

## НЕЧЕТКАЯ КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫМ РЫНКОМ

М. А. Холодова<sup>1</sup>, А. Г. Подвесовский<sup>2</sup>, Р. А. Исаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральный Ростовский аграрный научный центр,  
пос. Рассвет, Ростовская обл., Россия

<sup>2,3</sup>Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия  
<sup>1</sup>kholodovama@rambler.ru, <sup>2</sup>apodv@tu-bryansk.ru, <sup>3</sup>ruslan-isaev-32@yandex.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Рассмотрены вопросы анализа и моделирования стратегий управления агропродовольственным рынком как сложной слабо формализованной социально-экономической системой национального масштаба. В настоящее время регулирование агропродовольственного рынка основано на односторонней государственной поддержке сельскохозяйственных товаропроизводителей, что в условиях низкой покупательской способности доходов населения приводит к его разбалансированности. Целью исследования являлся поиск и анализ стратегий, направленных на стабилизацию агропродовольственного рынка в указанных условиях. *Материалы и методы.* Для формирования и анализа стратегических решений по управлению агропродовольственным рынком применялся когнитивный подход. Предложена нечеткая когнитивная модель стратегического управления агропродовольственным рынком, и рассмотрены основные этапы ее построения и анализа. В процессе построения был определен набор значимых концептов модели, относящихся к экономической, социальной и институциональной сферам, и выполнена идентификация параметров когнитивной карты с применением авторской методики, основанной на модифицированном методе парных сравнений. Были выполнены структурно-целевой и сценарный этапы анализа когнитивной модели, при этом второй из них проводился с использованием авторской методики на основе нечеткой модели импульсного процесса. *Результаты.* По итогам структурно-целевого анализа когнитивной модели определено, что стратегические меры управления агропродовольственным рынком, целью которых является снижение уровня бедности населения и увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции, должны быть направлены в первую очередь на включение встроенного стабилизационного инструмента ценообразования. Результаты сценарного моделирования позволили выявить и оценить социально-экономические закономерности, противодействующие негативным тенденциям разбалансированности агропродовольственного рынка. В целом результаты анализа когнитивной модели позволили установить, что стабилизация работы агропродовольственного рынка требует формирования новых стратегических инструментов государственного регулирования, среди которых важное место занимает стабилизационный инструмент ценообразования. *Выводы.* Результаты исследования могут быть использованы при разработке программ государственного управления агропродовольственным рынком, направленных на повышение качества жизни населения и обеспечение положительной динамики развития сельскохозяйственного производства.

**Ключевые слова:** когнитивное моделирование, нечеткая когнитивная карта, метод парных сравнений, структурно-целевой анализ, сценарный анализ, социально-экономическая система, стратегическое управление, агропродовольственный рынок

**Для цитирования:** Холодова М. А., Подвесовский А. Г., Исаев Р. А. Нечеткая когнитивная модель стратегического управления агропродовольственным рынком // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2022. № 2. С. 106–125. doi:10.21685/2227-8486-2022-2-8

## FUZZY COGNITIVE MODEL OF STRATEGIC MANAGEMENT OF THE AGRI-FOOD MARKET

M.A. Kholodova<sup>1</sup>, A.G. Podvesovskiy<sup>2</sup>, R.A. Isaev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Rostov region, Russia

<sup>2,3</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>1</sup> kholodovama@rambler.ru, <sup>2</sup> apodv@tu-bryansk.ru, <sup>3</sup> ruslan-isaev-32@yandex.ru

**Abstract.** *Background.* The article deals with the analysis and modeling of strategies for managing the agri-food market as a complex weakly formalized socio-economic system of a national scale. Currently, the regulation of the agri-food market is based on unilateral state support of agricultural producers, which in conditions of low purchasing power of income of the population leads to its imbalance. The purpose of the study was to find and analyze strategies aimed at stabilizing the agri-food market under these conditions. *Materials and methods.* The cognitive approach was used for the formation and analysis of strategic decisions about the management of the agri-food market. The fuzzy cognitive model of strategic management of the agri-food market was proposed, and the main stages of its construction and analysis were considered. In the process of construction, a set of significant model concepts related to the economic, social and institutional spheres was determined, and the parameters of the cognitive map were identified using the author's methodology based on a modified pairwise comparisons method. The structure-and-target and scenario stages of the analysis of the cognitive model were performed, the second of which was carried out using the author's methodology based on a fuzzy pulse process model. *Results.* Based on the results of the structure-and-target analysis of the cognitive model, it is determined that the strategic measures of agri-food market management, which aim to reduce poverty and increase the volume of agricultural production, should be aimed primarily at incorporating the built-in stabilization instrument of pricing. The results of scenario modeling allowed us to identify and assess the socio-economic patterns that counteract the negative trends in the imbalance of the agri-food market. In general, the results of the analysis of the cognitive model have established that the stabilization of the agri-food market requires the formation of new strategic tools of state regulation, among which an important place belongs to the stabilization tool of pricing. *Conclusions.* The results of the study can be used in the development of programs of state management of the agri-food market, aimed at improving the quality of life and ensuring the positive dynamics of agricultural production.

**Keywords:** cognitive modeling, fuzzy cognitive map, pairwise comparison method, structure and target analysis, scenario analysis, socio-economic system, strategic management, agri-food market

**For citation:** Kholodova M.A., Podvesovskiy A.G., Isaev R.A. Fuzzy cognitive model of strategic management of the agri-food market. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* = *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2022;(2):106–125. (In Russ.). doi:10.21685/2227-8486-2022-2-8

### *Введение*

Распоряжением Правительства РФ № 3971-р от 29.12.2021 г. утверждены стратегические направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г., согласно которым к числу приоритетных задач относится внедрение технологий моделирования и прогнозирования для управления бизнес-процессами с целью обеспечения физической и экономической доступности продовольствия населению [1].

Фактически объектом управления выступает динамическая ситуация на агропродовольственном рынке, который представляет собой многоаспектную социально-экономическую систему, объединяющую множество разнородных факторов со сложной структурой не всегда объяснимых и изменчивых во времени взаимосвязей. Попытка решения подобных комплексных стратегических задач с использованием математического моделирования и информационных технологий сталкивается с проблемой слабой формализованности объекта исследования. В частности:

- ключевые параметры моделируемой системы и связи между ними изначально неизвестны либо известны достаточно приближенно и зачастую идентифицируются в процессе исследования;
- ряд параметров являются качественными либо представлены интервальными, нечеткими или лингвистическими оценками, значения которых устанавливаются экспертным путем;
- альтернативные варианты стратегических управленческих решений немногочисленны и требуют детального анализа путем имитационного моделирования;
- моделирование альтернатив предполагает учет и анализ динамики развития ситуации во времени, т.е. прогнозирование поведения системы при воздействии на нее различных факторов.

По сути, информационная база, необходимая для описания ситуации на агропродовольственном рынке, а также для разработки и обоснования стратегических решений по управлению данной ситуацией, неизбежно содержит значительную долю оценочных факторов качественной природы, субъективных и нечетких. Выявление таких факторов и их формализация представляет собой одну из главных задач, которую необходимо решать в процессе анализа и моделирования стратегий управления.

