УДК 338.439.02:43.02

JEL C65, O13

DOI: 10.17213/2312-6469-2020-5-212-220

КОГНИТИВНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С УЧЕТОМ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ¹

© А.Ф. Рогачев, Е.Н. Антамошкина 2020

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, Россия*

Рассмотрены теоретико-методические подходы к описанию продовольственной безопасности (ПБ) на основе математического моделирования, в частности когнитивного. Показана целесообразность учета взаимовлияния и соотношения производства и потребления продовольственных продуктов, а также их рациональных запасов в условиях импортозамещения. Проведен анализ импортозамещения в регионах РФ. Обоснованы методы экономико-математического моделирования с использованием инструментария нечетких когнитивных карт. Предложены методические приемы совершенствования методов интеллектуального когнитивного анализа для построения прогнозов уровня продовольственной безопасности.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, экономико-математические методы, когнитивные карты, матричные модели, импортозамещение.

COGNITIVE MATHEMATICAL MODELING OF REGIONAL FOOD SECURITY TAKING INTO ACCOUNT IMPORT SUBSTITUTION

© G.A. Rogachev, E. N. Antamoshkina 2020

Volgograd state agrarian university, Volgograd, Russia

Theoretical and methodological approaches to the description of food safety (FS) based on mathematical modeling, in particular cognitive modeling, are considered. The expediency of taking into account the mutual influence and the ratio of production and consumption of food products, as well as their rational reserves in the conditions of import substitution is shown. The analysis of import substitution in the regions of the Russian Federation is carried out. The methods of economic and mathematical modeling using the tools of fuzzy cognitive maps are justified. Methodological techniques for improving the methods of intellectual cognitive analysis for building forecasts of the level of food security are proposed.

Keywords: food security, economic and mathematical methods, cognitive maps, matrix models, import

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ по проекту 19-07-01132.

Введение

Проблемы и результаты реализации государственной политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности (ПБ) рассмотрены А.И. Алтуховым [1, 2], В.И. Назаренко [6] и другими учеными-экономистами. Различные теоретические и прикладные аспекты ПБ и продовольственной обеспеченности в контексте устойчивого развития РФ рассмотрены в публикациях Е. Гатаулиной, В.Узуна, А.В. Улезько, Н. Шагайда, Т.М. Ярковой [7, 11, 9, 15, 10, 8].

Характеристика особенностей продовольственного обеспечения в странах Европы, США, Канаде, а также мер поддержки агропродовольственного сектора представлены в работах зарубежных исследователей Н. Bilal, R. Capone, Ph. Debs, M.Gill, A.Herforth, D.Grace, G.Manuku, V.Hoffmann, H.P. Weikard [12, 13, 14, 16].

В условиях реализации политики импортозамещения особая роль отводится оценке показателей, характеризующих продовольственную безопасность с целью определения приоритетных направлений государственной социально-экономической политики в сфере продовольственного обеспечения. В работах И.Г. Ушачева, В.В. Милосердова, В.В. Масловой представлен анализ продовольственной безопасности в современных условиях [19, 23].

Возрастающий интерес к получению прогнозных оценок показателей ПБ обусловил наличие большого числа математических методов и моделей, ориентированных преимущественно на ее частные подсистемы, при этом субъективность результатов часто обусловлена их ограниченной формализацией и экспертным характером. Проблема моделирования продовольственной безопасности может решаться методами когнитивного анализа (В.А. Камаев; Г.В. Горелова; Ф.С. Робертс, А.В. Марковский; Г.В. Горелова, Л. Гинис, А.Г. Подвесовский и др.).

Методы исследования

Методология построения когнитивных карт (КК), в том числе нечетких на основе системного подхода, изложена в работах [4, 5, 18, 15]. Исследованием и совершенствованием методов четкого и нечеткого когнитивного анализа успешно занимаются такие научные организации, как Институт проблем управления РАН (В.И. Максимов, Е.К. Корноушенко, С.В. Качаев, А.К. Григорян и др.), Институт системного анализа РАН (А.Б. Петровский, А.Н. Романов, Г.И. Шепелев и др. [26]).

