

На правах рукописи



Гинис Лариса Александровна

**Методы и модели управления комплексной безопасностью
организационных социально-экономических систем на основе
имитационно- когнитивной технологии**

2.3.4. Управление в организационных системах

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Ростов-на-Дону – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет», Институт компьютерных технологий и информационной безопасности.

Научный консультант:

доктор технических наук, профессор, **Боженюк Александр Витальевич**

Официальные оппоненты:

Азарнова Татьяна Васильевна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», кафедра математических методов исследования операций, заведующий кафедрой.

Дранко Олег Иванович, доктор технических наук, доцент, ФГБУН Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, лаборатория №33 «Крупномасштабных систем», заведующий лабораторией.

Рындин Никита Александрович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет, кафедра искусственного интеллекта и цифровых технологий, профессор.

Защита состоится «20» июня 2025 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета ЮФУ801.02.01 на базе Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8-А, ауд. 211.

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке им. Ю. А. Жданова Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 21Ж и на сайте по ссылке: <https://hub.sfedu.ru/diss/show/1337867/>

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 г.

Отзыв (с указанием ФИО (полностью), ученой степени со специальностью, звания, организации, подразделения, должности, адреса, телефона, e-mail, даты) с заверенной подписью рецензента и печатью учреждения просим направлять в 2 экз. ученому секретарю диссертационного совета ЮФУ801.02.01 Горбаневой Ольге Ивановне по адресу: 344090 г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова 8-А, оф. 210, кафедра прикладной математики и программирования, а также в формате .pdf – на e-mail: oigorbaneva@sfedu.ru.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



Горбанева О.И.

Актуальность темы. В современном развитии наук отчетливо наблюдается смещение акцента от фундаментальных исследований в прикладную сферу с инновационной составляющей. На этом фоне новое метавидение требует подтверждающего и формализованного инструментария, чем и подтверждается актуальность тематики представленного исследования, направление которой – развитие формализованной имитационно-когнитивной технологии для исследования социально-экономических систем с целью определения научно-обоснованных решений по устойчивому и безопасному их развитию, что является альтернативным полем построения объективной реальности, и это важная составляющая когнитивной действительности.

В контексте принятой в декабре 2014 «Военной доктрины Российской Федерации» одним из актуальных направлений политики государства является «военно-экономическое обеспечение обороны государства...»¹, что неразрывно связано с безопасным и устойчивым социально-экономическим развитием государства в целом и отдельно взятых его регионов, в частности. Анализируя ряд документов стратегического планирования развития РФ², становится ясным, что особое внимание на современном этапе необходимо уделять развитию совокупности региональных экономических, финансовых, социальных, экологических и ряда других организационных структур.

Сложность решения проблемы принятия обоснованных управленческих решений в области обеспечения безопасного, устойчивого и конкурентоспособного развития социально-экономической системы во многом определяется особенностями и характеристиками организации социально-экономической системы (СЭС) такими, как крупномасштабность, иерархичность, динамичность, взаимосвязность и самостоятельность хозяйствующих субъектов, наличие эмерджентных свойств, самоорганизация, рост числа межпредметных проблем и др.; неотъемлемым субъектом СЭС является человек, участвующий в жизни системы и решении ее проблем. Субъективизм и неопределенность, слабоструктурированность проблем присущи такой системе по природе. Определение возможных путей развития СЭС и управление ими в целях обеспечения национальной безопасности по видам: политическая, военная, экономическая, технологическая, экологическая, этническая безопасности требуют применения имитационного моделирования, поскольку эксперимент в исследовательских целях над реальной системой невозможен, недопустим и более того, опасен. Инструментарий имитационного моделирования, развивающийся с середины прошлого века, в настоящее время включает в себя несколько направлений. Помимо «классических» - статистического моделирования и системной динамики, это и распространенные в настоящее время потоковое, дискретно-событийное и агентное моделирование. К новому направлению

¹ Военная доктрина Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ 25.12.2014 N Пр-2976.

² Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 г. N 1662-р «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (в ред. от 10.02.2017 № 172). «Прогноз долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2030 года», Минэкономразвития России. Распоряжение Правительства РФ от 06.10.2021 N 2816-р «Об утверждении перечня инициатив социально-экономического развития РФ до 2030 года» (в ред. от 21.12.2024). Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. N 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации». Указ Президента РФ от 26.10.2020 г. N 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (в ред. от 27.02.2023 №126). Постановление Правительства РФ от 30.03.2021 N 484 (ред. от 24.09.2024) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации».