Одним из подходов, применяемых для разработки, анализа и обоснования решений в слабоструктурированных системах, является когнитивный подход. Данный подход ориентирован на структуризацию знаний о слабоструктурированной системе для понимания основных процессов, протекающих в ней. При этом множество процессов описывается в виде модели экспертных знаний о законах и закономерностях функционирования системы, с преобладанием субъективных оценок и лингвистических значений [2, 3]. В рамках когнитивного подхода способом описания экспертных знаний об исследуемой системе и происходящих в ней процессах является когнитивная модель, которая допускает формальное представление в виде когнитивной карты.

Имеется множество успешных примеров применения когнитивного подхода для исследования слабоструктурированных организационных и социально-экономических систем [3–7]. Вопросы применения когнитивных моделей при решении задач развития аграрной сферы рассматривались в работах [2, 8, 9].

В настоящей статье предлагается когнитивная модель стратегического управления агропродовольственным рынком, и рассматриваются методы ее построения и анализа. Модель основана на нечетких когнитивных картах В. Б. Силова [10, 11] и предназначена для исследования возможностей стимулирования внутреннего потребительского спроса на продовольствие и придания устойчивой экономической динамики сельскохозяйственному производству через систему управляющих воздействий с помощью стабилизационного инструмента ценообразования.

### *Материалы и методы*

В данном разделе приведены краткие сведения о структуре и методах анализа когнитивных моделей, основанных на нечетких когнитивных картах Силова. Более подробную информацию можно найти, например, в монографиях [10, 11] и статьях [2, 3, 9].

Когнитивная модель основана на формализации отношений влияния между факторами, характеризующими исследуемую систему (их принято называть концептами). Результатом формализации является представление системы в виде сети, называемой когнитивной картой. Одной из разновидностей когнитивных карт являются нечеткие когнитивные карты (НKK), предложенные В. Б. Силовым в фундаментальной работе [10] и допускающие следующее представление:

$$G = \langle E, W \rangle,$$

где  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_K\}$  – множество концептов,  $W$  – нечеткое бинарное отношение на множестве  $E$ , которое задает набор влияний.

Отношение  $W$  характеризует знак и интенсивность влияния между парами концептов  $e_i$  (влияющий концепт) и  $e_j$  (зависимый концепт) и задается в виде набора чисел:

$$w_{ij} = w(e_i, e_j); i, j = 1, \dots, K,$$

где  $-1 \leq w_{ij} \leq 1$ , при этом положительное значение означает усиление, а отрицательное – ослабление.

Среди концептов обычно выделяют целевые (которые необходимо привести в заданное целевое состояние) и управляемые (состояние которых поддается непосредственному управлению).

НKK Силова может быть наглядно представлена в виде взвешенного ориентированного графа, вершины которого соответствуют концептам, дуги – отношениям влияния, при этом каждая дуга имеет вес, равный  $w_{ij}$ .

Процесс когнитивного моделирования на основе НKK Силова начинается с идентификации НKK, в рамках которой выделяют структурную идентификацию (определение множества концептов и выявление отношений влия-

яния) и параметрическую идентификацию (оценка интенсивностей влияний, т.е. значений  $w_{ij}$ ). Далее следует анализ НКК, в рамках которого выделяют структурно-целевой и сценарный анализ. Результаты моделирования, получаемые, как правило, в виде таблиц и графиков, должны быть проинтерпретированы и представлены эксперту с применением естественного языка и понятной ему терминологии.

Следует учитывать, что ряд упрощений и предположений, лежащих в основе когнитивных моделей и методов их анализа, обуславливают приближенный, качественный характер результатов и выводов, получаемых на основе когнитивного моделирования.

Для построения и анализа когнитивной модели, описанной в настоящей работе, применялась авторская технология и методы, описанные в [2, 3, 12–14], и система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА».

### ***Построение и идентификация параметров нечеткой когнитивной модели стратегического управления агропродовольственным рынком***

Результаты исследования процессов стратегического управления агропродовольственным рынком позволили прийти к выводу, что функционирование данной системы в структурном аспекте определяется следующими ключевыми концептами:

1. *Объем производства продукции сельского хозяйства* – количественный концепт, определяющий социально-экономическую стабильность развития общества.

2. *Программы развития сельского хозяйства и государственная поддержка сельскохозяйственных товаропроизводителей* – количественный концепт, который представляет собой инструмент государственного регулирования сельскохозяйственного производства, носит односторонний характер и усугубляет дисбаланс между спросом и предложением на продовольствие.

3. *Индекс потребительских цен* – количественный концепт, характеризующий степень разбалансированности агропродовольственного рынка.

4. *Реальные доходы населения* – количественный концепт, отражающий величину спроса на продукты питания.

5. *Уровень бедности* – количественный концепт, характеризующий долю социально уязвимого населения.

6. *Набор продуктов в потребительской корзине* – количественный концепт, определяющий порог бедности.

7. *Стабилизационный инструмент ценообразования* – качественный концепт, отражающий результативность реализации мероприятий государственного регулирования ситуации на агропродовольственном рынке, которые носят двухсторонний характер, направлены на нивелирование разбалансированности рыночного механизма хозяйствования и повышение экономической доступности продовольствия.

8. *Программы внутренней продовольственной помощи населению* – качественный концепт, отражающий гарантированное продовольственное

обеспечение населения, независимое от уровня доходов со стороны государства с целью сокращения уровня бедности через стимулирование спроса на продукты питания.

9. *Развитие кооперационных и интеграционных процессов в сельском хозяйстве* – качественный концепт, отражающий степень развития институтов агропродовольственного рынка, которые позволяют повысить уровень экономической доступности продовольствия.

Более подробное описание и анализ выделенных концептов можно найти в работах [15–21].

Структурная идентификация модели осуществлялась путем экспертного задания отношений влияния между парами концептов – при этом эксперту на данном этапе было необходимо указать сам факт наличия влияния, его направление (т.е. влияющий концепт и концепт, испытывающий влияние) и знак (усиление или ослабление).

Параметрическая идентификация НКК была проведена с применением авторской методики [2, 12], построенной на использовании метода парных сравнений Т. Саати [22]. Данный метод подразумевает возможность вынесения экспертом суждений о превосходстве одного влияния над другим в вербальной форме (с этой целью были разработаны специальные анкеты) в условиях контроля наборов суждений на наличие внутренних противоречий. Это позволяет избежать ситуации прямого количественного оценивания интенсивности каждого влияния когнитивной карты, а также обеспечивает повышение достоверности получаемых результатов. Дополнение этого метода указанной методикой усиливает его преимущества, позволяя получать более информативные связные отношения превосходства на множестве влияний когнитивной карты – это дополнительно снижает произвольность и усиливает обоснованность получаемых значений интенсивностей влияний. Все это в перспективе способствует повышению качества когнитивной модели и степени доверия к результатам моделирования.

Процесс идентификации параметров НКК состоял из следующих этапов:

1. Получение ответов эксперта на вопросы анкеты (рис. 1) и их формализация на основе одной из допустимых шкал (табл. 1). В данном исследовании применялась альтернативная шкала, предложенная и обоснованная в [2, 12].

2. Построение на основе формализованных ответов матриц парных сравнений, оценка их согласованности. В случае недопустимо сильного нарушения согласованности эксперту предлагалось пересмотреть свои суждения.

