
МЕТОДЫ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

УДК 338.242:519.86

С. В. КОЗЛОВСКИЙ,
доктор экономических наук,
профессор кафедры организации учета и отчетности,
Э. А. КИРЕЕВА,
кандидат экономических наук,
ассистент кафедры административного менеджмента и альтернативных источников энергии

Винницкий национальный аграрный университет

УПРАВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проанализированы теоретические основы категории “продовольственная безопасность” и определено содержание термина “региональная продовольственная безопасность”. Исследовано влияние внутренних, внешних и общемировых факторов на формирование региональной продовольственной безопасности. Осуществлено моделирование уровня региональной продовольственной безопасности на 2015–2016 гг. с помощью математического аппарата теории нечеткой логики. На основании разработанной модели предложена система поддержки и принятия решений, которая может быть использована в процессе государственного управления как стратегический ориентир и основа для принятия обоснованных управленческих решений.

Ключевые слова: управление, продовольственная безопасность, регион, государство, модель, теория нечеткой логики.

S. V. KOZLOVSKII,
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

Vinnitsa 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.

Козловский Сергей Владимирович (Kozlovskii Sergei Vladimirovich) – e-mail: s@vin.ua;
Киреева Элеонора Андреевна (Kireeva Eleonora Andreevna) – e-mail: elichka_03.90@mail.ru.

Динамика современной жизни порождает новые проблемы, активизирует методологические поиски, формирует новые парадигмы исследования экономических процессов. В их многочисленном перечне отдельно стоит проблема определения региональной продовольственной безопасности. Необходимость и актуальность исследования продовольственной безопасности обусловлены тем, что в последнее время стали заметны недооценка процесса регулирования экономики и, как следствие, несоответственное потенциальной возможности использования государством рычагов управления развитием экономики в целом. Кроме того, ощутимыми вызовами для государства становятся угрозы, возникающие в связи с асимметрией обязательств Украины и ЕС, предусмотренных Соглашением об ассоциации, из-за которой украинские производители могут потерять большую часть внутреннего рынка, а также с неконтролируемым усилением монокультурности структуры производства, что угрожает увеличением импорта значительной части необходимых для человека продовольственных товаров. Это доказывает актуальность данной проблемы и создает необходимость разработки теоретико-методологической и терминологической концепции управления региональной продовольственной безопасностью в современных условиях.

Как известно, целью продовольственной безопасности является создание условий для социального, физического и экономического доступа каждого гражданина к продовольствию как в настоящее время, так и в долгосрочной перспективе [1]. Приведем позиции ученых по этой проблеме и проанализируем их.

Например, В.Т. Шлемко говорит о продовольственной безопасности как о “таком уровне продовольственного обеспечения населения, который гарантирует социально-политическую стабильность в обществе, выживание и развитие нации, личности, семьи, устойчивое экономическое развитие” [2]. В то же время Е.Д. Калашникова и Б.Н. Стефанишин определяют ее так: “Обеспеченная продовольственными ресурсами, потенциалом и гарантиями способность государства, независимо от внешних и внутренних условий или угроз, удовлетворять потребности населения страны в целом и каждого гражданина в частности в продуктах питания, питьевой воде и других пищевых продуктах, в объемах, качестве и ассортименте, необходимых и достаточных для физического и социального развития личности, обеспечения здоровья, расширенного воспроизводства народонаселения” [3].

Заслуживает внимания утверждение, предложенное В.К. Береговым [4], что продовольственная безопасность страны, региона — это часть концепции международной глобальной экономической безопасности. Она предусматривает поиск коллективных по форме и конструктивных по содержанию способов и механизмов решения продовольственных и общеэкономических диспропорций, конфликтов и противоречий, которые накопились или возникли из-за структурных проблем в национальных балансах продовольствия и организации гарантированного обеспечения населения продуктами питания.

Следовательно, если провести анализ приведенных утверждений, то можно сделать вывод, что понятие продовольственной безопасности занимает одно из главных мест в структуре общей экономической безопасности государства.

Так, Е.С. Щекович [5] предлагает, принимая во внимание субъекты, а также способы решения проблем и выполнения ими соответствующих функций, различать четыре уровня продовольственной безопасности: государственный, местный, коллективный (групп населения) и семейный (домашних хозяйств).

К субъектам государственного уровня относятся правительство и органы законодательной власти. На местном уровне продовольственную безопасность должны обеспечивать субъекты территориального управления (области, района) с помощью снабжения продуктами, контроля их качества и создания условий для получения населением доходов.

Субъектом, определяющим продовольственную безопасность на уровне групп населения, выступают социальные группы, задача которых – обеспечить получение доходов. На семейном уровне субъектом, обеспечивающим продовольственную безопасность, выступают домашние хозяйства, функция которых – обеспечить приобретение и использование продуктов, организовать сбалансированное потребление. Все уровни продовольственной безопасности взаимосвязаны и взаимозависимы. Оптимальный вариант решения продовольственной проблемы – это согласование действий всех субъектов.