имитационного моделирования можно отнести также активно развивающееся с конца прошлого века когнитивное моделирование. Но каждое из направлений имитационного моделирования сложных систем, к которым, безусловно, относится СЭС, раскрывает только отдельные их свойства.

Разработка имитационно-когнитивной технологии моделирования, позволяющей исследовать в совокупности различные свойства, характеристики и объекты системы с целью поддержки принятия решений обеспечения комплексной безопасности СЭС развивает одно из важнейших направлений в теории управления и организации, а посвященная ей диссертационная работа является актуальной и относится к решению крупной научной проблемы, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Степень разработанности темы исследования. Диссертационная работа опирается и развивает теоретические идеи и исследования ведущих специалистов в области управления, моделирования, проблем принятия решения в условиях неполной и нечеткой информации.

Принципы, модели и методы системного анализа отражены в работах: В.Н. Волковой, А.А. Денисова, С. Оптнера, И.В. Прангишвили, А.И. Умова.

Общая теория систем и теория иерархических многоуровневых систем представлены в фундаментальных трудах Д. Мако, М.Д. Месаровича, И. Такаха, где излагается математическая формализация управления сложными иерархическими системами, крупный вклад в современную теорию математических систем и теорию систем управления внес Майкл Хаддад.

Принципы построения и модели сложных систем раскрыты в трудах В.В. Борисова, Н.П. Бусленко, Дж. ван Гига, Дж. Касти, Дж. Моудера, Д.А. Новикова, С. Элмаграби. Классическая методология принятия решений представлена Р.Л. Кини и Ч. Райфа, а ее развитие в условиях неопределенности Р.И. Трухаевым и С.Л. Блюминым. Учет нечеткости за счет нечетких интервалов отражен в работах Й. Леунга и в поведенческой модели Г. Саймона, последний также известен своими работами в области вычислительной техники и искусственного интеллекта.

Проблема принятия решений человеком в человеко-машинной системе с учетом присущих ему неопределенностей в представлении, оценке и выборе, связанных с существованием расплывчатых категорий описана Д.И. Шапиро.

Теоретические принципы и методы решения оптимизационных задач в условиях риска, нечеткой исходной информации с использованием элементов теории графов, теории игр, нечетких множеств, нечеткой логики и лингвистического подхода, представлены работами: А.Н. Аверкина, Х. Алуха, Л.С. Берштейна, А.В. Боженюка, С.Л. Блюмина, А.Н. Борисова, Р. Беллмана, Л.А. Заде, Н. Кристофидеса, А. Кофмана, А.Н. Мелихова, О. Моргенштерн, Дж. Мордесон (Mordeson), А.О. Недосекина, Дж. Фон Нейман, О. Оре, Д.А. Поспелова, А. Розенфельда (Rosenfeld), Т. Саати, Д.И. Шапиро, Р.Р. Ягера.

Исследование и моделирование устойчивого развития сложных и организационных социально-экономических систем и элементов с использованием разнообразного математического аппарата раскрывается в трудах: Р. Беллмана – динамическое программирование; Д.Х. Медоуза и Дж. Форрестера – система нелинейных дифференциальных уравнений; Г.Г. Малинецкого – нелинейная динамика; Н.А. Абрамовой, З.К. Авдеевой, Г.В. Гореловой, Д.А. Кононова, О.П. Кузнецова, А.А. Кулинича, В.В. Кульба, В.И. Максимова, Д.А. Новикова, А.И. Орлова, Ф.С. Робертса, Г.В. Росс, В.Б. Силова, Р.Солсо, Х.А. Таха, Г.А.

Угольницкого, А.С. Федулова, R.M. Axelrod, J.N. Mordeson, W.B. Vasantha Kandasamy, B. Kosko, F. Smarandache – графовый, когнитивный и имитационный подходы.

Однако, проведенный анализ российских и зарубежных публикаций показал, что адекватность существующих формализованных описаний организационных социально-экономических систем недостаточна для решения слабоструктурированных проблем СЭС, поэтому разработка методологического обеспечения имитационного моделирования социально-экономических систем, основанного на когнитивном подходе, актуальна и практически обусловлена, в том числе и развивающимися интеллектуальными информационными технологиями поддержки принятия решений с целью снижения риска человеческого фактора в управлении, что также определяет актуальность данного исследования, его цель и задачи.