3. Построение сводных матриц парных сравнений (табл. 2) согласно авторской методике идентификации НКК [12]. Расчет собственных векторов этих матриц и получение на их основе векторов интенсивности влияний (весов связей) НКК (табл. 3). При этом экспертом задается коэффициент  $k$ , интерпретируемый как интенсивность наиболее сильного влияния из участвующих в сравнениях.

4. Составление на основе полученных результатов общей когнитивной матрицы (табл. 4), в рамках которой, помимо интенсивностей влияний, учитываются их знаки.

*Какой из концептов сильнее влияет на...*

| Уровень бедности                          |                 |      |            |             |               |               |                  |                                                         |                  |               |               |             |            |      |                 |           |
|-------------------------------------------|-----------------|------|------------|-------------|---------------|---------------|------------------|---------------------------------------------------------|------------------|---------------|---------------|-------------|------------|------|-----------------|-----------|
| Набор продуктов в потребительской корзине |                 |      |            |             |               |               |                  | Программы внутренней продовольственной помощи населению |                  |               |               |             |            |      |                 |           |
| абсолютно                                 | почти абсолютно | явно | почти явно | значительно | почти значит. | незначительно | совсем незначит. | одинаково                                               | совсем незначит. | незначительно | почти значит. | значительно | почти явно | явно | почти абсолютно | абсолютно |
|                                           |                 | +    |            |             |               |               |                  |                                                         |                  |               |               |             |            |      |                 |           |

Рис. 1. Форма и пример заполнения анкеты для опроса эксперта на этапе идентификации параметров НКК

Таблица 1

Значения оценок двух допустимых шкал в методе парных сравнений

| Вербальное описание степени превосходства | Классическая шкала | Альтернативная шкала |
|-------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Отсутствие превосходства                  | 1                  | 9/9                  |
| Совсем незначительное                     | 2                  | 9/8                  |
| Незначительное                            | 3                  | 9/7                  |
| Почти значительное                        | 4                  | 9/6                  |
| Значительное                              | 5                  | 9/5                  |
| Почти явное                               | 6                  | 9/4                  |
| Явное                                     | 7                  | 9/3                  |
| Почти абсолютное                          | 8                  | 9/2                  |
| Абсолютное                                | 9                  | 9/1                  |

Таблица 2

Пример сводной матрицы парных сравнений  
(для одного из подмножеств влияний когнитивной модели)

| Сравнение интенсивностей влияний когнитивной модели |                       |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                     | $w_{4 \rightarrow 5}$ | $w_{4 \rightarrow 7}$ | $w_{6 \rightarrow 5}$ | $w_{6 \rightarrow 7}$ | $w_{8 \rightarrow 5}$ |
| $w_{4 \rightarrow 5}$                               | 1                     | 9/3                   | 1                     | —                     | 9/3                   |
| $w_{4 \rightarrow 7}$                               | 3/9                   | 1                     | —                     | 3/9                   | —                     |
| $w_{6 \rightarrow 5}$                               | 1                     | —                     | 1                     | 5/9                   | 9/3                   |
| $w_{6 \rightarrow 7}$                               | —                     | 9/3                   | 9/5                   | 1                     | —                     |
| $w_{8 \rightarrow 5}$                               | 3/9                   | —                     | 3/9                   | —                     | 1                     |

Таблица 3

Пример заполненной сводной матрицы и результатов ее обработки  
(для наглядности выполнено сокращение дробей)

| Сравнение интенсивностей влияний когнитивной модели |                       |                       |                       |                       |                       | Веса связей при $k = 0,9$ |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
|                                                     | $w_{4 \rightarrow 5}$ | $w_{4 \rightarrow 7}$ | $w_{6 \rightarrow 5}$ | $w_{6 \rightarrow 7}$ | $w_{8 \rightarrow 5}$ |                           |
| $w_{4 \rightarrow 5}$                               | 1                     | 3                     | 1                     | 1                     | 3                     | 0,78                      |
| $w_{4 \rightarrow 7}$                               | 1/3                   | 1                     | 1/3                   | 1/3                   | 1                     | 0,26                      |
| $w_{6 \rightarrow 5}$                               | 1                     | 3                     | 1                     | 5/9                   | 3                     | 0,71                      |
| $w_{6 \rightarrow 7}$                               | 1                     | 3                     | 9/5                   | 1                     | 3                     | 0,90                      |
| $w_{8 \rightarrow 5}$                               | 1/3                   | 1                     | 1/3                   | 1/3                   | 1                     | 0,26                      |

Таблица 4

Нечеткая когнитивная матрица построенной НКК

| Номер влияющих концептов | Номер концептов, подверженных влиянию |     |       |      |       |      |       |     |     |
|--------------------------|---------------------------------------|-----|-------|------|-------|------|-------|-----|-----|
|                          | 1                                     | 2   | 3     | 4    | 5     | 6    | 7     | 8   | 9   |
| 1                        | 0                                     | 0   | -0,65 | 0    | 0     | 0    | 0     | 0   | 0   |
| 2                        | 0,5                                   | 0   | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0   | 0,9 |
| 3                        | 0                                     | 0   | 0     | -0,3 | 0     | -0,8 | 0     | 0   | 0   |
| 4                        | 0                                     | 0   | 0     | 0    | -0,78 | 0,5  | -0,26 | 0   | 0   |
| 5                        | 0                                     | 0   | 0     | 0    | 0     | 0    | 0,9   | 0,4 | 0   |
| 6                        | 0                                     | 0   | 0     | 0    | -0,71 | 0    | -0,9  | 0   | 0   |
| 7                        | 0                                     | 0   | -0,5  | 0    | 0     | 0    | 0     | 0   | 0,3 |
| 8                        | 0                                     | 0   | 0     | 0    | -0,26 | 0    | 0,3   | 0   | 0   |
| 9                        | 0,9                                   | 0,3 | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0   | 0   |

Полученная нечеткая когнитивная модель стратегического управления агропродовольственным рынком представлена на рис. 2. Цветовое оформление концептов отражает их классификацию по трем основным блокам (институциональному, экономическому и социальному), красный и синий цвета дуг графа соответствуют усиливающим и ослабляющим влияниям между концептами, а толщина дуги пропорциональна интенсивности влияния.

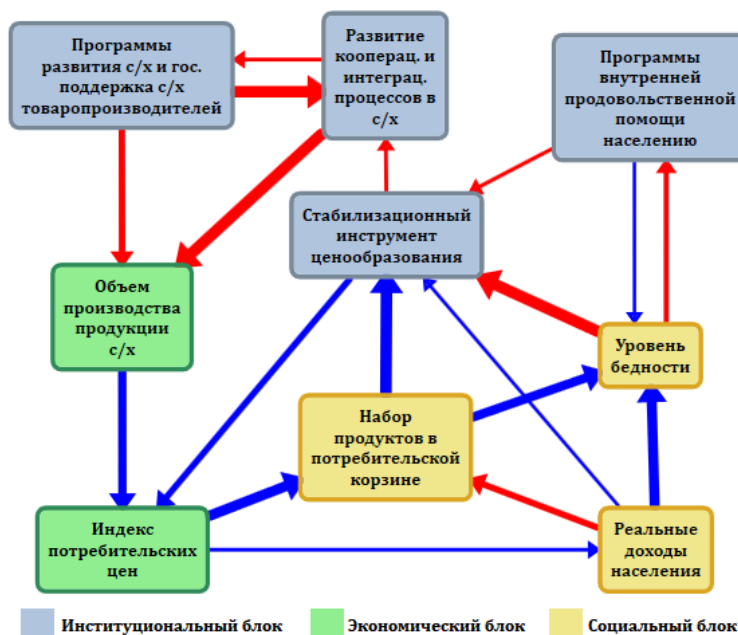


Рис. 2. Нечеткая когнитивная модель стратегического управления агропродовольственным рынком

### Структурно-целевой анализ

Структурно-целевой анализ когнитивной модели основан на учете не только непосредственных влияний между концептами (задаваемых посредством прямых связей между ними), но и опосредованных влияний, подразумевающих воздействие одного концепта на другой через цепочку промежуточных концептов.