По нашему мнению, особого внимания требует исследование обеспечения продовольственной безопасности на местном уровне, являющемся основой для формирования общенациональной продовольственной безопасности. Этим и обуславливается актуальность исследования понятия “региональная продовольственная безопасность”. Чтобы рассмотреть его с точки зрения управления, стоит дать определение понятия самого региона. Так, Т.В. Романова в своей работе о теоретических подходах к пониманию сущности понятия региона предлагает такую формулировку: “Регион – это определенная территориальная единица, имеющая индивидуальные свойства разных уровней своего существования и характеризующаяся взаимной связью совокупности элементов своей структуры” [6]. Соответствующим законом Украины установлено, что регион – это территория Автономной Республики Крым, отдельно всех областей, Киева и Севастополя*.

Учитывая толкование понятия “регион” в контексте исследования продовольственной безопасности, можно отметить, что региональная продовольственная безопасность (РПБ) – это состояние региона, при котором его продовольственные ресурсы используются так, чтобы на всей его территории обеспечить все слои населения продуктами питания соответствующего качества и в объеме, не ниже минимального размера потребительской корзины, с целью достижения необходимого уровня жизнедеятельности населения независимо от влияния внутренних, внешних и общемировых факторов.

В методологической базе исследования для определения и прогнозирования уровня региональной продовольственной безопасности целесообразно использовать современные методы моделирования, которые играют одну из ключевых ролей в осуществлении последовательного анализа любой экономической системы [7]. Именно за счет этого становится возможным выделение важных факторов экономического развития и нивелирование второстепенных. Соответственно, необходимо сделать акцент на событиях, являющихся определяющими в становлении и развитии исследуемой системы.

Сущность и значение продовольственной безопасности в современных условиях трансформационных изменений изучали такие ученые-экономисты, как М.М. Одинцов, В.Т. Шлемко, Е.Д. Калашникова, Б.М. Стефанишин, В.К. Береговой и другие. Процесс моделирования показателей продовольственной безопасности отражен в работах таких ученых, как О.Т. Иващук, С.В. Харбатович, В.Н. Сидоренко, В.М. Гец, Н.А. Кизим, Т.С. Клебанова, А.И. Черняк и другие.

Цель статьи – разработка теоретических и практических основ для осуществления эффективного управления региональной продовольственной безопасностью на базе использования самых современных экономико-математических методов моделирования, а именно – теории нечеткой логики.

Экономико-математическое моделирование – универсальный и эффективный инструмент познания внутренних и внешних закономерностей, свойственных экономическим явлениям и процессам. Оно дает возможность изучить количествен-

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

ные взаимосвязи, взаимозависимости моделирующей системы и усовершенствовать ее дальнейшее развитие и функционирование с помощью математической модели.

Общемировой опыт моделирования и прогнозирования продовольственной безопасности основывается на использовании разнообразных многофакторных комплексных моделей. Одна из них — динамичная модель GLOBE, разработанная в Институте развития Суссекского университета (Англия). Эта модель является глобальной вычислительной системой общего равновесия, которая собирает данные на уровне страны. Она охватывает широкий ассортимент сельскохозяйственной продукции, учитывает изменения численности населения и параметров климата, а также экспортно-импортные товарные потоки по разным продовольственным и не-продовольственным группам*.

Модель продовольственной безопасности Службы экономических исследований США позволяет прогнозировать потребление пищевых продуктов и доступ к ним в 70 развивающихся странах. Она учитывает следующие сельскохозяйственные товары: зерновые, корнеплоды и группу, в которую входят все другие пищевые продукты. На данные три группы сырьевых товаров приходится в совокупности 100% потребляемых калорий. Население каждой страны разделено на пять равных групп в зависимости от их дохода. На основании потребления продовольствия каждой группой и общей численности населения в модели определено количество людей, не способных получить необходимые для потребления 2100 ккал в день**.

Коллектив зарубежных авторов в составе Д. Капальдо, П. Карфакиса, М. Ноуэла и М. Смалдерса предлагает модель управления продовольственной безопасностью, основанную на социальном управлении рисками. Модель охватывает два направления: с одной стороны, эконометрические зависимости отображают взаимосвязь между показателем состояния продовольственной безопасности (потреблением пищи, выражающимся в килокалориях) и количеством характеристик домохозяйств; с другой — объясняется, как именно современные характеристики, риски и возможности управления ими влияют на вероятность благоприятного (или неблагоприятного) состояния продовольственной безопасности в будущем.

Опыт моделирования региональной продовольственной безопасности представлен российскими учеными А.Н. Чекавинским и Р.Ю. Селименковым, которые осуществили моделирование продовольственной безопасности Вологодской области РФ. Авторами построены экономико-математические модели, отображающие влияние разнообразных факторов на продовольственную безопасность. Основные из них: объем ввоза и собственного производства продуктов питания на душу населения, уровень интенсивности сельскохозяйственного производства, экономическая активность населения, удельный вес населения с доходами ниже прожиточного минимума. Для каждой из факторных переменных разработаны модели трендов, с помощью которых методом экстраполяции рассчитаны прогнозируемые значения показателей, определены параметры коэффициентов достаточности потребления и экономической доступности.

Проблемы и перспективы использования моделирования в системе управления региональной продовольственной безопасностью изучались И.В. Никифоровой. Исследование было проведено по материалам Калининградской области РФ; в нем автор предлагает использовать экономико-математическую модель, позволяющую сформировать сбалансированный рацион питания для населения региона.