Объект исследования – комплексная безопасность социально-экономических систем.

Предмет исследования – методы и модели управления комплексной безопасностью социально-экономических систем.

Целью диссертационного исследования является разработка теоретических основ и инструментария имитационно-когнитивной технологии (методов, алгоритмов и нечетких когнитивных моделей) для поддержки принятия обоснованных управленческих решений по обеспечению комплексного и безопасного экономического развития организационных социально-экономических систем. Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи**:

1. Проанализировать существующие модели и методы и выбрать подход к исследованию и прогнозированию безопасного развития социально-экономических систем с позиций общей теории систем с учетом наличия иерархических структур.

2. Предложить технологию имитационно-когнитивного моделирования организационных социально-экономических систем на основе многослойных четких и нечетких когнитивных моделей для поддержки принятия обоснованных решений по обеспечению комплексной безопасности социально-экономических систем.

3. Представить социально-экономическую систему в виде комплекса моделей и стратифицированного описания, необходимого для моделирования ее иерархических свойств и разработки управляющих воздействий.

4. Разработать инструментарий (методики, модели, алгоритмы) когнитивного моделирования социально-экономических систем и ее подсистем, в виде многослойных четких и нечетких когнитивных моделей (НКМ), позволяющий исследовать структурные и динамические свойства СЭС в условиях неопределенности.

5. Определить подсистемы комплексной экономической безопасности социально-экономической системы и разработать их модели с помощью предложенной имитационно-когнитивной технологии. Провести моделирование и разработать стратегии и сценарии развития выделенных подсистем комплексной безопасности СЭС для определения управленческих решений.

Методы исследования основаны на теоретико-методологической базе следующих наук: исследование операций, системный анализ, общая теория систем и теория иерархических многоуровневых систем, теория управления и принятия решений, теория графов, теория нечетких множеств и нечеткой логики, статистика, имитационное моделирование, когнитивное моделирование сложных систем, а также на вычислительном эксперименте. Информационная база исследований включает

научные источники в виде данных и сведений из монографий, периодики, материалов научных конференций, статистических материалов органов государственной власти, доступных в открытой печати, нормативно-правовых документов, результаты собственных расчетов и обоснований. Для достижения цели и решения задач исследования применяется совокупность теоретических и эмпирических методов исследования: теоретический анализ научной литературы по теме исследования, изучение и обобщение, вычислительный эксперимент и моделирование.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.4 – Управление в организационных системах, пункты: 1. «Разработка теоретических основ управления в организационных системах»; 3. «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах»; 4. «Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах»; 11. «Разработка практико-ориентированных технологий управления организационными системами».

Положения, выносимые на защиту.

1. Технология имитационно-когнитивного моделирования организационных социально-экономических систем на основе многослойных четких и нечетких когнитивных моделей для выработки обоснованных управленческих решений с целью устойчивого развития СЭС и с учетом человеческого фактора.
2. Классификационная схема методов моделирования и прогнозирования поведения организационных социально-экономических систем.
3. Комплекс моделей и стратифицированное описание социально-экономической системы, в том числе: иерархия моделей СЭС в виде пирамиды эшелонов, страт, слоев; теоретико-множественное представление многоэшелонной СЭС, учитывающее иерархию слоев принятия решений; нечеткая ситуационная модель управления СЭС для проведения процедуры прогнозирования перехода системы из текущего состояния в желаемое с учетом силы управляющего воздействия.
4. Методика построения и анализа многослойных когнитивных моделей в виде совокупности четких и нечетких моделей на разных уровнях иерархии.
5. Инструментарий моделирования социально-экономической системы и ее подсистем многослойными нечеткими когнитивными моделями: метод описания нечеткой когнитивной карты, методика нахождения простых и комплексных активизирующих вершин для импульсного моделирования, инструментарий поддержки принятия решений в условиях неопределенности.
6. Результаты вычислительных экспериментов, стратегии и сценарии развития подсистем социально-экономической системы и региональной СЭС (на примере Ростовской области), разработанные на основе предложенной имитационно-когнитивной технологии.

Научная новизна результатов.

1. Определены принципы, которые должны быть заложены в модель социально-экономической системы, отличающиеся учетом риска человеческого фактора.
2. Разработана классификационная схема методов моделирования и прогнозирования поведения организационных систем типа СЭС на основе когнитивного подхода, которая отличается учетом междисциплинарности.
3. Предложен имитационно-когнитивный подход для исследования поведения организационных систем, проблемы которых слабоструктурированы; что позволяет наполнить инструментарий когнитивного моделирования

многообразием существующих методов, моделей и алгоритмов на разных стадиях исследования, реализуя многомодельный подход.