Обеспечить учет всех влияний, включая опосредованные, позволяет операция транзитивного замыкания когнитивной матрицы, описанная в [10]. Получаемая в результате этого транзитивно-замкнутая матрица служит основой для вычисления ряда так называемых системных показателей когнитивной карты [10]. Каждый из таких показателей описывает в числовой форме некоторую хорошо интерпретируемую характеристику модели (или какого-то ее элемента), представляющую интерес с точки зрения ее анализа. Обычно в первую очередь анализируются характер и степень влияния различных концептов как на исследуемую систему в целом, так и на отдельные концепты, среди последних основной интерес представляют целевые.

Применение возможностей визуализации позволяет дополнить «классическую» форму структурно-целевого анализа визуальной аналитикой [14], которая имеет ряд преимуществ – ключевым из них является активизация когнитивных возможностей исследователя модели, что позволяет ему быстрее и точнее находить ответы на интересующие его вопросы.

Так, на рис. 3, 4 представлены распределения влияний концептов когнитивной модели на целевые концепты – «Объем производства продукции сельского хозяйства» и «Уровень бедности». Насыщенность цвета каждого концепта пропорциональна интенсивности его влияния на заданный целевой концепт, при этом красные оттенки соответствуют усиливающему влиянию, синие – ослабляющему.



Рис. 3. Распределение влияний концептов на концепт «Объем производства продукции с/х»

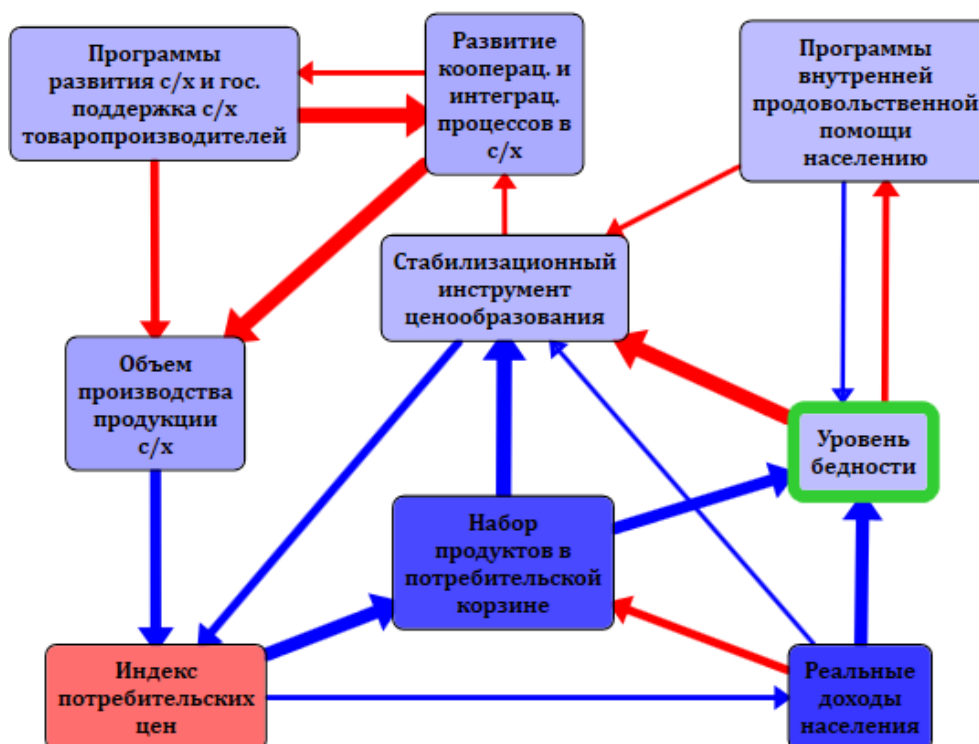


Рис. 4. Распределение влияний концептов на концепт «Уровень бедности»

Представленные результаты могут быть использованы с разными целями. В первую очередь, исследование распределения влияний концептов позволяет обнаружить системные факторы, наиболее перспективные с точки зрения разработки и проведения управляющих мероприятий. При этом, однако, необходимо учитывать информацию прагматического уровня: так, факторы, оказывающие наиболее значительное влияние на достижение целей, зачастую являются труднодоступными или вовсе недоступными для прямого управления. Все это вынуждает искать компромиссы в ходе разработки управляющих стратегий.

Кроме того, сопоставление влияний концептов на разные целевые концепты способствует обнаружению противоречивого влияния отдельных концептов на совокупность целевых показателей. Эта информация также представляет интерес с точки зрения формирования эффективных стратегий управления, ориентированных на успешное достижение наибольшего возможного числа из поставленных целей.

Результаты структурно-целевого анализа показали, что функционирование системообразующих социально-экономических элементов структуры агропродовольственного рынка определяется разными факторами. Так, существенное положительное влияние на развитие сельскохозяйственного производства оказывает бюджетная поддержка в рамках реализации госпрограмм. Негативное усиливающее влияние на уровень бедности, наравне с реальными денежными доходами населения, демонстрирует индекс потребительских цен и продуктовый набор потребительской корзины. Вместе с тем установлено,

что в сложившихся макроэкономических условиях существует опосредованная связь между уровнем бедности и объемом производства сельскохозяйственной продукции, которая носит положительный характер.

При этом будет иметь место стабилизирующее воздействие, состоящее в следующем. Если начинает расти уровень бедности, то стратегические меры управления агропродовольственным рынком, в первую очередь, должны быть направлены на включение встроенного стабилизационного инструмента ценообразования, который предполагает стимулирование развития интеграционных и кооперационных процессов в аграрной сфере и обуславливает действие эффекта масштаба. Последний не только предполагает рост объемов производства, но и направлен на снижение общего уровня цен, что способствует улучшению характеристик набора потребительской корзины населения и может привести к снижению уровня бедности в стране, стабилизируя ситуацию на продовольственном рынке.

Более подробно исследовать стратегии управления, предварительно намеченные по результатам структурно-целевого анализа когнитивной модели, позволяет сценарный анализ.

### *Сценарный анализ*

Идея данного вида анализа состоит в рассмотрении системы во временном, динамическом аспекте ее функционирования. В отличие от структурно-целевого анализа, предполагающего «статичность» системы, сценарный анализ позволяет исследовать и прогнозировать изменения, происходящие в данной системе с течением времени (сценарии ее развития).

Это открывает ряд возможностей, связанных с моделированием стратегий управления системами и способов решения возникающих в них проблемных ситуаций. Обычно исследователей интересуют следующие возможности:

- прогнозирование динамики системных факторов в условиях продолжения тенденций, наблюдаемых в системе в настоящий момент;
- исследование реакции системы на проведение тех или иных управляющих мероприятий, в том числе комплексных;
- определение пределов устойчивости системы в условиях воздействия на нее различных факторов и событий – как вызванных управляющими мероприятиями, так и внешних, в том числе малопредсказуемых;
- поиск альтернативных вариантов стратегий управления, направленных на достижение системой целевых показателей функционирования (или на придание проблемным системным факторам позитивной динамики).

