УДК 338.439.02:43.02

JEL C65, O13

DOI: 10.17213/2312-6469-2019-2-43-51

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К КОГНИТИВНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ УРОВНЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА¹

© А.Ф. Рогачев, Е.Н. Антамошкина 2019
Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия

Рассмотрены методические подходы к проблеме оценки уровня продовольственной безопасности на основе интеллектуальной когнитивной системы. Обоснована необходимость интегрального учета и оптимизации соотношения производства и потребления продуктов питания, а также их импорта и рациональных запасов в условиях импортозамещения с учетом рациональной структуры и норм потребления. Решение проблемы требует использования когнитивного экономико-математического моделирования на основе нечетких продукционных когнитивных карт, создания и совершенствования методов интеллектуального анализа для прогнозирования уровня продовольственной безопасности.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, нечеткие когнитивные системы, прогнозирование, экономико-математические методы, матричные когнитивные модели, моделирование управляемого развития, импортозамещение.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO COGNITIVE MODELING OF FOOD SECURITY BASED ON FUZZY COGNITIVE APPROACH

© G.A. Rogachev, E.N. Antamoshkina 2019

Volgograd state agricultural university, Volgograd, Russia

Methodical approaches to the problem of food security assessment on the basis of intellectual cognitive system are considered. The necessity of integrated accounting and optimization of the ratio of production and consumption of food products, as well as their imports and rational reserves in terms of import substitution, taking into account the rational structure and consumption standards. Solving the problem requires the use of cognitive economic

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ по проекту 19-07-01132 «Создание интеллектуальной системы для оценки и прогнозирования продовольственной безопасности в условиях импортозамещения на основе нечеткого когнитивного подхода»

and mathematical modeling based on fuzzy cognitive production maps, the creation and improvement of methods of intellectual analysis to predict the level of food security.

Keywords: *food security, fuzzy cognitive systems, forecasting, economic and mathematical methods, matrix cognitive models, modeling of controlled development, import substitution.*

Введение

Нормативной основой обеспечения продовольственной безопасности РФ является «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации», утвержденная Указом Президента РФ № 120 от 30 января 2010 г. Проблемы, направления и результаты реализации государственной аграрной политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности (ПБ) охарактеризованы А.И. Алтуховым [1, 2], В.И. Назаренко [6]. Отдельные аспекты продовольственной обеспеченности и продовольственной безопасности в контексте теории и практики устойчивого развития экономики регионов России представлены в работах А.В. Улезько, Т.М. Ярковой [9, 14]. Ряд исследований направлен на выявление и оценку совокупности факторов, обеспечивающих ПБ государства. В работах Н. Шагайда, Е. Гаутаулиной, В.Узуна [11, 18, 13, 10], ее уровень ставится в зависимость от ресурсной безопасности (обеспеченность кадрами, материально-техническими и земельными ресурсами), а также безопасности природной среды и техносферы сельскохозяйственного производства.

В работах зарубежных исследователей ПБ государства определяется тремя факторами: имеющимся поставщиками продовольствия (предложение), доходами населения (спрос) и доступом населения к продовольственным поставкам. Анализ мер регулирования и поддержки агропродовольственного сектора экономики, характеристика организации системы продовольственного обеспечения и контроля безопасности и качества продовольственной продукции в странах Европы, США, Канаде представлены в работах: Р. Капоне (R. Capone) Х. Билали (H. Bilal), Ф. Дебса (Ph. Debs) [16]. В частности, в работах М. Джила (M.Gill), А. Херфорса (A.Herforth) [15], Д. Грейс (D.Grace), Дж. Мануку (G.Manuku), В. Хоффманна (V.Hoffmann) [17], Х. Вейкарда (H.P. Weikard) [19]. Исследователями отмечается, что пределы роста объемов производства продовольствия в условиях интенсификации с.-х. ограничены, а в долгосрочной перспективе потребуют корректировки объемов производства продуктов питания до уровня, достаточного для того, чтобы накормить население планеты.

