* Моделювання факторів формування продовольчої безпеки // Ефективна економіка. – 2010. – № 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=113>.
2. *Шлемко В.Т., Бінько І.Ф.* Економічна безпека України: сутність і напрями забезпечення : моногр. – К. : НІСД, 1997. – 144 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.niss.gov.ua/book/rozdil/binko.htm>.
3. *Калашнікова Є.Д., Стефанишин Б.М.* Продовольче забезпечення регіону за умов трансформаційної економіки // Вісник Прикарпатського університету. – Серія : Економіка. – 2008. – № 6. – С. 33–37.
4. *Береговий В.К.* Проблеми продовольчої безпеки України // Економіка АПК. – 2011. – № 5. – С. 71–78 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://eaprk.org.ua/sites/default/files/eaprk/2011/2011_05/11_05_11.pdf.
5. *Щекович О.С.* Продовольча безпека України: зміст, структура, реальність, загрози [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.rusnauka.com/18_NPM_2008/Economics/34214.doc.htm.
6. *Романова Т.В.* Теоретичні підходи до розуміння сутності поняття “регіон” // Ефективна економіка. – 2012. – № 4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1053>.
7. *Харбатович С.В.* Теоретичні аспекти моделювання як методу наукового дослідження // Вісник Чернігівського нац. пед. ун. імені Т.Г. Шевченка. – Серія : Педагогічні науки. – 2012. – № 96. – С. 254–258.
8. *Гейць В.М., Кизим М.О., Клебанова Т.С., Черняк О.І.* та ін. Моделювання економічної безпеки: держава, регіон, підприємство : моногр. ; [за ред. В.М. Гейця]. – Х. : ВД “ІНЖЕК”, 2006. – 240 с.
9. *Резнікова О.С.* Продовольча безпека в умовах глобалізації економіки: теорія, методологія, практика : автореф. дис. ... докт. екон. наук [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://elibrary.nubip.edu.ua/13785/1/резнікова__f.pdf.
10. *Шафизаде Э.Р., Шихлинская Р.Ю.* Применение нечетких правил логического вывода к модели оптимизации производственно-отраслевой структуры сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности // Актуальні проблеми економіки. – 2010. – № 1(103). – С. 286–294.

11. Козловський С.В., Козловський В.О. Макроекономічне моделювання та прогнозування валютного курсу в Україні : моногр. — Вінниця : Книга-Вега, 2005. — 240 с.
12. Рогатинський Р.М., Гарматій Н.М. Моделювання соціально-економічних процесів на базі нечіткої логіки : матер. IV міжнар. наук.-метод. конф. — Тернопіль : ТНТУ, 2013. — С. 45–48.
13. Зубик О.О. Застосування продукційної системи нечіткої логіки для моделювання проблем міжнародних відносин : матер. всеукр. наук. конф. — Львів : Львівська політехніка, 2011. — С. 74–77 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/19141/1/14-Zubyk-74-77.pdf>.
14. Скидан О.В. Продовольча безпека як пріоритет аграрної політики: проблеми інституціоналізації / Державне управління: удосконалення та розвиток [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=154>.
15. Козловський С.В. Управління сучасними економічними системами, їх розвитком та стійкістю : моногр. — Вінниця : Меркьюрі-Поділля, 2010. — 432 с.
16. Калетнік Г.М., Козловський С.В., Тарасюк Н.М., Семененко В.В. Управління економічними відносинами підприємств молокопродуктового підкомплексу аграрної галузі України : моногр. — Вінниця : Книга-Вега, 2013. — 240 с.
17. Kozlovskiy S., Burlaka O. Modeling and forecasting of sustainable development of the agricultural sector in the region based on the theory of fuzzy logic // Regional Innovations. — 2014. — № 2. — P. 5–16.
18. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. — К. : КНЕУ, 2004. — 614 с.

References

1. Odintsov M.M. *Modelyuvannya faktoriv formuvannya prodovol'choi bezpeky* [Modeling of the factors of formation of the food safety]. *Efekt. Ekonomika — Effic. Economy*, 2010, No. 1, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=113> [in Ukrainian].
2. Shlemko V.T., Bin'ko I.F. *Ekonomichna Bezpeka Ukrainy: Sutnist' i Napryamky Zabezpechennya* [Economic Safety of Ukraine: Essence and Directions of the Support]. Kyiv, NISS, 1997, available at: <http://www.niss.gov.ua/book/rozdil/binko.htm> [in Ukrainian].
3. Kalashnikova E.D., Stefanyshyn B.M. *Prodovol'che zabezpechennya regionu za umov transformatsiinoi ekonomiky* [The food provision of a region under conditions of a transformational economy]. *Visnyk Prykarp. Univ. Ser. Ekon. — Bull. Pre-Carpath. Univ. Ser. Econ.*, 2008, No. 6, pp. 33–37 [in Ukrainian].
4. Beregovyi V.K. *Problemy prodovol'choi bezpeky Ukrainy* [Problems of food safety of Ukraine]. *Ekon. APK — Economy of AIC*, 2011, No. 5, pp. 71–78, available at: http://eapk.org.ua/sites/default/files/eapk/2011/2011_05/11_05_11.pdf [in Ukrainian].
5. Shchekovych O.S. *Prodovol'cha bezpeka Ukrainy: zmist, struktura, real'nist', zagrozy* [Food safety of Ukraine: content, structure, reality, threats], available at: http://www.rusnauka.com/18_NPM_2008/Economics/34214.doc.htm [in Ukrainian].
6. Romanova T.V. *Teoretychni pidkhody do rozuminnya sutnosti ponyattya "region"* [Theoretical approaches to the comprehension of the notion "region"]. *Efekt. Ekonomika — Effic. Economy*, 2012, No. 4, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1053> [in Ukrainian].
7. Kharbatovych S.V. *Teoretychni aspekty modelyuvannya yak metodu naukovogo doslidzhennya* [Theoretical aspects of the modeling as a method of scientific study]. *Visnyk Chern. Nats. Ped. Univ. im. T.G. Shevchenka. Ser. Ped. Nauky — Bull. T.G. Shevchenko Chern. Nat. Ped. Univ. Ser. Ped. Sci.*, 2012, No. 96, pp. 254–258 [in Ukrainian].