* Modeling Climate Change, Food Security and Population. — 2012. — March [Электронный ресурс]. — Режим доступа : 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 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.fao.org/3/a-i0876r.pdf>.

Отечественный опыт моделирования продовольственной безопасности на национальном и региональном уровнях представлен в работах многих ученых-экономистов. Одними из первых моделирование продовольственной безопасности как составляющей экономической безопасности государства предложили В.М. Геец, Н.А. Кизим, Т.С. Клебанова и А.И. Черняк [8]. Коллектив авторов применил корреляционный, коинтеграционный и причинно-следственный анализ с целью отбора показателей для моделирования, а также регрессивный анализ, заключающийся в генерации (построении) и прогнозировании систем и моделей эконометрических уравнений. В качестве резуль- тативного показателя модели был выбран индекс продукции в сельском хозяйстве.

О.С. Резникова [9] в своем исследовании предлагает интегральную модель динамической системы национальной продовольственной безопасности. Моделирование продовольственной безопасности с применением нечетких правил логического вывода в модели оптимизации производственно-отраслевой структуры представлено Э.Р. Шафизаде и Р.Ю. Шихлинской [10]. Целью построенной модели является максимизация объемов продовольственных товаров с учетом распределе- ния сельскохозяйственных угодий по урожайности. Была доказана бóльшая эффек- тивность использования нечеткой логики по сравнению с четким аппаратом.

Предыдущий опыт моделирования продовольственной безопасности в Украине представлен в основном применением эконометрических и интегральных моделей. По нашему мнению, для моделирования региональной продовольственной безопас- ности целесообразно использовать аппарат нечеткой логики.

Так, В.А. Козловским и С.В. Козловским осуществлен сравнительный анализ математического аппарата многозначной логики, теории вероятностей, теории оши- бок, теории интервальных средних, теории субъективных вероятностей и теории не- четкой логики. Данное исследование доказывает, что “одной из эффективных теорий формализации и обработки неопределенной информации является теория нечеткой логики, позволяющая с общей позиции рассмотреть разные виды неопределенности, объединить лучшие достижения и положительные свойства других теорий и получить новый, более высокий результат” [11, с. 53–34].

Р.М. Рогатинский и Н.М. Гарматий [12] предложили использовать теорию не- четкой логики при моделировании тенденций развития экономико-социальных про- цессов в целом и на рынке труда в частности, ведь бывшие четкие мотивации при выборе места работы, когда люди были в большинстве своем штатными работника- ми, к тому же социально защищенными (с четко установленным заработком, мес- том работы, гарантированным пенсионным обеспечением), существенно измени- лись. Предложенная методика может быть эффективна в современных центрах за- нятости и кадровых агентствах.

Актуальность теории нечетких множеств признается и другими учеными. При использовании теоретико-вероятностного подхода к моделированию осуществляется не прогнозирование поведения системы, а оценка частоты того или иного поведе- ния, причем делается предположение, что частота не изменяется при заданных усло- виях, что характеризует так называемую стохастическую устойчивость. Однако в слож- ных ситуациях сами условия меняются достаточно быстро и не подлежат оценке, а следовательно, нет смысла говорить о частоте событий. Неадекватность вероятност- ных моделей проявляется и при описании мнения эксперта, поскольку его высказы- вания не являются стохастически-устойчивыми: в разные моменты в, казалось бы, одних и тех же неизменных ситуациях эксперт может принимать разные решения.

Целесообразность применения нечеткой логики в моделировании макроэко- номических процессов доказана и в исследовании А.А. Зубика [13], который рас- сматривает возможность моделирования проблем международных отношений с уче- том мнений экспертов. Эти выводы описываются экспертными выводами и прави- лами, которые, однако, могут содержать противоречия, быть неполными, поэтому

классические математические модели в данном случае малопригодны. Для моделирования подобных задач рекомендуется применять алгоритмы нечеткой логики, например алгоритм Мамдани. Обобщая мнения ученых-экономистов, представим преимущества использования теории нечеткой логики в моделировании региональной продовольственной безопасности (табл. 1).

Таблица 1

Преимущества использования теории нечеткой логики при моделировании региональной продовольственной безопасности

Черты, присущие системе региональной продовольственной безопасности	Преимущества теории нечеткой логики
Динамический процесс развития экономики, глобальные изменения, ощутимое влияние общемирового хозяйства на продовольственную безопасность	Возможность адаптации к изменчивым условиям экономики
Неполнота данных, ведь сущность продовольственной безопасности в настоящее время не ограничивается только уровнями сельскохозяйственного производства и потребления пищевых продуктов. Необходимо учитывать экологическое состояние, качество пищевых продуктов и т. п., которые нельзя описать точными показателями	Возможность работы в условиях неполноты информации и неопределенности
Уровень региональной продовольственной безопасности тесно взаимосвязан с политической и экономической стабильностью государства и региона, что требует учета мнений экспертов по данным направлениям	Принятие во внимание экспертных мнений
Уровень продовольственной безопасности существенно зависит от природных условий, возможных катаклизмов, форс-мажора и революционного развития науки и технологий, которые могут быть непредсказуемыми и кардинально изменять современное состояние экономики	Принятие во внимание изменений в направлениях и векторах движения

Следовательно, теория нечеткой логики наиболее приемлема при моделировании региональной продовольственной безопасности. Обобщая приведенные экспертные мнения, можно указать на преимущества, присущие теории нечеткой логики в условиях ее использования при моделировании региональной продовольственной безопасности. Итак, она позволяет: установить основные факторы влияния на региональную продовольственную безопасность, формализовать связи между ними; провести определение и формализацию лингвистических оценок факторов, построить между ними нечеткие связи; вывести нечеткие логические уравнения на основе лингвистических оценок и нечеткой базы знаний; оптимизировать параметры нечеткой модели.

