

УДК 631.587:004.81

UDC 631.587:004.81

**КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РЕГИОНА**

**COGNITIVE TECHNOLOGIES FOR  
SIMULATING OF A SYSTEM OF IRRIGATED  
FARMING OF REGION**

Иванов Павел Вадимович  
д.т.н., профессор

Ivanov Pavel Vadimovich  
Dr.Sci.Tech., professor

Костылев Владимир Иванович  
к.т.н., доцент  
*Новочеркасская Государственная мелиоративная  
академия, Новочеркасск, Россия*

Kostylev Vladimir Ivanovich  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
*Novocherkassk State Land Reclamation Academy,  
Novocherkassk, Russia*

Моделирование системы орошаемого земледелия региона предлагается реализовать с помощью когнитивных технологий. Разработана когнитивная карта взаимодействия системы орошаемого земледелия с внешней средой. Излагаются основы исследования на когнитивной модели сценариев поведения системы

It is suggested to realize simulating of a system of irrigated farming by means of cognitive technologies. A cognitive map for interaction of irrigated farming system with the environment is developed. Research principles for scenarios of system behavior of a simulation model are stated

Ключевые слова: ОРОШАЕМОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД, ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ФАКТОРЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ, СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ

Keywords: IRRIGATED FARMING, SYSTEMATIC APPROACH, SIMULATION MODEL, COGNITIVE TECHNOLOGIES, ENVIRONMENTAL FACTORS, DEVELOPMENT SCENARIO

Для строгого научного обоснования масштабов, структуры и вариантов использования оросительных мелиораций необходим комплексный подход и адекватные проблеме системные методики. Как и ранее [1], будем рассматривать систему орошаемого земледелия (СОЗ) региона как сложную систему

Сложность анализа процессов и принятия управленческих решений в системах орошаемого земледелия региона обусловлена рядом особенностей:

- многоаспектностью происходящих в них процессов (экономических, социальных и т.п.) и их взаимосвязанностью; в силу этого невозможно вычленение и детальное исследование отдельных явлений - все происходящие в них явления должны рассматриваться в совокупности;
- отсутствием достаточной количественной информации о динамике процессов, что вынуждает переходить к их качественному анализу;
- изменчивостью характера процессов во времени и т.д.

Влияние орошаемого земледелия (ОЗ) на экологию региона и его социально-экономические показатели должно учитываться при создании модели эколого-экономической динамики системы орошаемого земледелия региона.

Для строгого научного обоснования масштабов, структуры и вариантов эксплуатации оросительных систем (ОС) необходим комплексный подход и адекватные проблеме системные методики. Такие методики должны учитывать:

1. Влияние новых форм собственности и новых форм организации производства на орошаемых землях.
2. Комплексный эколого-экономический критерий оценки вариантов проектных и эксплуатационных решений.
3. Влияние погодного и рыночного рисков на экономические результаты и экологические последствия орошаемого земледелия.
4. Динамику экономических и экологических характеристик орошаемых массивов и оросительных систем.
5. Современное соотношение цен на продукцию и ресурсы в расчетах экономических показателей орошения.

Адекватным инструментарием разработки таких системных методик может служить модель системной динамики Дж. Форрестера, применяемая для описания сложных по структуре и механизмам функционирования стохастических динамических систем.

Системный подход — единственно верная методология в изучении экономического потенциала ОЗ и в определении вариантов его наилучшего использования и развития.

Представляется целесообразным использовать для моделирования данной социально-экономической системы принципы системного анализа, предполагающего целостное рассмотрение развития и функционирования ОЗ со всей его структурной и функциональной организацией, со всеми

протекающими в нем экономическими и социальными процессами.

Важным этапом моделирования является построение схемы реальных причинно-следственных связей между частными процессами в одном временном цикле. При этом большую роль играет выделение контуров обратной (положительной и отрицательной) связи для каждой переменной, когда приращение ее определяется уровнем этой переменной в предыдущий момент.