Методология системного подхода к построению интеллектуальных систем, в том числе на основе когнитивных карт, достаточно изучена [4, 5, 21, 18].

Ведущей научной организацией России, занимающейся разработкой и применением технологии когнитивного анализа, является ИПУ РАН, лаборатория 51 (Максимов В.И., Корноушенко Е.К., Качаев С.В., Григорян А.К. и др.). Однако создание интеллектуальной когнитивной системы для

автоматизации процедур прогнозирования ПБ осложняется высокой размерностью задачи, определяемой межотраслевой природой и значительным количеством входных величин и их групп, не все из которых являются четкими и определенными, а также сложным характером связей между ними [20]. Решение сформулированной проблемы требует построения адекватных моделей, основанных на нечетких продукционных когнитивных картах, совершенствования и адаптации существующих, а также создания новых методов интеллектуального анализа нечетких когнитивных карт для оценки и прогнозирования продовольственной безопасности в условиях импортозамещения.

Методы исследования

В настоящем обзоре методологии оценки ПБ использовались следующие методы, подходы и частные методики анализа. Для обоснования групп факторов и системы показателей ПБ целесообразно применять экспертный метод анализа иерархий. На основе полученной системы показателей осуществляется формирование структуры, связей и функций принадлежности нечетких когнитивных карт. Для параметризации когнитивных карт используется построение инфологической и информационной моделей, обеспечивающих обоснование структуры реляционной БД отобранных статистических показателей. Построение и верификация семейства прогнозных эконометрических моделей осуществляется на основе частных показателей по группам продуктов питания. Методики интеграции полученных эконометрических моделей в когнитивную карту будут разработаны на основе функций принадлежности и нечеткой логики.

Для построения, тестирования и отладки специализированного программного комплекса, реализующего импульсное моделирование анализируемых систем, будет осуществляться на основе матриц инцидентности, соответствующих когнитивным картам. Сценарный анализ уровня продовольственной безопасности будет осуществлен с использованием построенных нечетких когнитивных карт.

Результаты и обсуждение

Оценка и обеспечение достаточного уровня продовольственной безопасности РФ являются одним из центральных задач в системе национальной безопасности, поскольку без надежного снабжения продовольствием ни одна страна не в состоянии избежать зависимости от других государств. Продовольственную безопасность обеспечивают три основных подкомплекса: зернопродуктовый, мясной и молочный, на долю которых приходится более 75% производства всей продукции, 80% производственных основных фондов и численности работников.

Масштабный интерес к проблемам оценки и прогнозирования уровня ПБ обусловил появление значительного количества различных подходов,

методов и моделей. Несмотря на их многообразие, большинство из них ориентированы на описание отдельных частных аспектов ПБ. Недостаточная объективность результатов анализа обусловлена тем, что большинство их недостаточно формализованы, часто базируются на экспертных оценках.

Известные в настоящее время прогнозные математические модели (EPACIS, BLS, Aglink), позволяют получать оценки показателей ПБ на макроуровне. В основе модели EPACIS положено моделирование частичного равновесия на аграрных рынках, и важное значение уделяется внешней торговле между странами, входящими в СНГ. Модель BLS описывает цели игроков рынка и условия-ограничения сформулированной задачи математического программирования. Третья динамическая модель Aglink представляет собой рекурсивное описание частичного равновесия, учитывающая государства и регионы. Кроме того, известны имитационные прогнозные модели, позволяющие выявлять приоритеты продовольственной политики в сфере с.-х. производства, обеспечивающие достижение заданных индикаторов ПБ. В качестве них могут быть самообеспечения конкретными видами продовольствия на задаваемом уровне, их запасы и др. Описанные виды моделей практически не содействуют решению проблем оценивания ПБ. Исключением является выявление возникновения недопустимых дисбалансов в обеспечении продовольствием.