Важный этап в процессе моделирования — выбор факторов, влияющих на региональную продовольственную безопасность. С этой целью проведено исследование показателей, предложенных в международных и отечественных нормативно-правовых актах и методиках, а также факторы, которые были использованы при моделировании продовольственной безопасности другими авторами.

В соответствии со стандартами Федерального агентства по образованию предложены три основные группы индикаторов продовольственной безопасности. Главная цель индикаторов верхнего уровня, находящихся на вершине пирамиды, — обеспечить общую и объективную оценку продовольственной безопасности, которая была бы простой в применении. На этом уровне представлено минимально возможное коли-

чество индикаторов, что позволяет избежать путаницы и длительных расчетов. Для выполнения этой цели выбранные индикаторы сосредотачиваются на результативных показателях продовольственной безопасности, а не на самом процессе достижения, что позволяет сделать эти показатели пригодными для их сравнения в пространстве и времени. Именно так можно исследовать процесс достижения целей отдельно в каждой стране.

Второй и третий уровни пирамиды представляют собой основные структурные элементы формирования продовольственной безопасности. В частности, второй аналитический уровень – “Индикаторы для моделирования и принятия решений” – направлен на установление прямых и непосредственных факторов, связанных с результативными показателями основного перечня. Эта категория показателей включает такие индикаторы, как продуктивность в животноводстве и растениеводстве, рыночные цены, социально-экономические условия и др., которые определяют продовольственную безопасность, однако не являются ее результативными факторами.



Рис. 1. Концептуальные уровни и структура индикаторов анализа продовольственной безопасности

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

Третий уровень – “Индикаторы для углубленной оценки продовольственной безопасности” – дает детальную характеристику особенностей страны. Данные индикаторы определяют структурные соотношения в системе обеспечения продовольственной безопасности страны. К этой группе относят наличие и доступность средств производства, рыночные факторы, культурное и социально-экономическое положение, климатические факторы и т. п. Конкретные условия стран будут определять перечень показателей в каждой из них.

Основные индикаторы для оценки уровня отечественной продовольственной безопасности приведены в соответствующем постановлении Кабинета Министров Украины *: суточная энергетическая ценность рациона человека; минимальный критерий в килокалориях в сутки (2500 ккал); обеспечение рациона человека основными видами продуктов; достаточность запасов зерна в государственных ресурсах; экономическая доступность продуктов, определяемая как доля совокупных расходов на питание в общих совокупных расходах домохозяйств; емкость внутреннего рынка по отдельным продуктам; продовольственная независимость по отдельному продукту.

Рассмотрим методику оценки продовольственной безопасности, предложенную О.В. Скиданом [14]. Согласно его научным разработкам, оценку целесообразно осуществлять с помощью следующих показателей:

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

– суточная калорийность питания человека (потребление мяса, мясопродуктов, молока, молочных продуктов, яиц, рыбы, рыбопродуктов, сахара, овощей, бахчевых, картофеля, фруктов, ягод, орехов, винограда, растительного масла, других растительных жиров, хлеба, хлебопродуктов);

– продовольственная независимость (касается мяса, мясопродуктов, молока, молочных продуктов, яиц, рыбы, рыбопродуктов, сахара, растительного масла, других растительных жиров, картофеля, овощей, фруктов, ягод, хлебопродуктов);

– уровень переходных запасов зерна (проценты от годового потребления);

– производство зерна на одного человека в год, доля совокупных расходов на питание в общих совокупных расходах домохозяйств;

– рентабельность производства продукции растениеводства и животноводства.

Коллектив ученых из ГУ "Институт экономики и прогнозирования НАН Украины" предлагает свою модель продовольственной безопасности, где для оценки ее уровня выбраны следующие показатели-индикаторы: площадь сельскохозяйственных угодий в расчете на одного человека; удельный вес распаханых угодий; внесение органических и минеральных удобрений на 1 га посевной площади; трудоемкость сельскохозяйственного производства; доля импортных продуктов питания; коэффициент платежеспособности в сельском хозяйстве; калорийность среднелюдиного рациона; индекс продукции сельского хозяйства; удельный вес расходов на продукты питания в совокупных доходах домашних хозяйств; средняя заработная плата в сельском хозяйстве; валовой сбор зерна [8].

В соответствии с предложенной нами методикой и с учетом общемирового и отечественного опыта моделирования, мнений экспертов относительно наиболее весомых факторов влияния на региональную продовольственную безопасность, особенностей именно регионального уровня продовольственной безопасности нами были сформированы три группы факторов: внутренние, внешние и общемировые [15].