4. Разработана технология имитационно-когнитивного моделирования организационных социально-экономических систем, отличающаяся наличием: многослойных четких и нечетких когнитивных моделей, процедур фазификации и дефазификации, инструментария поддержки принятия решений, что позволяет получить формализованные научно-обоснованные управленческие решения по обеспечению комплексной безопасности и устойчивого развития социально-экономических систем. В частности.
 - 4.1 Определены и раскрыты основные этапы технологии в виде укрупненного алгоритма имитационно-когнитивного моделирования организационных СЭС.
 - 4.2 Разработаны и описаны метамодель и метаматрица СЭС в теоретико-множественном представлении, отличающиеся наличием четких и нечетких моделей.
 - 4.3 Разработана и описана методика структурного анализа иерархии когнитивных моделей, разработан и представлен алгоритм методики, отличающаяся наличием совокупности правил проверки модели на устойчивость, связность, живучесть.
 - 4.4 Предложено анализировать свойство чувствительности модели с использованием теории нечетких множеств, что позволит получить близкие к реальности описания изменяющихся ситуаций в СЭС в условиях неопределенности разного рода и риска человеческого фактора.
5. Разработана и описана модель многоэшелонной социально-экономической системы из совокупности взаимосвязанных подсистем (выделено 23 подсистемы) с учетом эшелонов, страт и слоев, что отличает ее от существующих моделей иерархического представления организационных систем; введено понятие подпирамиды, предложена авторская графическая интерпретация модели социально-экономической системы. Что позволило структурно отразить многообразие подсистем СЭС.
6. Предложено теоретико-множественное представление многоэшелонной модели социально-экономической системы с учетом многослойной системы принятия решения. В том числе, описана нечеткая ситуационная модель управления СЭС, отличающаяся наличием процедуры прогнозирования переходов системы из текущего состояния в желаемое, что позволяет формировать управляющее воздействие в условиях неопределенности.
7. Предложена методика построения и анализа многослойных когнитивных моделей, отличающаяся от методики когнитивного анализа, разработанной в ИПУ РАН наличием совокупности четких и нечетких моделей на разных уровнях иерархии, что позволяет снизить риск человеческого фактора при принятии управленческих решений.

Объединение моделей по п.4,5,6,7 в единый исследовательский комплекс (метамодель) является существенным отличием от известных формально не взаимосвязанных моделей изучения отдельных аспектов СЭС и проявлением многомодельного (гибридного) подхода

8. Разработан и описан инструментарий когнитивного моделирования социально-экономической системы и ее подсистем многослойными четкими и нечеткими когнитивными моделями, позволяющий обосновывать управленческие решения в условиях неопределенности. Основными отличительными элементами которого являются следующие:

8.1 Сформулировано формализованное понятие НКМ в терминах теории нечетких графов, в отличие от существующих разновидностей НКК в виде нечетких нейронных сетей или НКК В.Б. Силова или нечетких реляционных когнитивных карт (FRM).

8.2 Предложен и показан на примере метод описания нечеткой когнитивной модели, учитывающий задачу проведения анализа структуры НКК, задачу определения уровня прочности взаимосвязи. Приведен алгоритм предложенного метода описания нечеткой когнитивной модели.

8.3 Предложена методика нахождения простых и комплексных активизирующих вершин для импульсного моделирования в отличие от простого их перебора, или экспертного определения вершин.

8.4 Предложено для НКМ исследовать их структурную устойчивость и разработан подход к определению уровня структурной устойчивости.

8.5 Описан инструментарий поддержки принятия решений, отличающийся возможностью выбора решения в условиях неопределенности.

Разработанный инструментарий моделирования СЭС является алгоритмической основой для компьютерной реализации.

9. Проведено моделирование подсистем социально-экономической системы, в том числе разработаны: НКМ эколого-социально-экономической системы Ростовской области, НКМ структуры комплексной безопасности региональной СЭС на примере Ростовской области, НКМ организационной структуры управления АЭС, многослойная НКМ взаимодействия стран региона. Данное моделирование позволяет разрабатывать стратегии развития подсистем, обосновывать сценарии их развития, способствующие обеспечению комплексной экономической безопасности организационной социально-экономической системы.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке теоретических основ построения и формализации иерархической модели социально-экономических систем на основе имитационно-когнитивной технологии, что позволяет решить задачу принятия научно-обоснованных управленческих решений для безопасного и устойчивого развития СЭС.