В качестве математической основы сценарного анализа когнитивных моделей принято использовать аппарат импульсных процессов, впервые предложенный в книге [23] применительно к простейшим (знаковым) когнитивным картам и позднее развивавшийся для анализа более сложных когнитивных моделей, например, в авторских работах [13] с целью применения к НКК Силова.

В основе аппарата импульсных процессов лежат следующие идеи:

- каждому  $i$ -му концепту когнитивной модели ставится в соответствие числовая переменная состояния  $v_i$ , значение которой описывает величину (степень выраженности) характеристики системы, соответствующей данному

концепту. В случае НКК Силова  $v_i \in [0, 1]$ , т.е. состояния всех концептов измерены в единой вещественнозначной шкале;

– модельное время дискретно: состояния концептов могут меняться в дискретные моменты времени, называемые тактами моделирования. При этом обычно не предусмотрены механизмы точного соотнесения модельного времени с «реальным» временем моделируемой системы;

– состояния концептов меняются в результате изменений связанных концептов, а также вносимых в модель управляющих и внешних воздействий. Различие состояний  $i$ -го концепта на временных тактах  $t$  и  $t - 1$  называется импульсом  $p_i(t)$ ;

– передача импульса между непосредственно связанными концептами осуществляется за один временной такт, а полнота реализации импульса пропорциональна интенсивности влияния.

В работе [13] авторами показано, что допустимы различные подходы к конкретному определению импульса, и приведены несколько моделей импульсных процессов для анализа НКК Силова. В рамках используемого в данном исследовании подхода величина импульса показывает, во сколько раз изменилось состояние концепта по сравнению с его состоянием в предыдущий момент времени:

$$p_i(t) = \frac{v_i(t)}{v_i(t-1)}.$$

В этом случае модель импульсного процесса имеет вид (составляющие  $u_i$  и  $q_i$  отвечают соответственно за управляющие и внешние воздействия на концепт)

$$v_i(t+1) = \min \left( v_i(t) u_i(t+1) q_i(t+1) \prod_{j=1}^n (p_j(t))^{w_{ji}}, 1 \right).$$

Главной задачей, решаемой в рамках сценарного анализа рассматриваемой когнитивной модели, было выявление эффективных стратегий управления, способных в долгосрочной перспективе обеспечить следующие позитивные изменения в системе агропродовольственного рынка:

- увеличение объема производства сельскохозяйственной продукции;
- снижение уровня бедности.

Перед началом моделирования сценариев эксперту было необходимо указать актуальные состояния концептов исследуемой системы. Для этого была использована вербальная шкала, предполагающая оценки от «очень низкий» до «очень высокий». Каждой из указанных вербальных оценок (табл. 5) было поставлено в соответствие число из диапазона  $[0, 1]$ , что позволило задать начальные значения переменных состояния всех концептов.

Любое управляющее мероприятие в терминах когнитивной модели подразумевает целенаправленные воздействия на один или несколько концептов. Такие концепты явно указываются экспертом в качестве управляемых, и они должны отражать системные факторы, действительно доступные для управления в «реальной» системе. Часто выбор управляемых концептов определяется исследовательской гипотезой.

Таблица 5

Состояния концептов когнитивной модели на момент начала моделирования

| Концепт                                                                                                         | Состояние     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. Объем производства продукции сельского хозяйства                                                             | Средний       |
| 2. Программы развития сельского хозяйства и государственная поддержка сельскохозяйственных товаропроизводителей | Средний       |
| 3. Индекс потребительских цен                                                                                   | Очень высокий |
| 4. Реальные доходы населения                                                                                    | Низкий        |
| 5. Уровень бедности                                                                                             | Высокий       |
| 6. Набор продуктов в потребительской корзине                                                                    | Очень низкий  |
| 7. Стабилизационный инструмент ценообразования                                                                  | Очень низкий  |
| 8. Программы внутренней продовольственной помощи населению                                                      | Очень низкий  |
| 9. Развитие кооперационных и интеграционных процессов в сельском хозяйстве                                      | Низкий        |

В первую очередь интересовала возможность достижения желаемой системной динамики за счет активизации стабилизационного инструмента ценообразования. Поэтому соответствующий концепт был задан как управляемый, после чего была выполнена генерация сценариев, соответствующих альтернативным (различающимся по силе) управляющим воздействиям на данный концепт. Полученные результаты позволили осуществить экспертный отбор из числа сгенерированных сценариев наиболее предпочтительных – тех, в которых прогнозируется приемлемая степень достижения двух поставленных целей в условиях управляющего воздействия умеренной интенсивности.

Следует отметить, что в полученных сценариях (рис. 5, 6, сценарии 1, 2) наблюдается возникновение затухающего переходного процесса в системе, переводящего ее в новое стабильное состояние в долгосрочной перспективе. Такая системная динамика объясняется тем, что все концепты исследуемой когнитивной модели (в том числе сам стабилизационный инструмент, подвергаемый однократному усилению в начале сценария) включены в контуры обратных связей, и любое изменение некоторого показателя вызывает ответную реакцию системы. Недостатком рассмотренных сценариев является то, что достигаемые в конечном итоге улучшения целевых показателей далеки от потенциально возможных – так, ожидается стабилизация уровня бедности на значениях лишь около «среднего».

Одним из возможных путей устранения данного недостатка может стать оказание более сложного управляющего воздействия на стабилизационный инструмент ценообразования, суть которого состоит в «принудительном удержании» заданного состояния этого концепта в течение промежутка времени, необходимого для затухания переходного процесса в системе (в модельном времени такой промежуток определяется наибольшей длиной контуров обратных связей и здесь был равен 8-9 тактам моделирования). Такая стратегия управления, согласно результатам моделирования, обеспечивает скорейший выход целевых концептов на наиболее сильную положительную динамику (рис. 5, 6, сценарий 3) и сохранение полученных таким образом выгодных состояний в долгосрочной перспективе.

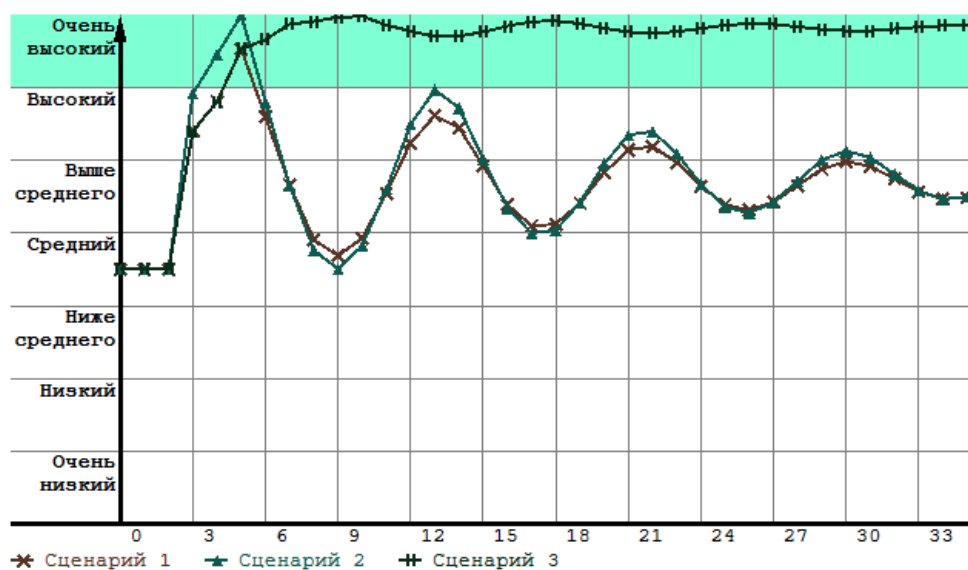


Рис. 5. Прогнозная динамика объема производства продукции сельского хозяйства при реализации стратегий управления на основе стабилизационного инструмента ценообразования