Внутренние факторы объединяют следующие условные подгруппы:

– факторы, отображающие социальные аспекты и уровень жизни населения (наиболее весомыми из них являются размер оплаты труда, количество населения с доходами ниже прожиточного минимума, уровень безработицы в регионе и общая численность населения региона);

– факторы качества, отображающие потребление качественной воды в регионе и экологичность производства;

– факторы развития сельского хозяйства: площадь сельскохозяйственных угодий в регионе и индекс объема сельскохозяйственного производства, отображающий повышение или снижение объемов производства сельскохозяйственной продукции;

– факторы, отображающие цены на основные товарные группы, такие как зерновые и мясо (для определения уровня цен выбраны именно эти пищевые группы, потому что их удельный вес в потреблении наиболее высок, что отвечает тенденции ценообразования на другие продукты питания).

Группа внутренних факторов действует в границах региона, таким образом, влияние на них можно осуществлять на региональном уровне. Особое внимание уделено именно тем факторам, которые отображают достаточность потребления тех или иных продуктов питания как среднюю величину, а не тем, которые характеризуют количество населения, находящегося за чертой бедности, ведь именно для таких групп существует наибольшая продовольственная опасность.

Влияние на внешние факторы (II группа) возможно лишь на государственном уровне. Общемировые факторы (III группа) отображают влияние общемирового хозяйства на региональную продовольственную безопасность (табл. 2).

**Факторы влияния на региональную продовольственную безопасность
Винницкой области**

Факторы	Показатели	Характеристика	Г о д ы			
			2010	2011	2012	2013
Внутренние факторы						
x_1	Среднемесячная номинальная заработная плата (грн.)	К *	1782	2074	2432	2651
x_2	Численность населения с месячным среднедушевым доходом ниже прожиточного минимума (тыс.чел.)	К	161,9	147,9	110,2	138,5
x_3	Уровень безработицы (%)	К	10,0	9,7	8,8	8,4
x_4	Общая численность населения региона (тыс. чел.)	К	1641,2	1634,2	1627	1618,3
x_5	Среднесуточная калорийность рациона питания одного человека (ккал)	К	3175	3217	3247	3244
x_6	Экологичность производства продукции АПК (балл.)	Э **	89	92	91	92
x_7	Потребление качественной воды (балл.)	Э	84	86	87	86
x_8	Площадь сельскохозяйственных угодий (тыс. га)	К	1393,6	1394,5	1411,1	1404,4
x_9	Индекс объема сельскохозяйственного производства (%)	К	100,0	119,6	96,2	126,6
x_{10}	Средние цены реализации скота и птицы (грн./т)	К	9938,9	11878,8	12277,1	13085,1
x_{11}	Средние цены реализации зерновых и зернобобовых культур (грн./т)	К	1109,2	1344,5	1543,7	1283,3
Внешние факторы						
x_{12}	Природно-климатические условия (балл.)	Э	82	73	81	83
x_{13}	Форс-мажор (балл.)	Э	12	14	19	45
x_{14}	Уровень политической стабильности (балл.)	Э	48	45	39	25
x_{15}	Экспорт сельскохозяйственной продукции (млн. дол.)	К	9936	12803,9	17880,6	17024,3
x_{16}	Импорт сельскохозяйственной продукции (млн. дол.)	К	5763,3	6346,8	7519,8	8184
Общемировые факторы						
x_{17}	Объем потребления мяса на одного человека в мире (кг/год)	К	42,5	42,4	42,5	42,6
x_{18}	Наличие высоких технологий в АПК (балл.)	Э	61	75	80	82
x_{19}	Объем производства зерновых в мире (млн. метрических тонн)	К	2258,8	2348,0	2284	2567
x_{20}	Объем потребления зерновых на одного человека в мире (кг)	К	153,1	153,2	152,9	153,6

* К – количественные показатели.

** Э – экспертные оценки.

В соответствии с методикой моделирования с помощью теории нечеткой логики введем переменную Y , которая будет определять уровень продовольственной безопас-

ности региона. Нечеткий вывод может быть представлен в лингвистическом (например, “больше”, “гораздо больше”, “меньше” и т. п.) или графическом виде как определенная функция в двумерной системе. В результате полученный вывод не будет иметь общего значения (чего требует традиционная математика), а может отображаться набором значений, каждое из которых содержит свою долю достоверности. Трактовка нечетких выводов осуществляется отдельно в каждом конкретном случае и зависит от сути этих выводов, а также факторов, влияющих на них.

Следующий этап создания модели – построение “дерева логического вывода” (рис. 2), отображающего взаимные связи между исходным параметром и входными переменными.

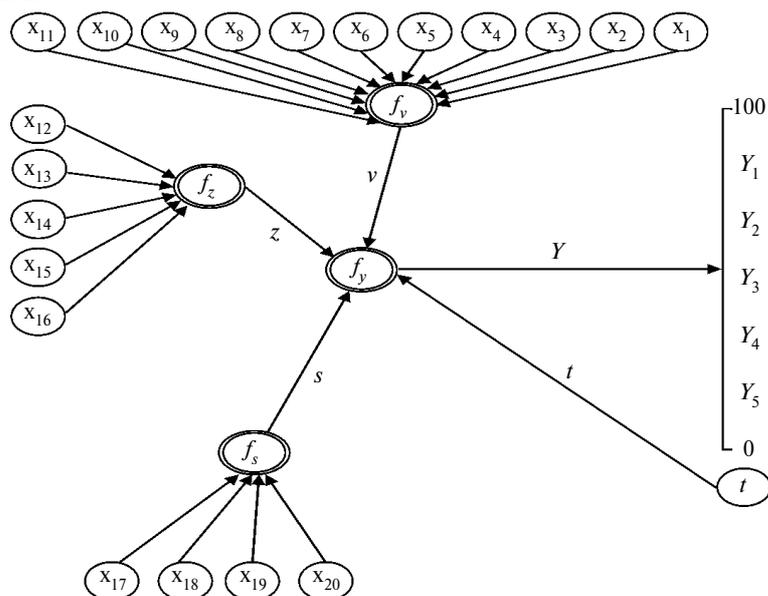


Рис. 2. “Дерево логического вывода” прогноза региональной продовольственной безопасности региона