8. Heyets V.M., Kyzym M.O., Klebanova T.S., Chernyak O.I. et al. *Modelyuvannya Ekonomichnoi Bezpeky: Derzhava, Region, Pidpryemstvo, za red. V.M. Geitsya* [Modeling of Economic Safety: State, Region, Enterprise], edited by V.M Heyets. Kharkiv, INZHEK, 2006 [in Ukrainian].
9. Reznikova O.S. *Prodovol'cha bezpeka v umovakh globalizatsii ekonomiky: teoriya, metodologiya, praktyka, avtoref. dys. ... dokt. ekon. nauk* [The food safety under conditions of economy's globalization: theory, methodology, practice], Author's abstract of the Doctoral degree thesis (Econ. Sci.), available at: http://elibrary.nubip.edu.ua/13785/1/резнікова__f.pdf [in Ukrainian].
10. Shafizade E.R., Shikhliinskaya R.Yu. *Primenenie nechetkikh pravil logicheskogo vyvoda k modeli optimizatsii proizvodstvenno-otraslevoi struktury sel'skogo khozyaistva dlya obespecheniya prodovol'stvennoi bezopasnosti* [The application of the fuzzy rules of logical construction to the model of optimization of the productive-sectoral structure of agriculture for the ensuring of the food safety]. *Akt. Probl. Ekon. – Act. Probl. of Economy*, 2010. – No.1(103), pp. 286–294 [in Russian].
11. Kozlovs'kyi S.V., Kozlovs'kyi V.O. *Makroekonomichne Modelyuvannya ta Prognozyvannya Valyutnogo Kursu v Ukraini* [Macroeconomic Modeling and Forecasting of an Exchange Rate in Ukraine]. Vinnytsya, Knyga-Vega, 2005 [in Ukrainian].
12. Rogatyns'kyi R.M., Garmatii N.M. *Modelyuvannya sotsial'no-ekonomichnykh protsesiv na bazi nechitkoi logiky, v: Mater. IV Mizhnar. nauk.-metod. konf.* [Modeling of socio-economic processes on the basis of fuzzy logics, in: Proceed. IV Intern. Sci.-Meth. Confer.]. Ternopil', TNTU, 2013, pp. 45–48 [in Ukrainian].
13. Zubyk O.O. *Zastosuvannya produktsiinoi systemy nechitkoi logiky dlya modelyuvannya problem mizhnarodnykh vidnosyn, v: Mater. Vseukr. Nauk. Konf.* [The application of a productional system of the fuzzy logics for modeling the problems of international relations, in: Proceed. All-Ukr. Sci. Confer.]. Lviv, Lviv Polytechn., 2011, pp. 74–77, available at: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/19141/1/14-Zubyk-74-77.pdf> [in Ukrainian].
14. Skydan O.V. *Prodovol'cha bezpeka yak priorityet agrarnoi polityky: problemy instytutsionalizatsii, v: Derzhavne Upravlinnya: Udoskonalennya ta Rozvytok* [Food safety as a priority of the agrarian policy: problems of institutionalization, in: Public Administration: Improvement and Development], available at: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=154> [in Ukrainian].
15. Kozlovs'kyi S.V. *Upravlinnya Suchasnyimi Ekonomichnyimi Systemamy, Ikh Rozvytkom ta Stiikistyu* [Controlling of Modern Economic Systems, Their Development and Stability]. Vinnytsya, Merk'yuri-Podillya, 2010 [in Ukrainian].
16. Kaletnik G.M., Kozlovs'kyi S.V., Tarasyuk N.M., Semenenko V.V. *Upravlinnya Ekonomichnyimi Vidnosynamy Pidpryemstv Molokoproduktovogo Pidkompleksu Agrarnoi Galuzi Ukrainy* [Controlling the Economic Relations of Enterprises of the Milk-Product Subcomplex of the Agrarian Branch of Ukraine]. Vinnytsya, Knyga-Vega, 2013 [in Ukrainian].
17. Kozlovskiy S., Burlaka O. Modeling and forecasting of sustainable development of the agricultural sector in the region based on the theory of fuzzy logic. *Regional Innovations*, 2014, No. 2, pp. 5–16.
18. Sytnyk V.F. *Systemy Pidtrymky Pryinyattya Rishen'* [Systems of Support of a Decision-Making]. Kyiv, KNEU, 2004 [in Ukrainian].