Практическая значимость работы. В диссертационной работе предложена оригинальная имитационно-когнитивная технология, позволяющая применять научно-обоснованный подход к созданию метамодели функционирования и развития социально-экономической системы на основе комплекса взаимосвязанных многослойных четких и нечетких когнитивных моделей. Разработаны методы и алгоритмы, внедрение которых вносит значительный вклад в совершенствование технологии разработки управленческого решения и обеспечивает предсказуемость влияния управленческих решений на безопасное и устойчивое социально-экономическое развитие по целевой подсистеме «экономическая безопасность». Предложенные модели, подходы и алгоритмы, описывающие СЭС, могут быть использованы при создании районных, городских и региональных систем управления и имеют практическую значимость для решения задачи описания, научного предвидения и поддержки принятия обоснованного решения. Разработаны программы, предназначенные для решения поставленных в диссертационной работе задач. Получены свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Связь исследований с научными программами. Диссертационная работа выполнялась в рамках следующих работ, в которых соискатель был исполнителем: проект РГНФ № 05-02-02199а «Исследование уровня жизни населения и разработка

статистических когнитивных моделей прогнозирования и устойчивого развития» 2005-06гг.; госбюджетная НИР № 213.01-24/2013-101 от 30.04.2013 г. ЮФУ «Разработка интеллектуальных ГИС для управления цепями поставок на основе темпоральных сетевых моделей с нечеткой логикой»; грант РФФИ № 11-01-00011а «Решение оптимизационных задач в транспортных сетях в условиях нечеткости и частичной неопределенности» 2011-13гг.; грант РФФИ № 13-01-00475а «Принципы и механизмы совместного применения эволюционных вычислений и методов обучения по прецедентам и знаниям» 2013-15 гг.; грант РФФИ № 15-07-00185 А «Методы и алгоритмы управления пространственно временными процессами в интеллектуальных геоинформационных системах на основе нечетких темпоральных графов» 2015-17 гг.; гранты РФФИ № 16-07-00335 А «Иерархическая организация нейроэволюционных вычислений» 2016-18 гг. и № 16-07-00336 «Развитие теории и применение метаэвристических моделей, методов и алгоритмов для трансвычислительных задач принятия оптимальных решений» 2016-18 гг.; Госзадание (проектная часть) Минобрнауки России «Методы и средства принятия решений на основе динамических геоинформационных моделей» № 2.918.2017/4.6, грант РФФИ № 19-07-00570 «Биоинспирированные модели проблемно-ориентированных систем и методы их применения для задач кластеризации, классификации, фильтрации и оптимизации, включая большие данные» 2019-21 гг.; грант РФФИ № 19-01-00412 «Разработка моделей и алгоритмов когнитивного и нейроэволюционного моделирования для поддержки принятия решения в интеллектуальных информационно-управляющих системах» 2019-21 гг.

Реализация результатов работы. Разработанные методы, модели, алгоритмы, программы и результаты исследовательской работы приняты ко внедрению в министерстве сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области; в Научно-производственной компании «Бюро кадастра Таганрога», в компании «Ипериион Системс Инжиниринг (Рус)». Реализация результатов подтверждается соответствующими актами, утвержденными руководителями названных организаций. Имеются акты об использовании теоретических и методических разработок и моделей в учебном процессе ФГАОУ ВО ЮФУ ИКТИБ, ФГБОУ ВПО РГУПС. Получено 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ: «Учет и контроль местоположения сотрудников служб ОАО «РЖД» № 2014610008 от 09.01.2014 г.; «Программа нахождения нечеткого множества баз в нечетком орграфе первого рода» № 2015611638 от 03.02.2015 г.; «Страховая оценка транспортных средств на основе ГИС-технологий» № 2016616996 от 23.06.2016 г.; «Инвентаризация городской дорожной сети на основе ГИС-технологий» № 2016618840 от 09.08.2016 г.; «Учет объектов земельного кадастра на основе геоинформационных технологий» № 2017662354 от 02.11.2017 г.