Определим лингвистические переменные факторов v , z , s (см. рис. 1 и 2) при помощи следующих соотношений:

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

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

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

где x_1, \dots, x_{11} – внутренние факторы региональной продовольственной безопасности; x_{12}, \dots, x_{16} – внешние факторы региональной продовольственной безопасности; x_{17}, \dots, x_{20} – общемировые факторы региональной продовольственной безопасности.

Исходная переменная Y , характеризующая уровень региональной продовольственной безопасности, определена в виде равенства

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

где v, z, s – переменные, описывающие внутренние, внешние и общемировые факторы.

Использование качественных и количественных входящих параметров позволило построить объективную модель. Количественные параметры описывались при помощи статистических данных, качественные – с использованием экспертных оценок, отображенных на 100-балльной шкале.

Согласно основным принципам моделирования, определим возможные изменения региональной продовольственной безопасности по таким уровням (по шкале от “0” до “100”): Y_1 (85–100) – высокий уровень продовольственной безопасности

Методы экономико-математического моделирования

(класс А, или 1); Y_2 (66–84) – средний уровень продовольственной безопасности (класс В, или 2); Y_3 (51–65) – достаточный уровень продовольственной безопасности (класс С, или 3); Y_4 (31–50) – уровень продовольственной безопасности ниже, чем достаточный (класс Д, или 4); Y_5 (0–30), – критический уровень продовольственной безопасности (класс Е, или 5).

Следующим шагом моделирования является составление иерархической базы знаний. Фрагмент данной базы приведен в таблице 3.

Таблица 3

Иерархическая база знаний для переменной Y

Входящие параметры				Исходные переменные	Удельный вес
z	v	s	t (мес.)	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	Y_3	1
С	С	ВС	3		1
ВС	С	Д	6		1
ВС	ВС	Д	1	Y_2	1
ВС	ВС	С	3		1
ВС	ВС	ВС	6		1
ВС	ВС	В	1	Y_1	1
В	В	С	3		1
В	В	ВС	6		1

К – критический, Д – достаточный, С – средний, ВС – выше среднего, В – высокий, t – время.

Каждое нечеткое правило базы знаний является высказыванием типа “ЕСЛИ – ТО”. Нечеткие правила с одинаковым исходным параметром объединяются между собой в уравнение с помощью слова “ИЛИ”.

Следовательно, лингвистические высказывания таблицы 1 будут иметь такой вид:

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

Определение термов уравнения (5) происходит на основании нечеткого множества с соответствующей функцией зависимости. В большинстве из систем нечеткого логического вывода функции принадлежности лингвистических терминов задаются в параметрической форме:

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

где b и c – параметры функции принадлежности; b – координата максимума функции.

Для примера приведен фрагмент таблицы со значениями параметров описания термов: x_1 – среднемесячная номинальная заработная плата в регионе; x_2 – численность населения с месячными среднедушевыми доходами ниже прожиточного минимума (табл. 4).

Таблица 4

Значение коэффициентов b и c для термов переменных x_1 и x_2

Параметры	Термы	b	c	Параметры	Термы	b	c
X_1	К	850	900	X_2	К	900	80
	Д	1900	2000		Д	700	200
	С	3500	2500		С	350	200
	BC	6250	1500		BC	105	150
	В	8500	1100		В	10	50

Используя данные таблицы 2, построим для примера график функции принадлежности для параметра x_1 (рис. 3).