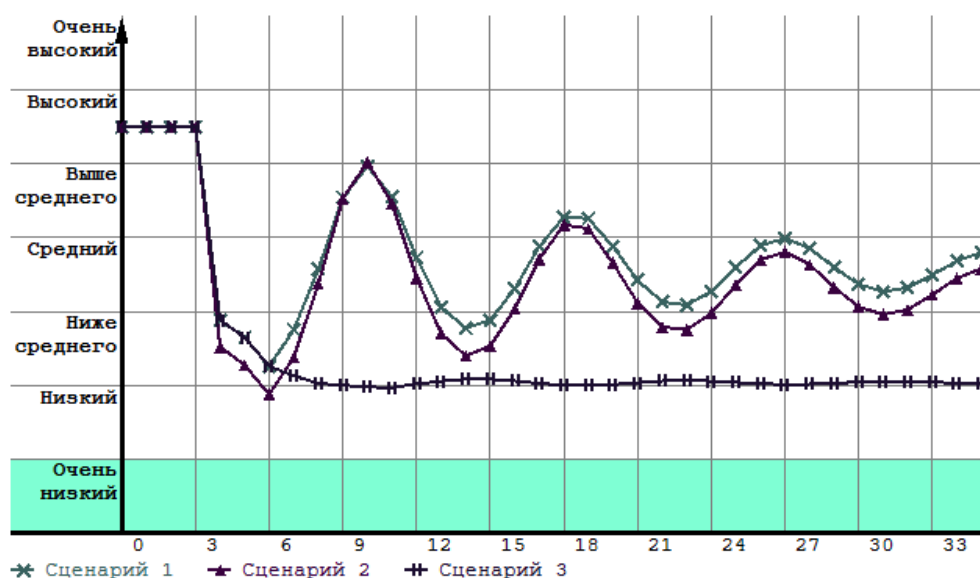


Рис. 6. Прогнозная динамика уровня бедности при реализации стратегий управления на основе стабилизационного инструмента ценообразования

С другой стороны, возможны исследования иных сценариев развития системы, основанных на комплексных стратегиях управления, при которых управляющие воздействия оказываются более чем на один концепт. Так, исходя из результатов структурно-целевого анализа, интерес в данном плане представляет концепт «Программы развития сельского хозяйства и государственная поддержка сельскохозяйственных товаропроизводителей». Однако,

с прагматической точки зрения, этот инструмент неэффективен из-за ограничения возможностей бюджета, правил ВТО (размер господдержки уже максимален с позиции требований ВТО) и одностороннего характера, ориентированного на производителя.

Иным вариантом управляющего воздействия, подходящим как с позиции результатов моделирования, так и из прагматических соображений, является воздействие на концепт «Программы внутренней продовольственной помощи населению». Соответственно, данный концепт добавлен во множество управляемых, после чего была проведена генерация сценариев, основанных на различных сочетаниях интенсивностей управляющих воздействий на каждый из управляемых концептов.

Отбор предпочтительных стратегий управления также проводился экспертным путем, по принципу выявления компромисса между их эффективностями с точки зрения достижения целей и сложностями их осуществления (затратами на соответствующие управляющие мероприятия). В целом полученные сценарии подтверждают гипотезу о перспективности комплексного воздействия на управляемые факторы: в данных условиях удастся достичь более существенного снижения уровня бедности (рис. 7). Сценарий 5 отличается от сценария 4 тем, что управляющие воздействия носят «продолжительный» характер, как и в случае рассмотренного выше сценария 3.

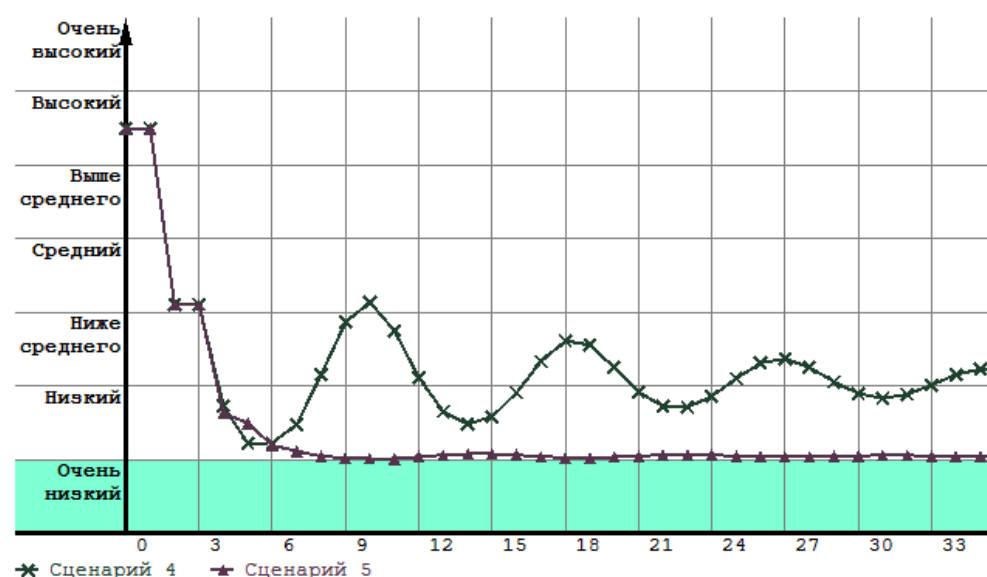


Рис. 7. Прогнозная динамика уровня бедности при реализации комплексных стратегий управления на основе стабилизационного инструмента ценообразования и программ внутренней продовольственной помощи населению

Следует отметить, что при оказании отдельного управляющего воздействия на концепт «Программы внутренней продовольственной помощи населению» его влияние на целевые показатели окажется не таким эффективным, как от действия стабилизационного инструмента ценообразования, так как первый нацелен на узкую категорию малоимущих граждан, в то время как второй рассчитан на всех потребителей без исключения. Кроме того, актив-

ное использование программ внутренней продовольственной помощи на основе продовольственных карточек может обострить и без того сложную обстановку в стране, связанную с социальным расслоением общества в условиях внутренней нестабильной макроэкономической ситуации.

В сложившихся условиях хозяйствования наиболее эффективным инструментом, приводящим агропродовольственный рынок в равновесное сбалансированное состояние, выступает стабилизационный инструмент ценообразования, который в долгосрочной перспективе через стимулирование потребительского спроса на продовольствие будет не только сокращать уровень бедности, но и вызовет положительную устойчивую динамику развития сельскохозяйственного производства.