Достоверность полученных в диссертационном исследовании результатов обеспечивается применением комплекса теоретических и эмпирических методов, основана на математическом обосновании концепции когнитивного иерархического описания социально-экономических систем; на корректности теоретической постановки решаемых задач и адекватном описании исследуемых процессов и объектов. Обоснованность разработанных моделей, методов и алгоритмов поддержки принятия решений при управлении развитием подсистем СЭС подтверждена исследованиями, проведенными на реальных фактографических данных, что подтверждается, в том числе, актами внедрения. Результаты диссертационного исследования обсуждались на научных конференциях различного уровня.

Апробация результатов. Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на научных конференциях различного уровня: Межвузовские научные чтения «Математические и статистические методы в экономике и естествознании» (Ростов-н/Д, РГЭУ, 2000); VI Академические чтения «Образование и наука на рубеже XXI века: проблемы и перспективы развития» (Новочеркасск, МАН ВШ, 2000); Международные конференции «Искусственные интеллектуальные системы» (IEEE AIS'02, AIS'03) (Дивноморское, 2002, 2003); научно-технические конференции ППС ТРТУ (Таганрог, 2000-2006); IV Международная конференция «Новые технологии в управлении, бизнесе и праве» (Невинномысск, 2004); Международные научно-практические конференции «Единое информационное пространство» и «Информационные технологии в XXI веке» (Украина, Днепрпетровск, 2003, 2004, 2006); Международная научно-техническая конференция «Искусственный Интеллект» (Украина, Донецк, 2004, 2005); Международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» (С-Петербург–Таганрог, 2006, 2011); XI Международная открытая научная конференция «Современные проблемы информатизации в моделировании и программировании» (Воронеж, 2006); Межрегиональная научно-техническая конференция аспирантов и молодых ученых ЮФО (Новочеркасск, ЮРГТУ, 2009); Международные научно-практические конференции «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте» и «Современные направления теоретических и прикладных исследований» (Украина, Одесса, 2010–2012); Всероссийская научная конференция «Фундаментальные проблемы пространственного развития Юга России: междисциплинарный синтез» (Ростов-на-Дону, ЮНЦ РАН, 2010); XVIII-th International Open Science Conference «Modern informatization problems in economics and safety» (Lorman, MS, USA, 2013); VII Международная научно-практическая конференция «Когнитивные исследования на современном этапе. КИСЭ-2016» (Ростов-на-Дону, 2016); III Международная научная конференция «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине» (Томск, 2016); XIII Международная IEEE научно-техническая конференция «Актуальные проблемы электронного приборостроения» (Новосибирск, 2016, 2018); Международная научно-практическая конференция «Теория активных систем -2016» (ТАС-2016, ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова, Москва); Вторая Российско-Тихоокеанская Научная Конференция по Компьютерным Технологиям и Приложениям (Владивосток, RPC 2017), XI международная IEEE научно-техническая конференция «Динамика систем, механизмов и машин» (Dynamics 2017, Омск); Международная научно-техническая конференция «Строительство и архитектура: теория и практика развития отрасли» (SATPID 2018 Нальчик, SATPID 2019 Кисловодск); Международный научно-технический конгресс «Интеллектуальные системы и информационные технологии - 2019» («ИС & ИТ-2019», «IS&IT'19», Дивноморское 2019); Международная IEEE научно-техническая конференция «Автоматизация» (Сочи, RusAutoCon-2019-2024).

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 54 работах. Из них 24 статьи опубликованы в научных журналах, входящих в Перечень ВАК; 1 статья опубликована в научных изданиях, входящих в Scopus, Web of Science; 5 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ; 5 монографий; 14 публикаций в сборниках трудов конференций; 5 статей опубликовано в журналах, индексированных в РИНЦ.

Личный вклад автора. Основные научные результаты получены автором лично. В работах, выполненных в соавторстве, вклад автора заключается в постановке большинства задач, конкретизации моделей для разработки управленческих решений на основе концепции автора, доработки алгоритмов с учетом когнитивного подхода и в условиях неопределенности. Программные продукты созданы на основе концепций и алгоритмов, разработанных при непосредственном участии и/или под руководством автора.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографии и приложений. Работа изложена на 272 страницах машинописного текста без приложений, содержит 25 таблиц, 77 рисунков и 262 источника в списке литературы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, определены объект, предмет, приведена методология исследования, сформулирована научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приводятся сведения о результатах внедрения и использования, сведения о публикациях, объеме и структуре диссертации.