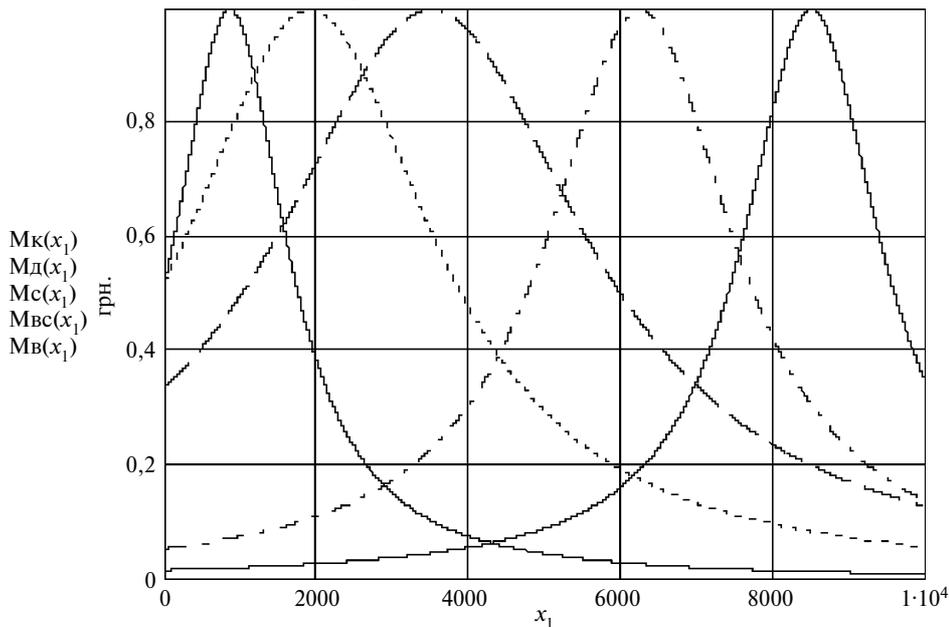


Рис. 3. Функция принадлежности для x_1

Следующий шаг моделирования – запись нечетких логических уравнений. Для фрагмента (5) они будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \mu_Y^{Y5}(z, v, s, t) &= [\mu^K(z) \cdot \mu^K(v) \cdot \mu^K(s) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee [\mu^K(z) \cdot \mu^D(v) \cdot \mu^D(s) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ &[\mu^D(z) \cdot \mu^K(v) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{6M}(t)]; \\ \mu_Y^{Y4}(z, v, s, t) &= [\mu^D(z) \cdot \mu^D(v) \cdot \mu^D(s) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee [\mu^D(z) \cdot \mu^D(v) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ &[\mu^C(z) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^K(s) \cdot \mu^{6M}(t)]; \\ \mu_Y^{Y3}(z, v, s, t) &= [\mu^C(z) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^C(s) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee [\mu^C(z) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^{BC}(s) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ &[\mu^{BC}(z) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^D(s) \cdot \mu^{6M}(t)]; \end{aligned}$$

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

Последним этапом процесса моделирования является дефазификация. Она представляет собой процедуру превращения нечеткого множества в четкое число. Существует несколько методов дефазификации, но наиболее удобен для решения экономических задач метод “центра тяжести” [16].

Данная модель дает возможность сделать прогноз состояния региональной продовольственной безопасности на перспективу и создать эффективную систему принятия и поддержки решений (СППР). Основная задача СППР – помогать органам государственной власти в принятии решений по формированию достаточного уровня региональной продовольственной безопасности. Она имеет три главные составляющие: подсистему интерфейса пользователя, подсистему управления базой данных, подсистему управления моделью. Вместе с тем еще одним из преимуществ предложенной системы принятия и поддержки решений является то, что она предусматривает возможность не только сбора, хранения, обработки, доступа к информации, но и визуализацию как входных пространственно расположенных данных, так и результатов управления с помощью современных геоинформационных систем [17].

На основе разработанной модели было выполнено прогнозирование уровня региональной продовольственной безопасности для Винницкой области на 2014–2016 гг. Результаты такого моделирования уровня продовольственной безопасности приведены на рисунке 4.



Рис. 4. Фактический и прогнозируемый уровни региональной продовольственной безопасности Винницкой области

Уровень продовольственной безопасности области оценен по 100-балльной шкале и классам продовольственной безопасности. В 2010–2013 гг. он был сопоставим со средними показателями продовольственной безопасности. В этот период наблюдалось улучшение ее состояния, обусловленное постепенным ростом средней заработной платы, снижением численности населения со среднедушевыми доходами ниже прожиточного минимума, увеличением объемов экспорта сельскохозяйственной продукции и другими факторами. В 2014–2015 гг. произошло резкое падение уровня продовольственной безопасности, в 2014 г. – до уровня “С” (достаточный уровень), что было обусловлено ухудшением таких факторов, как политическая стабильность в регионе, рост безработицы, увеличение вероятности

форс-мажора. В 2015–2016 гг. прогнозируется постепенное улучшение продовольственной безопасности Винницкой области, что обосновано повышением уровня политической стабильности, однако на результаты прогноза могут негативно повлиять такие факторы, как высокий уровень безработицы, большая доля населения со среднедушевыми доходами ниже прожиточного минимума, рост цен на сельскохозяйственную продукцию в условиях неизменности размера заработной платы и т. п.

Следовательно, для влияния на существующую ситуацию и достижения высокого уровня продовольственной безопасности в данном регионе и в государстве в целом необходимы государственное регулирование и поддержка. С целью принятия эффективных управленческих решений нами предложен механизм управления региональной продовольственной безопасностью на основе СППР с использованием теории нечеткой логики (рис. 5).