Нами проведена адаптация общей модели системной динамики к специфике конструируемой модели эколого-экономической динамики системы орошаемого земледелия региона с учетом влияния современных факторов погодно-рыночного риска (рис. 1).

Предложенная модель с конкретизированными механизмами работы блоков и связей, воплощенная в компьютерные программные средства позволит экспериментально определить эколого-экономическую динамику систему в целом в связи с принятием тех или иных управляющих (проектных и эксплуатационных) решений и тем самым оценивать и отбирать те из них, которые являются лучшими по комплексному эколого-экономическому критерию.

Системы орошаемого земледелия регионов являются слабоструктурированными системами, к изучению которых может быть применен когнитивный подход и разрабатываемые на его основе когнитивные технологии, представляющие собой современные технологии системного анализа.

Когнитивный подход является универсальным научным инструментарием понимания поведения сложных систем [2]. Подход основан на графическом и теоретико-множественном описании систем посредством когнитивной (познавательной-целевой) структуризации знаний об исследуемом объекте и его внешней среде, причем объект и внешняя среда разграничиваются «нечетко».

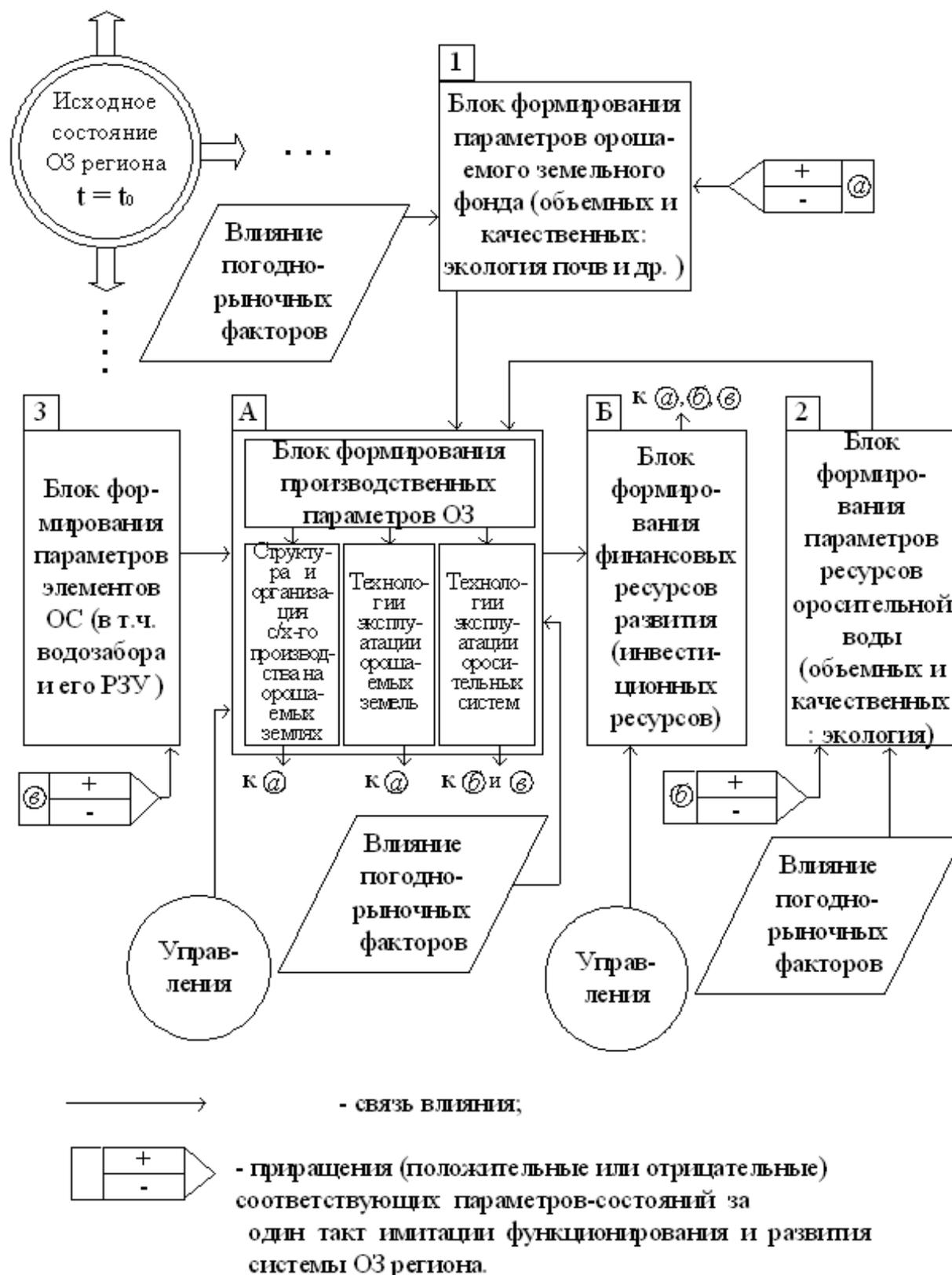


Рисунок 1 – Общая схема имитационной модели системной эколого-экономической динамики орошения в регионе

Целью такой структуризации является формирование и уточнение гипотезы о функционировании исследуемого объекта. Объект рассматривается как сложная система, которая состоит из отдельных, но взаимосвязанных между собою элементов и подсистем. Кроме того, целью является выявление наиболее существенных (базисных) факторов, характеризующих «пограничный» слой взаимодействия объекта и внешней среды, а также установление качественных (причинно-следственных) связей между ними. Результатом структуризации знаний экспертов является построение когнитивной карты.

Когнитивная карта - это знаковый ориентированный граф (орграф):

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

в котором:

-  $V_i, i = 1, 2, \dots, k$  – вершины графа, характеризующие элементы изучаемой системы, взаимнооднозначно соответствующие базисным факторам ситуации, в терминах которых описываются процессы в ситуациях;

-  $E_i, i = 1, 2, \dots, k$  – дуги, отражающие взаимосвязи между факторами ( $V_i$ ), которые определяются путем рассмотрения причинно-следственных цепочек, описывающих распространение влияний от каждого фактора на другие факторы.

Влияние факторов ( $V_i$ ) в изучаемой ситуации может быть положительным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к увеличению (уменьшению) другого, отрицательным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к уменьшению (увеличению) другого, или отсутствовать (0).

Когнитивная карта, отражающая взаимодействие с внешней средой системы орошаемого земледелия региона приведена на рисунке 2.



дующие факторы:

- v1* – общество;
- v2* - экономика;
- v3* - природа;
- v4* - технологии и наука;
- v5* - политика;
- v6* – система орошаемого земледелия.

Группа факторов-индикаторов:

- v7* - экологическая напряженность;
- v8* - социальная напряженность;
- v9* - обеспеченность продовольствием;
- v10* - уровень жизни;
- v11*- производство;
- v12* - инвестиции;
- v13* - занятость.

Стрелки отображают взаимосвязи и направление влияния факторов друг на друга. Так сложившаяся экологическая напряженность (*v7*) негативно влияет на природный комплекс (*v3*), состояние которого является определяющим при функционировании системы орошаемого земледелия (*v6*). Последняя в свою очередь заинтересована в охране природы (обратная связь) как одному из важнейших условий обеспечения населения продовольствием (*v9*).

Обеспечение продовольствием (*v9*), помимо благотворного влияния на само общество (*v1*), является одним из показателей уровня жизни населения (*v10*), который зависит от объемов производства (*v11*), планируемого экономикой (*v2*) при соответствующей политической стратегии (*v5*). Последняя привлекает современные технологии и науку (*v4*) для увеличения производства (*v11*), что пока не позволяет избежать вредного воздействия на природный комплекс, вследствие чего повышается экологическая

напряженность ( $v_7$ ).