Таким образом, противостоять негативным тенденциям разбалансированности агропродовольственного рынка можно проводя своевременную объективную стратегическую политику управления качеством жизни населения, способствующую обеспечению устойчивой динамики экономического роста в сельском хозяйстве.

### *Заключение*

Главным достоинством стратегического управления агропродовольственным рынком на основе предлагаемой нечеткой когнитивной модели является качественный объективный учет перспективных последствий принимаемых решений и выявление нежелательных побочных эффектов, которые трудно определить интуитивно, при этом они могут негативно повлиять на ход реализации современной агропродовольственной политики.

Дальнейшая обработка результатов сценарного прогнозирования на основе нечеткой когнитивной модели предполагает проведение многовариантного анализа стратегических управленческих решений в широком диапазоне задаваемых ограничений с использованием мнения экспертного сообщества, учитывающего всевозможные «парадоксы» и «ловушки» функционирования агропродовольственного рынка, которые невозможно предсказать с использованием только когнитивного моделирования.

Следует отметить, что особенности процесса построения и исследования рассмотренной нечеткой когнитивной модели позволили обнаружить новые интересные аспекты технологии и математического аппарата когнитивного моделирования, требующие более подробного анализа и изучения.

Во-первых, в процессе параметрической идентификации НКК на основе указанной авторской методики могут возникать ситуации нарушения согласованности суждений эксперта, проявляющиеся на глобальном уровне, т.е. на уровне сводной матрицы (табл. 2, 3). В основе подобных ситуаций лежит неоднозначность способа заполнения сводной матрицы. Так, перейти от исходной матрицы (табл. 2) к заполненной (табл. 3) можно разными способами, которые могут приводить к различающимся результатам (интенсивностям влияний между концептами). Все это требует выявления описанных ситуаций и их обработки с целью гарантии получения достоверных результатов моделирования.

Во-вторых, требует доработок аппарат сценарного анализа НКК Силова в части генерации и отбора оптимальных альтернативных стратегий управления. Так, интерес представляет интеллектуальная генерация сложных (много-

кратных и распределенных во времени) воздействий на управляемые концепты, за счет чего могут быть получены наиболее эффективные стратегии управления. Также перспективной является автоматизация многокритериального отбора таких стратегий на основе формализации предпочтений лица, принимающего решения.

Перечисленные задачи представляют собой актуальные направления дальнейших исследований.

### *Список литературы*

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 3971-р от 29.12.2021. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112310100> (дата обращения: 02.03.2022).
2. Подгорская С. В., Подвесовский А. Г., Исаев Р. А., Антонова Н. И. Построение нечетких когнитивных моделей социально-экономических систем на примере модели управления комплексным развитием сельских территорий // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13, № 3. С. 7–19. doi:10.17323/1998-0663.2019.3.7.19
3. Захарова А. А., Подвесовский А. Г., Исаев Р. А. Нечеткие когнитивные модели в управлении слабоструктурированными социально-экономическими системами // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 4. С. 5–23. doi:10.38028/ESI.2020.20.4.001
4. Кулинич А. А. Ситуационный, когнитивный и семиотический подходы к принятию решений в организациях // Открытое образование. 2016. Т. 20, № 6. С. 9–17. doi:10.21686/1818-4243-2016-6-9-17
5. Ginis L. A., Gorelova G. V., Kolodenkova A. E. Cognitive and Simulation Modeling of Regional Economic System Development // International Journal of Economics and Financial. 2016. Vol. 6, № S5. P. 97–103.
6. Мельник М. С., Орехов В. Д., Причина О. С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход // Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 3. С. 94–101.
7. Кондрашина О. Н., Анохина М. Е. Использование нечетких когнитивных карт в оценке качества экономического роста отдельной отрасли // Экономика и предпринимательство. 2017. № 5-1. С. 896–899.
8. Anokhina M. Y., Golubev A. V., Kondrashina O. N. Cognitive Modeling in Management of Economic Growth of the Agriculture of Russia // Journal of Environmental Management and Tourism. 2019. Vol. 10, № 1. P. 119–134. doi:10.14505/jemt.v10.1(33).12
9. Подгорская С. В., Подвесовский А. Г., Исаев Р. А. [и др.]. Моделирование сценарного развития сельских территорий на основе нечеткой когнитивной модели // Проблемы управления. 2019. № 5. С. 49–59. doi: 10.25728/ru.2019.5.5
10. Силов В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М. : ИНПРО-РЕС, 1995.
11. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. М. : Горячая линия – Телеком, 2012.
12. Подвесовский А. Г., Исаев Р. А. Идентификация структуры и параметров нечетких когнитивных моделей: экспертные и статистические методы // International Journal of Open Information Technologies. 2019. Т. 7, № 6. С. 35–61.
13. Isaev R. A., Podvesovskii A. G. Generalized Model of Pulse Process for Dynamic Analysis of Sylov's Fuzzy Cognitive Maps // CEUR Workshop Proceedings of the Mathematical Modeling Session at the International Conference Information Technology and Nanotechnology (MM-ITNT 2017). 2017. Vol. 1904. P. 57–63. doi:10.18287/1613-0073-2017-1904-57-63

14. Подвесовский А. Г., Исаев Р. А. Метафоры визуализации нечетких когнитивных карт // Научная визуализация. 2018. Т. 10, № 4. С. 13–29. doi:10.26583/sv.10.4.02
15. Холодова М. А., Усенко Л. Н., Криничная Е. П. Развитие процессов кооперационных и интеграционных взаимодействий в аграрном секторе экономики России : монография. Рассвет : АзовПринт, 2021.
16. Холодова М. А., Исаева О. В. Оценка продовольственной безопасности ЮФО в условиях реализации политики импортозамещения // Научное обозрение: теория и практика. 2018. № 3. С. 6–25.
17. Холодова М. А. Стратегии развития малого агробизнеса региона через систему кооперации // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2019. № 5. С. 56–63.
18. Холодова М. А., Сафонова С. Г., Шейхова М. С. Об обновленных формах государственной поддержки сельского хозяйства региона // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. № 11. С. 42–50. doi:10.26726/1812-7096-2019-11-42-50
19. Kholodova M. A., Safonova S. G., Sheykova M. S. Key Development Strategies for Small Regional Agribusinesses. The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems / ed. by A. V. Bogoviz // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 206. P. 41–48. doi:10.1007/978-3-030-72110-7\_4
20. Алтухов А. И., Дудин М. Н., Анищенко А. Н. Цифровая трансформация как технологический прорыв и переход на новый уровень развития агропромышленного сектора России // Продовольственная политика и безопасность. 2020. Т. 7, № 2. С. 81–96. doi:10.18334/ppib.7.2.100923
21. Гайсин Р. С., Мигунов Р. А. Институты поддержки потребления и спроса на продовольствие в США и России // Российский экономический журнал. 2018. № 2. С. 104–116.
22. Saaty T. L. Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets // Fuzzy Sets and Systems. 1978. Vol. 1, № 1. P. 57–68. doi:10.1016/0165-0114(78)90032-5
23. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам : пер. с англ. М. : Наука, 1986.