Методика проведения когнитивного анализа, использованного нами для оценки уровня ПБ, включала обоснование системы показателей, обеспечивающих формирование структуры и связей когнитивных карт [27].

Результаты и обсуждение

Для развития сельского хозяйства импортозамещение, в рамках обеспечения ПБ, стало особенно актуальным в 2014 году. Это было обусловлено ответом РФ на санкции со стороны ЕС и США, вопросы само-

обеспеченности продовольствием для России в условиях санкций со стороны ряда стран приобрели важное значение [2]. Среди импортируемых продовольственных товаров на территорию Российской Федерации наибольший удельный вес приходится на различные виды молочной и мясной продукции, в том числе консервированной, растительные и животные масла. В 2018 году доля импортируемой продовольственной продукции в общем объеме соответствующих категорий товарных ресурсов в Российской Федерации достигала по говядине 41%, сухому молоку 37%, растительному маслу 18%, сырам 29% [22]. Необходимо отметить, что, в сравнении с показателями 2013 года [21], доля импорта говядины снизилась на 11,7%, сыров на 19%, сухого молока и сливок на 23,1% (табл. 1).

В целом, доля импортируемых продовольственных товаров в товарных ресурсах розничной торговли в 2019 году составила 25%, т. е. несколько возросла по сравнению с 24% в 2018 году [21]. Отметим, что реализация импортозамещения в РФ в целом способствовала производству отечественных продуктов питания, что отразилось на снижении доли импортируемых продуктов на российский продовольственный рынок. Если на протяжении 2005-2014 годов доля импортных продовольственных товаров розничной торговли составляла в среднем 33-36%, то, начиная с 2015 года, наблюдается постепенное снижение доли импорта продовольствия (рис. 1).

Среди государств, импортирующих продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье в Российскую Федерацию, традиционно являются лидерами страны ЕС, Китай, Турция, Бразилия, Аргентина, Чили, Эквадор, в числе стран-участниц СНГ – Беларусь. Так, по состоянию на декабрь 2019 года на долю стран ЕС приходилось 24,6% в структуре импортируемой продовольственной продукции, на долю Беларуси – 14,1%, Китая – 5,8%, Турции – 4,4%, Эквадора – 4,3% [21].

Таблица 1

Процентная величина импорта продовольственных продуктов
в товарных ресурсах, %

Наименование продуктов питания	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Говядина, всего	59,0	57,3	48,1	40,0	40,9	40,7
Свинина, всего	31,0	16,6	12,5	9,6	9,6	2,2
Мясо птицы	12,8	10,0	5,5	5,0	4,4	4,3
Сыры	48,0	37,3	23,3	28,2	27,3	29,0
Масла растительные	19,0	14,4	17,4	16,7	14,7	18,1
Сухое молоко	60,5	49,4	56,4	59,1	52,6	37,4
Сахар	8,2	7,4	6,2	5,5	3,9	5,1

Рис. 1. Доля импорта в объеме товарных ресурсов РФ

В 2018 году объемы производства основных видов пищевых продуктов, импортозамещаемых в Российской Федерации, возросли. Мяса говядины и телятины охлажденной было получено больше на 10,7%, свинины – на 11%, рыбы – на 11,8%, фруктов и ягод – на 6,41%, при этом объем производства овощной продукции снизился на 11,03% по итогам года (табл. 2).

Интерес со стороны научного сообщества к проблемам оценивания уровня ПБ обусловил появление различных математических методов и моделей [10].

В связи с этим была сформулирована научная гипотеза возможности адекватного исследования интегрального уровня ПБ с использованием инструментария когнитивных карт (КК). При построении КК могут использоваться результаты анализа совокупности показателей, формирующих уровень ПБ, и их взаимного влияния.

Рассмотрим подробнее приложения теории четких и нечетких когнитивных карт для анализа, а также на различных этапах исследований и принятия управленческих решений при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сфере моделирования, оценки и обеспечения продовольственной безопасности. Различные сочетания элементов когнитивных карт – вершин, ребер и их весов, обеспечивают релевантное описание влияния учитываемых связей. Кроме перечисленных выше групп факторов, авторами предложено включать в модель и дополнительных концептов, в частности показатели импортозамещения, а также экологию. Последний концепт включает агроэкологическое состояние сельскохозяйственных земель, качество и безопасность продуктов питания и др.