Глава первая «Анализ подходов и методов исследования комплексной безопасности социально-экономических систем» раскрывает общие вопросы и исторические аспекты проблемы моделирования развития организационных социально-экономических систем в мире. Проведенный анализ исторической и существующей экономической ситуации определил научную проблему данного исследования, связанную с решением проблемы комплексной безопасности социально-экономических систем.

Определено, что мировой финансовый кризис, начавшийся в конце первого десятилетия XXI столетия, подчеркнул потенциально важную взаимосвязь между региональной и глобальной экономической безопасностью, и как следствие уровнем национальной безопасности. Природа этой взаимосвязи может быть хорошо описана с помощью применяемого в данной работе когнитивного моделирования, использующего структуру причинно-следственных связей. Идеология многовариантности решений и сценарное описание возможных путей развития системы *обосновывает выбор* этого направления имитационного моделирования.

Современные тенденции развития общества предъявляют новые требования к жизнеобеспечению и выживанию человечества, для усовершенствования которых важна интеграция политических, экономических, социальных, культурных и экологических составляющих, что определяет структуру системы национальной безопасности государства в виде совокупности следующих подсистем, рисунок 1.

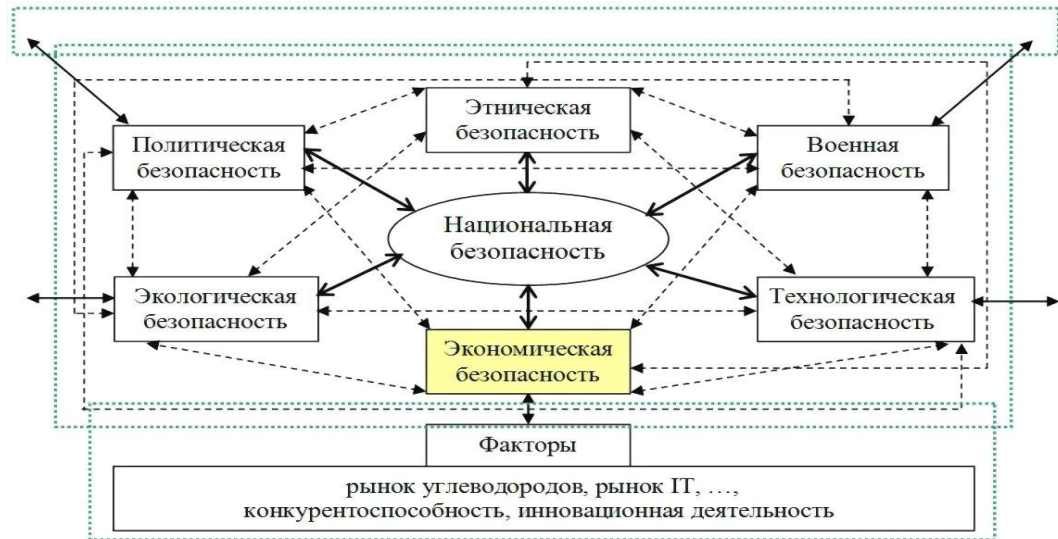


Рисунок 1 – Обобщенная структура национальной безопасности

Очевидно, что элемент «экономическая безопасность» является фундаментом и материальной основой национальной безопасности. Решение проблем национальной безопасности в различных проявлениях требует определенных финансовых затрат, что определяет экономическую безопасность как один из целевых факторов, рисунок 2.



Рисунок 2 – Цикл обеспечения безопасности

Независимо от конкретизации характеристик объекта и субъекта, управление можно рассматривать как процесс, который сводится к определению параметров, исследованию структурных особенностей и определению последовательности этапов в нем. В такой постановке принято выделять управляющую и управляемую системы, рисунок 3.