### *References*

1. Order of the Government of the Russian Federation No. 3971-r dated 12/29/2021. (In Russ.). Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112310100> (accessed 02.03.2022).
2. Podgorskaya S.V., Podvesovskiy A.G., Isaev R.A., Antonova N.I. Construction of fuzzy cognitive models of socio-economic systems on the example of a model of integrated rural development management. *Biznes-informatika = Business Informatics*. 2019;13(3):7–19. (In Russ.). doi:10.17323/1998-0663.2019.3.7.19
3. Zakharova A.A., Podvesovskiy A.G., Isaev R.A. Fuzzy cognitive models in the management of weakly structured socio-economic systems. *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii = Information and mathematical technologies in science and management*. 2020;(4):5–23. (In Russ.). doi:10.38028/ESI.2020.20.4.001
4. Kulinich A.A. Situational, cognitive and semiotic approaches to decision-making in organizations. *Otkrytoe obrazovanie = Open Education*. 2016;20(6):9–17. (In Russ.). doi:10.21686/1818-4243-2016-6-9-17
5. Ginis L.A., Gorelova G.V., Kolodenkova A.E. Cognitive and Simulation Modeling of Regional Economic System Development. *International Journal of Economics and Financial*. 2016;6(S5):97–103.

6. Mel'nik M.S., Orekhov V.D., Prichina O.S. Modeling trends and laws-numbers of work activity in Russia: cognitive approach. *Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki* = *Problems of economics and legal practice*. 2018;(3):94–101. (In Russ.)
7. Kondrashina O.N., Anokhina M.E. The use of fuzzy cognitive maps in assessing the quality of economic growth in a particular industry. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* = *Economics and entrepreneurship*. 2017;(5-1):896–899. (In Russ.)
8. Anokhina M.Y., Golubev A.V., Kondrashina O.N. Cognitive Modeling in Management of Economic Growth of the Agriculture of Russia. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2019;10(1):119–134. doi:10.14505/jemt.v10.1(33).12
9. Podgorskaya S.V., Podvesovskiy A.G., Isaev R.A. [et al.]. Modeling of scenario development of rural territories on the basis of a fuzzy cognitive model. *Problemy upravleniya* = *Problems of management*. 2019;(5):49–59. (In Russ.). doi: 10.25728/pu.2019.5.5
10. Silov V.B. *Prinyatie strategicheskikh resheniy v nechetkoy obstanovke* = *Strategic decision-making in a fuzzy environment*. Moscow: INPRO-RES, 1995. (In Russ.)
11. Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S. *Nechetkie modeli i seti* = *Fuzzy models and networks*. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom, 2012. (In Russ.)
12. Podvesovskiy A.G., Isaev R.A. Identification of the structure and parameters of odd cognitive models: expert and statistical methods. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019;7(6):35–61. (In Russ.)
13. Isaev R.A., Podvesovskii A.G. Generalized Model of Pulse Process for Dynamic Analysis of Sylov's Fuzzy Cognitive Maps. *CEUR Workshop Proceedings of the Mathematical Modeling Session at the International Conference Information Technology and Nanotechnology (MM-ITNT 2017)*. 2017;1904:57–63. doi:10.18287/1613-0073-2017-1904-57-63
14. Podvesovskiy A.G., Isaev R.A. Metaphors of visualization of fuzzy cognitive maps. *Nauchnaya vizualizatsiya* = *Scientific visualization*. 2018;10(4):13–29. (In Russ.). doi:10.26583/sv.10.4.02
15. Kholodova M.A., Usenko L.N., Krinichnaya E.P. *Razvitie protsessov kooperatsionnykh i integratsionnykh vzaimodeystviy v agrarnom sektore ekonomiki Rossii: monografiya* = *Development of processes of cooperative and integration interactions in the agricultural sector of the Russian economy : monograph*. Rassvet: AzovPrint, 2021. (In Russ.)
16. Kholodova M.A., Isaeva O.V. Assessment of food security of the Southern Federal District in the context of the implementation of import substitution policy. *Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika* = *Scientific Review: Theory and Practice*. 2018;(3):6–25. (In Russ.)
17. Kholodova M.A. Strategies for the development of small agribusiness in the region through the system of cooperation. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya kooperativnogo sektora ekonomiki* = *Fundamental and applied research of the cooperative sector of the economy*. 2019;(5):56–63. (In Russ.)
18. Kholodova M.A., Safonova S.G., Sheykhova M.S. On updated forms of state support for agriculture in the region. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki* = *Regional problems of economic transformation*. 2019;(11):42–50. (In Russ.). doi:10.26726/1812-7096-2019-11-42-50
19. Kholodova M.A., Safonova S.G., Sheykhova M.S. Key Development Strategies for Small Regional Agribusinesses. The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021;206:41–48. doi:10.1007/978-3-030-72110-7\_4
20. Altukhov A.I., Dudin M.N., Anishchenko A.N. Digital transformation as a technological breakthrough and transition to a new level of development of the agro-industrial sector of Russia. *Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'* = *Food policy and security*. 2020;7(2):81–96. (In Russ.). doi:10.18334/ppib.7.2.100923

21. Gaysin R.S., Migunov R.A. Institutes of food consumption and demand support in the USA and Russia. *Rossiyskiy ekonomicheskiy zhurnal = Russian Economic Journal*. 2018;(2):104–116. (In Russ.)
22. Saaty T.L. Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. 1978;1(1):57–68. doi:10.1016/0165-0114(78)90032-5
23. Roberts F.S. *Diskretnye matematicheskie modeli s prilozheniyami k sotsial'nyim, biologicheskim i ekologicheskim zadacham: per. s angl. = Discrete mathematical models with applications to social, biological and environmental problems : trans. from English*. Moscow: Nauka, 1986. (In Russ.)

### **Информация об авторах / Information about the authors**

#### **Марина Александровна Холодова**

кандидат экономических наук, доцент,  
заведующий отделом аграрной  
экономики и нормативов,  
Федеральный Ростовский  
аграрный научный центр  
(Россия, Ростовская обл.,  
пос. Рассвет, ул. Институтская, 1)  
E-mail: kholodovama@rambler.ru

#### **Marina A. Kholodova**

Candidate of economical sciences, associ-  
ate professor,  
head of the department of agrarian  
economics and standards,  
Federal Rostov Agricultural  
Research Centre  
(1 Institutskaya street, Rassvet,  
Rostov region, Russia)

#### **Александр Георгиевич Подвесовский**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры информатики  
и программного обеспечения,  
Брянский государственный  
технический университет  
(Россия, г. Брянск,  
бульвар 50 лет Октября, 7)  
E-mail: apodv@tu-bryansk.ru

#### **Aleksandr G. Podvesovskiy**

Candidate of technical sciences,  
associate professor, associate professor  
of the sub-department of informatics  
and software engineering,  
Bryansk State Technical University  
(7 50 Let Oktyabrya boulevard,  
Bryansk, Russia)

#### **Руслан Александрович Исаев**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры информатики  
и программного обеспечения,  
Брянский государственный  
технический университет  
(Россия, г. Брянск,  
бульвар 50 лет Октября, 7)  
E-mail: ruslan-isaev-32@yandex.ru

#### **Ruslan A. Isaev**

Candidate of technical sciences,  
associate professor of the sub-department  
of informatics and software engineering,  
Bryansk State Technical University  
(7 50 Let Oktyabrya boulevard,  
Bryansk, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Поступила в редакцию/Received 11.04.2022**

**Поступила после рецензирования/Revised 11.05.2022**

**Принята к публикации/Accepted 17.05.2022**