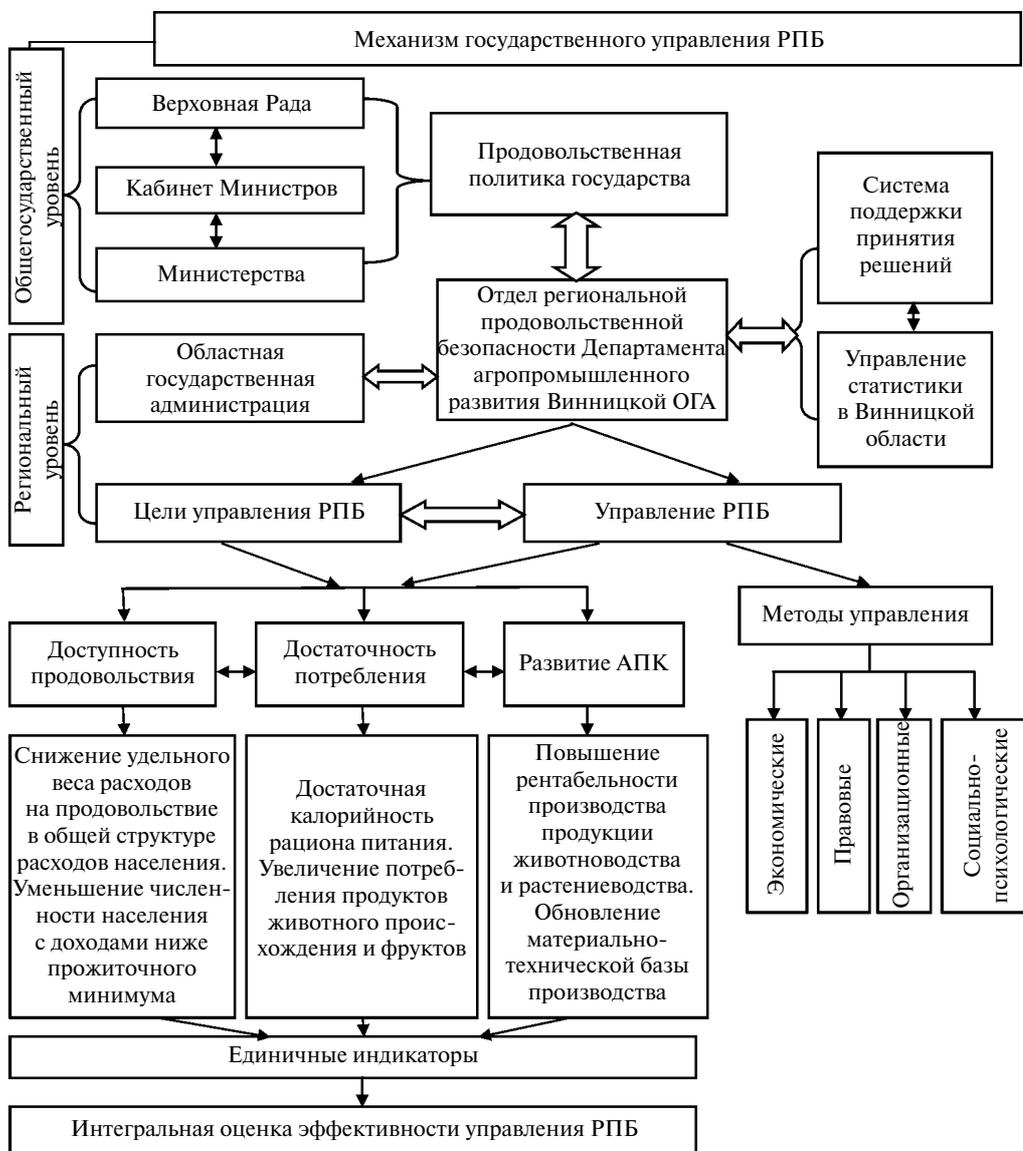


Рис. 5. Механизм управления региональной продовольственной безопасностью

Выводы

Особенностью системы поддержки и принятия решений по управлению региональной продовольственной безопасностью является способность данной системы прогнозировать состояние региональной продовольственной безопасности и с помощью колебаний факторов определять возможность влияния на нее. Следует отметить, что в СППР при построении информационных систем они обеспечивают реализацию таких важных свойств, как интерактивность, интегрированность, мощность, доступность, гибкость, надежность, робастность, управляемость [18].

Моделирование региональной продовольственной безопасности с использованием теории нечеткой логики позволяет определить ее состояние в будущем, что, в свою очередь, является основой для создания соответствующей стратегии управления. В процессе управления региональной продовольственной безопасностью использована система принятия и поддержки управленческих решений, позволяющая адекватно оценить исходное состояние проблемы и определить оптимальные направления ее решения.

Следовательно, предложенную модель можно использовать в процессе государственного регионального управления и в деятельности отдельных хозяйствующих субъектов как основу для выработки необходимой стратегии.

Список использованной литературы

1. *Одінцов М.М.* Моделювання факторів формування продовольчої безпеки // Ефективна економіка. – 2010. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=113>.
2. *Шлемко В.Т., Бинько І.Ф.* Економічна безпека України: сутність і напрямки забезпечення : моногр. – К. : НІСД, 1997. – 144 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : 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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : 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 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1053>.
7. *Харбатович С.В.* Теоретичні аспекти моделювання як методу наукового дослідження // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. – Серія : Педагогічні науки. – 2012. – № 96. – С. 254–258.
8. *Геєць 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. ... док. екон. наук [Электронный ресурс]. – Режим доступа : 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 // Україна в системі глобального інформаційного обміну: теоретико-методологічні аспекти дослідження і підготовки фахівців : 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.nayka.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. ... dok. 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 priorytet 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 Suchasnymy Ekonomichnymy 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 Ekonomichnymy Vidnosynamy Pidpryemstv Molokoproductovogo 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].

Статья поступила в редакцию 31 марта 2015 г.