Отметим практическое отсутствие подходов для построения когнитивных динамических моделей продовольственной безопасности, основанных на нечетком когнитивном подходе и их использовании для решения многокритериальных оптимизационных задач, в том числе высокой размерности. Требуется методика углубленного исследования и прогнозирования развития ситуации, включая сценарный подход формирования насыщенности и доступности сельскохозяйственного и продовольственного рынка; оценка уровня угроз устойчивости продовольственной безопасности регионов России; проектирование мер противодействия и сглаживания отрицательных последствий, а также оптимизация стратегических запасов продовольствия и импортозамещения [8].

Проведенный анализ имеющихся публикаций по тематике системного моделирования уровня ПБ выявил необходимость совершенствования как теоретико-методологической базы, так и компьютерной поддержки процедур мониторинга, оценки и прогнозирования уровня продовольственной безопасности в условиях импортозамещения.

Разработан также методологический подход к интегральной оценке эффективности агропродовольственной политики на основе анализа ее эффективности, используя индекс эффективности (I_{ear} – Effectiveness Index of Agrarian and Food Policy)

$$I_{ear} = e (i_e + i_s + i_f), \quad (1)$$

получаемом агрегированием экономических, финансовых и социальных индикаторов соответственно.

Интерес со стороны научного сообщества к проблемам продовольственной безопасности способствовал появлению достаточно большого количества методов и моделей оценки. Несмотря на многообразие существующих моделей оценки продовольственной безопасности, многие из них ориентированы на оценку отдельных аспектов продовольственной безопасности. Сложности анализа заключаются в том, что большинство этих моделей недостаточно формализованы, и во многом опираются на экспертные оценки.

Однако отсутствуют рекомендации для построения когнитивных динамических моделей продовольственной безопасности, основанных на нечетком когнитивном подходе и их использовании для решения многокритериальных оптимизационных задач, в том числе высокой размерности. Требуется методики углубленного исследования и прогнозирования развития ситуации, включая сценарный подход формирования насыщенности и доступности сельскохозяйственного и продовольственного рынка; оценка уровня угроз устойчивости продовольственной безопасности регионов России; проектирование мер противодействия и сглаживания отрицательных последствий, а также оптимизация стратегических запасов продовольствия и импортозамещения [10].

Проведенный анализ имеющихся публикаций по тематике проекта выявил необходимость совершенствования как теоретико-методологической базы, так и компьютерной поддержки процедур мониторинга, оценки и прогнозирования уровня продовольственной безопасности в условиях импортозамещения. Это позволило сформулировать научную гипотезу, состоящую в возможности адекватного оценивании и исследовании интегрального уровня ПБ с помощью когнитивных карт. Когнитивные карты обеспечивают моделирование основных сфер формирования уровня продовольственной безопасности с получением интегрального показателя. При построении когнитивных карт используются результаты анализа системы групп факторов и показателей, формирующих уровень продовольственной безопасности.

Нечеткой когнитивной картой (НKK) называется причинно-следственная сеть $G = (C, W)$, где C – множество концептов, W – множество связей между концептами $w(c_i, c_j) \in W \rightarrow [-1; 1]$. На основе построенной нечеткой когнитивной карты формируются матрицы взаимовлияний концептов друг на друга, после чего исследуются поведение и устойчивость построенной карты. Сравнение качества моделей на основе четких и нечетких когнитивных карт представлено в таблице.

Математический аппарат когнитивного моделирования включает:

1. Саморазвитие ситуации

Динамика свободного движения состояния $x(t)$ модели описывается уравнением:

$$x(t) = (I + A + A^2 + K + A^n)x(o), \quad (2)$$

где I – единичная матрица;

A – матрица смежности размера $n \times n$;

$x(o)$ – начальные условия

2. Моделирование управляемого развития системы:

$$v(t+1) = P(0) \Phi A^n, \quad (3)$$

где $P(0)$ – импульс;

A – матрица смежности размера $n \times n$.