Таблица 2

Производство пищевых продуктов в РФ в рамках реализации
политики импортозамещения, тыс. т

Наименование продуктов питания	2017	2018	Величина изменения	
			тыс. тонн	%
Мясо (говядина и телятина), в том числе для детского питания	205	227	22	110,73
Свинина охлажденная, в том числе для детского питания	2171	2410	239	111
Мясо птицы	4839	4877	38	100,78
Изделия колбасные, включая для детского питания	2259	2282	23	101
Рыба, включая филе, копченая	58,4	65,3	6,9	111,8
Ракообразные мороженые	69,9	82,4	12,5	117,9
Овощи (кроме картофеля) и грибы замороженные	62,6	55,7	6,9	89,0
Фрукты, ягоды и орехи	15,6	16,6	1	106,4
Молоко	5390	5466	76	101,4
Сыры	464	467	3	100,64

Источник: составлено авторами на основе [3].

Когнитивное моделирование системы обеспечения ПБ выполнялось по зависимости:

$$x(t) = (I + A + A^2 + \dots + A^t) \times (0), \quad (1)$$

где $A = \|a_{ij}\|$ – матрица смежности, размером $n \times n$,
 t – номер импульса в процессе моделирования.

Концептуальная модель прогнозирования уровня ПБ, характеризующегося ограниченным числом укрупненных групп факторов, представлена на рис. 2.

Рис. 2. Обобщенная когнитивная модель полного взаимного влияния факторов обеспечения продовольственной безопасности

На рис. 2 обозначены: 1 – состояние экономической инфраструктуры (f1); 2 – уровень запасов продовольствия (f2); 3 – состояние экологии (f3); 4 – уровень импорта (f4); 5 – потребление продовольствия (f5); 6 – производство продовольственных товаров (f6); 7 – уровень ПБ (f7).

Для моделирования ПБ строилась когнитивная карта и соответствующая ей знаковая матрица смежности в среде MathCad v.14.

Знаковая матрица A0 смежности и вектор X начальных значений моделируемых факторов имеют вид (4).

$$AO := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 0 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad X = \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.65 \\ 0.6 \\ 0.35 \\ 0.5 \\ 0.5 \\ 0.45 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Использование функции вычисления вектора собственных значений матрицы осуществлялось посредством соответствующей функции, встроенной в MathCad v.14. Численная реализация импульсного моделирования системы представлена на рис. 4. Графический анализ эволюции показателей позволил выявить основные тенденции изменения концептов моделируемой системы обеспечения продовольственной безопасности.

Показатели f1...f3, f5...f7 (рис. 3) монотонно растут, при этом наблюдается замедление темпа упомянутого роста. Диаграмма S-образного изменения индикатора f7 (уровень ПБ) характеризуется точкой перегиба на втором импульсном промежутке. Показатель f4 (импорт продуктов питания) монотонно снижается, что показывает его существенное сокращение в рамках задаваемой когнитивной картой инфраструктурной ситуации, обеспечивающей ПБ. Это обосновывает даже потенциальную возможность экспорта продовольствия, что согласуется с реализуемой государственной политикой импортозамещения.

Проведенное исследование с использованием построенной когнитивной модели может быть положено в основу сценарного анализа при обосновании стратегии развития агропродовольственного сектора экономики.

Заключение

Проведенный анализ результатов, полученных в процессе когнитивного моделирования, применительно к проблематике оценки уровня и динамики продовольственной безопасности, позволил сформулировать следующее.

Рис. 3. Моделируемая прогнозная динамика показателей ПБ

1. Проведенный анализ научной литературы выявил следующие проблемы оценки уровня продовольственной безопасности:

- взаимозависимость решения продовольственной безопасности на глобальном и национальном уровнях;
- приоритетность различных составляющих, определяющих целевую сущность ПБ [25].

2. Достоинством аппарата импульсного когнитивного моделирования является системная возможность выявления тенденции развития исследуемых систем обеспечения ПБ.

3. Проблема обеспечения ПБ в непосредственно связана с концепциями перехода к устойчивому развитию общества. Поскольку проблема продовольственного обеспечения не только не решена, но и продолжает усугубляться, то исследование различных аспектов данной темы весьма актуально.