Когнитивная карта отображает лишь наличие влияний факторов друг на друга. В ней не отражается ни детальный характер этих влияний, ни динамика изменения влияний в зависимости от изменения ситуации, ни временные изменения самих факторов. Учет всех этих обстоятельств требует перехода на следующий уровень представления информации, отображенной в когнитивной карте, путем построения когнитивной модели.

На этом уровне каждая связь между факторами когнитивной карты раскрывается до соответствующего уравнения, которое может содержать как количественные, так и качественные переменные. При этом количественные значения переменных, входят в модель естественным образом в виде их численных значений. Каждой же качественной переменной ставится в соответствие совокупность лингвистических переменных, отображающих различные состояния этой переменной, а каждой лингвистической переменной соответствует определенный числовой эквивалент в шкале  $[0, 1]$ .

По мере накопления знаний о процессах, происходящих в исследуемой системе, становится возможным более детально раскрывать характер связей между факторами, т.е. строить когнитивные модели различной сложности и учета различных факторов.

Исследование динамики объекта на когнитивных моделях требует построения сценария его поведения. Основным в данном подходе является понятие «ситуация». Ситуация характеризуется, прежде всего, набором количественных и качественных характеристик системы (управляющие воздействия, значения факторов) с помощью которых описываются процессы смены состояний в сценарии.

Последовательность ситуаций, возникающих при наличии импульсов (управляющих воздействий) в вершинах когнитивной карты является сценарием развития ситуаций.

На основании разработанного сценария определяется курс действий, выбирается сценарий безопасного развития, сценарий устойчивого развития.

Структура когнитивного подхода отвечает всем общим требованиям анализа, в нее удобно «встраивать» специфические и новые методы (методы когнитивного анализа; методы анализа связности, сложности, устойчивости систем, представленных когнитивными картами, моделями, а также сценарный анализ динамики поведения объекта), которые порождаются особенностями системы орошаемого земледелия региона.

Применение когнитивного подхода является одним из вариантов использования системного подхода к решению задач управления развитием системы орошаемого земледелия региона в нестабильной среде, поскольку когнитивный подход обладает эффективными инструментами, которые позволяют:

- исследовать проблемы СОЗ, описываемые нечеткими факторами и взаимосвязями;

- выявить неявные и неочевидные взаимосвязи между процессами, происходящими в СОЗ и соответственно между выделенными на предыдущем этапе ключевыми проблемами в ее развитии;

- структурировать и формализовать знания о происходящих в СОЗ процессах и явлениях и получать новые знания о возможных изменениях в будущем;

- исследовать сложившиеся тенденции в системе;

- выявить благоприятные и неблагоприятные тенденции во внешней среде для развития СОЗ;

- прогнозировать возможные направления развития системы орошаемого земледелия и определять, какие из них являются перспективными с учетом выявленных тенденций во внешней среде;

- исследовать направления развития СОЗ и формировать на этой ос-

нове систему поддержки управленческих решений.

Метод когнитивных карт является не только хорошим вспомогательным средством для выяснения структуры исследуемой задачи, т.е. определение концептов (факторов), связей между ними и характер этих связей, но и методом поддержки принятия решений.

Когнитивная карта по мере погружения в проблемы орошаемого земледелия региона должна уточняться путем учета новых факторов и взаимосвязей, но предложенная нами карта играет роль стартовой для выявления наиболее общих закономерностей.

Таким образом, можно определить когнитивный подход как один из эффективных подходов к исследованию поведения системы орошаемого земледелия, в основе которого лежит создание когнитивной модели СОЗ и моделирования возможных сценариев поведения.

#### Список литературы

1. Иванов П.В., Костылев В.И., Трифонова Н.В. Системное обоснование масштабов орошения в засушливых регионах // Мелиорация и водное хозяйство. 2007. №4. С.21-23.
2. Горелова Г.В., Джаримов Н.Х. Региональная система образования, методология комплексных исследований. Майкоп, 2002. 360 с.