Возможные режимы использования импульсного когнитивного анализа представлены на рис. 2. По зависимостям (1), (2) рассчитывают системные показатели нечеткой карты.

Рис. 2. Режимы моделирования развития ситуации

Таковыми показателями являются, например, консонансы и диссонансы влияния концептов ПБ друг на друга, вычисление которых основано на сравнении контуров, образованных из концептов карты по критерию соответствия, баланса и силы влияния.

Одним из эффективных алгоритмов обучения НКК является дифференциальный алгоритм Хэббiana или более эффективные методики, например, сбалансированный дифференциальный алгоритм.

Для поддержки численного исследования и сценарного анализа с использованием разработанных когнитивных карт необходим программный комплекс. Такой комплекс программ должен включать компьютерную программу, базу знаний для построения функций принадлежности факторов и базу статистических данных для проведения исследований, используя интеллектуальную систему для оценки и прогнозирования интегрального уровня ПБ.

Таблица

Качественное сопоставление положительных и негативных аспектов
моделей на основе четких и нечетких когнитивных карт

Четкая когнитивная карта		Нечеткая когнитивная карта	
+	-	+	-
Простота составления и моделирования импульсного процесса		Более качественное «Извлечение» экспертных знаний	Сложность составления и моделирования импульсного процесса
Малое время моделирования			
	Использования четких оценок	Использования нечетких оценок	
			Сложность настройки карты
	Выход оценок соответствия из интервала [0;1]		Не на 100% нечеткие существуют ограничения на используемые функции принадлежности в нечетких продукциях; используется дефаззификация промежуточных нечетких оценок концептов

Заключение

Проведенное исследование обосновывает концепцию создания интеллектуальной системы для многокритериальной оценки и прогнозирования уровня ПБ государства в условиях импортозамещения на основе нечеткого когнитивного подхода.

Для ее построения необходимо:

- обоснование теоретико-методологической основы интегральной оценки уровня продовольственной безопасности в условиях импортозамещения;
- разработка системы показателей и методологии построения нечетких продукционных когнитивных карт для оценивания прогноза обеспечения уровня продовольственной безопасности, учитывающих сферы производства, потребления, резервирования и импорта;
- разработка методики и построение функций принадлежности для факторов обеспечения продовольственной безопасности, учитываемых в продукционных когнитивных картах;
- построение системы нечетких когнитивных карт для оценки уровня продовольственной безопасности субъектов различного уровня;
- моделирование саморазвития и управляемого развития системы обеспечения продовольственной безопасности с помощью полученных когнитивных карт для субъектов различного уровня;

– разработка программного комплекса для осуществления мониторинга, оценки уровня продовольственной безопасности и прогнозирования его динамики.

Выполнение этих подзадач позволит решить проблему объективной интегральной оценки уровня продовольственной безопасности на основе интеллектуальной когнитивной системы, а также оценить динамику ее изменения с учетом управления со стороны государственных органов.