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. 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.
8. Шагайда Н., Узун В. Продовольственная безопасность: проблемы оценки // Вопросы экономики. 2015. № 5. – С. 63-78.
9. Шагайда, Н. Импортзамещение в сельском хозяйстве / Н. Шагайда, В. Узун // Экономическое развитие России. – 2016. – Т. 23. – № 3. – С. 63-67.
10. 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.
11. Яркова Т.М., Светлаков А.Г. Определение государственной поддержки генерирования продовольственных запасов региона в формате ВТО // Экономика региона. 2013. № 4 (36). – С. 157-166.
12. Herforth Anna, Gill Margaret. Strengthening the links between nutrition and health outcomes and agricultural research // Food Security. – June 2015. – Volume 7. – Issue 3. – P. 457–461.
13. Capone Roberto, El Bilali Hamid, Debs Philipp, Cardone Gianluigi, Driouech Nouredin. Food System Sustainability and Food Security: Connecting the Dots // Journal of Food Security. 2014. Vol. 2. No. 1. P. 13-22.
14. Grace Delia, Mahuku George, Hoffmann Vivian. International agricultural research to reduce food risks: case studies on aflatoxins // Food Security. – June 2015. – Volume 7. – Issue 3. – P. 569–582.
15. 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. No. S5. P. 97-103.
16. Weikard Hans-Peter. Phosphorus recycling and food security in the long run: a conceptual modelling approach // Food Security. – April 2016. – Volume 8. – Issue 2. – P. 405-414.
17. 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. Vol. 38. № 27. P. 4.
18. The cognitive approach to the coverage-directed test generation / Klimenko A., Gorelova G., Korobkin V. et al. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. Vol. 662. P. 372-380.

19. Милосердов В.В. Экономические механизмы хозяйствования, обеспечивающие продовольственную безопасность страны // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 12. – С. 2-9.
20. Новиков А.И. Импортзамещение на российском рынке продовольствия / А.И. Новиков // Вестник Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. Серия: Экономические науки. – 2014. – № 2. – С. 90-94.
21. Показатели, характеризующие импортзамещение в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gks.ru/folder/11188> (дата обращения: 22.06.2020).
22. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: стат. сб. – М.: Росстат, 2018. – 1162 с.
23. Ушачев И.Г., Маслова В.В. Экономические проблемы импортзамещения в условиях научно-технологического развития АПК России // АПК: экономика и управление. – 2017. – № 11. – С. 4-11.
24. Нижегородцев Р.М. Импортзамещение институтов: ключевая задача обеспечения национальной безопасности // Известия Уральского государственного экономического университета. 2016. № 4 (66). – С. 1-18.
25. Шутаева Е.А., Тропанец Н.А. Продовольственная безопасность как социально-экономическая категория, её содержание и основные направления обеспечения в условиях глобализации // Ученые записки ТНУ им. В.И. Вернадского. 2010. № 23 (62). – С. 174-185.
26. Патент RU 128 746 U1 Система поддержки принятия решений в неструктурированных ситуациях. МПК G 06 F 17/30, G 06 Q 10/04 / А. Б. Петровский, А. Н. Романов, Г.И. Шепелев и др. 2012151196/08, Заявл. 29.11.2012, Оpubл. 27.05.2013, Бюл. № 15.
27. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №20200612453 «Матричная когнитивная система для импульсного моделирования и оценки уровня продовольственной безопасности» / Рогачев А.Ф., Мелихова Е.В., Белоусов И.С. За-рег. 25.02.2020.

Поступила в редакцию

22.09.2020

Рогачев Алексей Фруминович – доктор технических наук, заведующий кафедрой, Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия.

Rogachev Alexey Fr. – doctor of technical Sciences, head of the Department, Volgograd state agrarian University, Volgograd, Russia.

Антамошкина Елена Николаевна – кандидат экономических наук, доцент, Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия.

Antamoshkina Elena N – candidate of economic Sciences, associate Professor, Volgograd state agrarian University, Volgograd, Russia.

Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26
26, University av., 400002, Volgograd, Russia
e-mail: rafr@mail.ru