Литература

1. Алтухов А.И. Регион в системе обеспечения продовольственной безопасности страны: методологический аспект // Агропродовольственная политика России. 2016. № 5. – С. 5-12.
2. Алтухов, А.И. Устойчивое развитие аграрной сферы экономики – основа обеспечения продовольственной безопасности страны / А.И. Алтухов // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2016. – Т. 197. – С. 254-261.
3. Антамошкина Е.Н., Тимофеева Г.В., Иванов О.В. Продовольственная безопасность в системе экономической безопасности региона // Экономика и управление: проблемы, решения. 2016. Т.1. № 11. С. 26-32. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27541742>
4. Горелова Г.В., Колоденкова А.Е., Коробкин В.В. Интеллектуальная система поддержки принятия решений на этапе предпроектных исследований при создании перспективных систем управления // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. № 2 (175). – С. 115-126.
5. Горелова Г.В., Масленникова А.В., Соколова Е.Н. Исследования рынка труда на основе синтеза динамического и когнитивного моделирования // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. 2017. № 1. – С. 18-22.
6. Назаренко В.И. Продовольственная безопасность (в мире и в России). – М.: Памятники исторической мысли, 2011. – 286 с.
7. Нижегородцев Р.М. Институциональные основы современной теории риска: анализ и прогнозирование: Монография. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. – 140 с.
8. Нижегородцев Р.М. Импортзамещение институтов: ключевая задача обеспечения национальной безопасности // Известия Уральского государственного экономического университета. 2016. № 4 (66). – С. 1-18.
9. Улезько А.В. Рынок продовольственных ресурсов в системе обеспечения продовольственной безопасности Дальнего Востока: монография / А.В. Улезько, Л.Л. Пашина. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 291 с.
10. Шагайда Н., Узун В. Продовольственная безопасность: проблемы оценки // Вопросы экономики. 2015. № 5. – С. 63-78.
11. Шагайда, Н. Импортзамещение в сельском хозяйстве / Н. Шагайда, В. Узун // Экономическое развитие России. – 2016. – Т. 23. – № 3. – С. 63-67.
12. Шагайда, Н.И. Долгосрочная стратегия развития сельского хозяйства России и мира / Н.И. Шагайда // Крестьяноведение. – 2017. – Т. 2. – № 2. – С. 161 – 165.
13. Шагайда, Н.И. Оценка уровней и структуры государственной поддержки сельского хозяйства в странах участниках ЕЭП / Н.И. Шагайда, Е.А. Гатаулина // Среднерусский вестник общественных наук. – 2015. – Т. 10. – № 5. – С. 163-172.
14. Яркова Т.М., Светлаков А.Г. Определение государственной поддержки генерирования продовольственных запасов региона в формате ВТО // Экономика региона. 2013. № 4 (36). – С. 157-166.

15. Anna Herforth, Margaret Gill. Strengthening the links between nutrition and health outcomes and agricultural research // Food Security. – June 2015. – Volume 7. – Issue 3. – P. 457-461.
16. Capone Roberto, Hamid El Bilali, Philipp Debs, Gianluigi Cardone, and Nouredin Driouech. Food System Sustainability and Food Security: Connecting the Dots. // Journal of Food Security, 2014, vol. 2, No. 1. P. 13-22.
17. Delia Grace, George Mahuku, Vivian Hoffmann. International agricultural research to reduce food risks: case studies on aflatoxins // Food Security. – June 2015. – Volume 7. – Issue 3. – P. 569–582.
18. Ginis L.A., Gorelova G.V., Kolodenkova A.E. Cognitive and simulation modeling of regional economic system development // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. T. 6. № S5. – С. 97-103.
19. Hans-Peter Weikard. Phosphorus recycling and food security in the long run: a conceptual modelling approach // Food Security. – April 2016. – Volume 8. – Issue 2. – P. 405-414.
20. Rogachev A.F., Melikhova E.V., Shokhnekh A.V. Information technology of cognitive modeling of industrial and investment self-development of the medium-sized and single-industry towns // Espacios. 2017. T. 38. № 27. – С. 4.
21. The cognitive approach to the coverage-directed test generation / Klimenko A., Gorelova G., Korobkin V. at all. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. T. 662. – С. 372-380.

Поступила в редакцию

05.03.2019

Рогачев Алексей Фрумингович – доктор технических наук, заведующий кафедрой, Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия.

Rogachev Aleksey – doctor of technical Sciences, head of the Department, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia.

Антамошкина Елена Николаевна – кандидат экономических наук, доцент, Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия.

Antamoshkina Elena – Candidate of Economic sciences, Associate Professor, Department of Social and Cultural Service, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia.

Россия, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26
26, ave. Universitetsky, 400002, Volgograd, Russia
e-mail: rafr@mail.ru
e-mail: antamoshkina@mail.ru