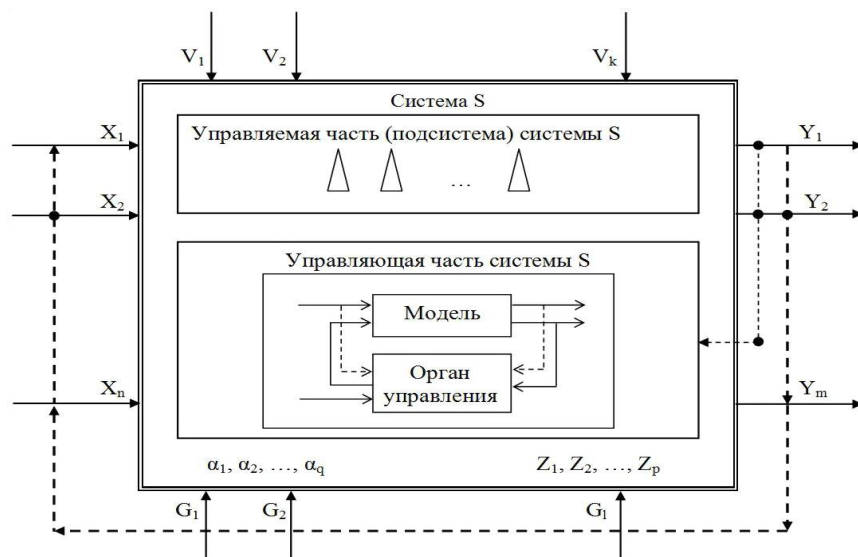


Рисунок 3 – Общая схема управления СЭС

X_1, \dots, X_n и Y_1, \dots, Y_m – входы и выходы системы; V_1, \dots, V_k – неконтролируемые воздействия на систему; G_1, \dots, G_q – управляющие входы, предназначены для изменения цели функционирования системы, которое может произойти из внешней среды; $\alpha_1, \dots, \alpha_q$ – параметры системы; Z_1, \dots, Z_p – состояния системы.

В результате проведенного анализа, представленного в главе 1, выделены для исследования основные угрозы (проблемы) современности, типичные для СЭС: демографический взрыв, несбалансированный экономический рост, утрата способности к управлению, нехватка продовольствия и ресурсов, загрязнение окружающей среды, энергетические кризисы, усиление миграции, изменения в мировой геополитической ситуации. Предпосылками преодоления этих угроз (проблем) могут быть: развертывание пятой информационной революции, доминирование смешанной рыночной экономики, разворачивание демократических основ в отношениях политиков взаимопроникновение культур.

Выявленные проблемы, характерные как для развития отдельных регионов, так и для всей их совокупности были детально проанализированы на примере региона – Ростовская область с использованием данных официальной статистики, и повлекли за собой вывод о том, что актуальными направлениями и проблемами устойчивого и безопасного развития региональной СЭС являются восстановление и реконструкция: ВПК, машиностроительного комплекса, сельского хозяйства, энергетической инфраструктуры. С точки зрения социального аспекта следует обратить внимание на направления, связанные с повышением уровня жизни населения, улучшением экологической ситуации; развитием туристической инфраструктуры, курортно-рекреационных комплексов и привлечения инвестиций в этом направлении.

Основополагающими принципами, которые должны быть заложены в любую модель социально-экономических процессов, как показал проведенный анализ накопленного и всемирно признанного опыта в области практического применения моделей для исследования и прогнозирования поведения организационных СЭС, являются следующие: принцип учета риска человеческого фактора; принцип отражения взаимодействия человека и окружающей среды; принцип управляемости модели, т.е. включать в себя процесс принятия решений; принцип реализуемости модели в режиме диалога между исследователем и ЭВМ.

Отмечается, что современные социально-экономические системы как сложные организационные системы характеризуются большим разнообразием переменных и факторов. В этой ситуации традиционные динамические методы имеют ограниченный вклад в моделирование и управление такими системами, следовательно, все более актуальным становится вопрос о разработке и/или применении новых методов, учитывающих все нюансы слабоструктурированных систем. Теоретической основой для построения модели в данном исследовании должны быть иерархичность, учет влияния человека, взаимодействие регионов. Идеология многовариантности решений и сценарное описание прогноза обосновывает выбор этого направления имитационного моделирования. Таким образом, решена первая из поставленных задач.

Во второй главе «Теоретические и методологические основы моделирования социально-экономических систем с использованием имитационно-когнитивной технологии» *базовым положением* при разработке имитационно-когнитивной технологии моделирования иерархии социально-экономических систем (СЭС) является следующее: к организационным системам, типичным примером которых является СЭС и проблемы которых слабоструктурированы, наиболее применим когнитивный подход, а описание такой организационной системы с учетом ее неопределенности возможно с помощью метамодели в виде комплекса согласованных между собой когнитивных моделей, отражающих различные стороны функционирования сложной системы. Введено определение *имитационно-когнитивная технологии*. Предложена

технология моделирования иерархии социально-экономических систем (СЭС), рисунок 4, основанная на иерархических и/или многослойных четких и нечетких когнитивных моделях.

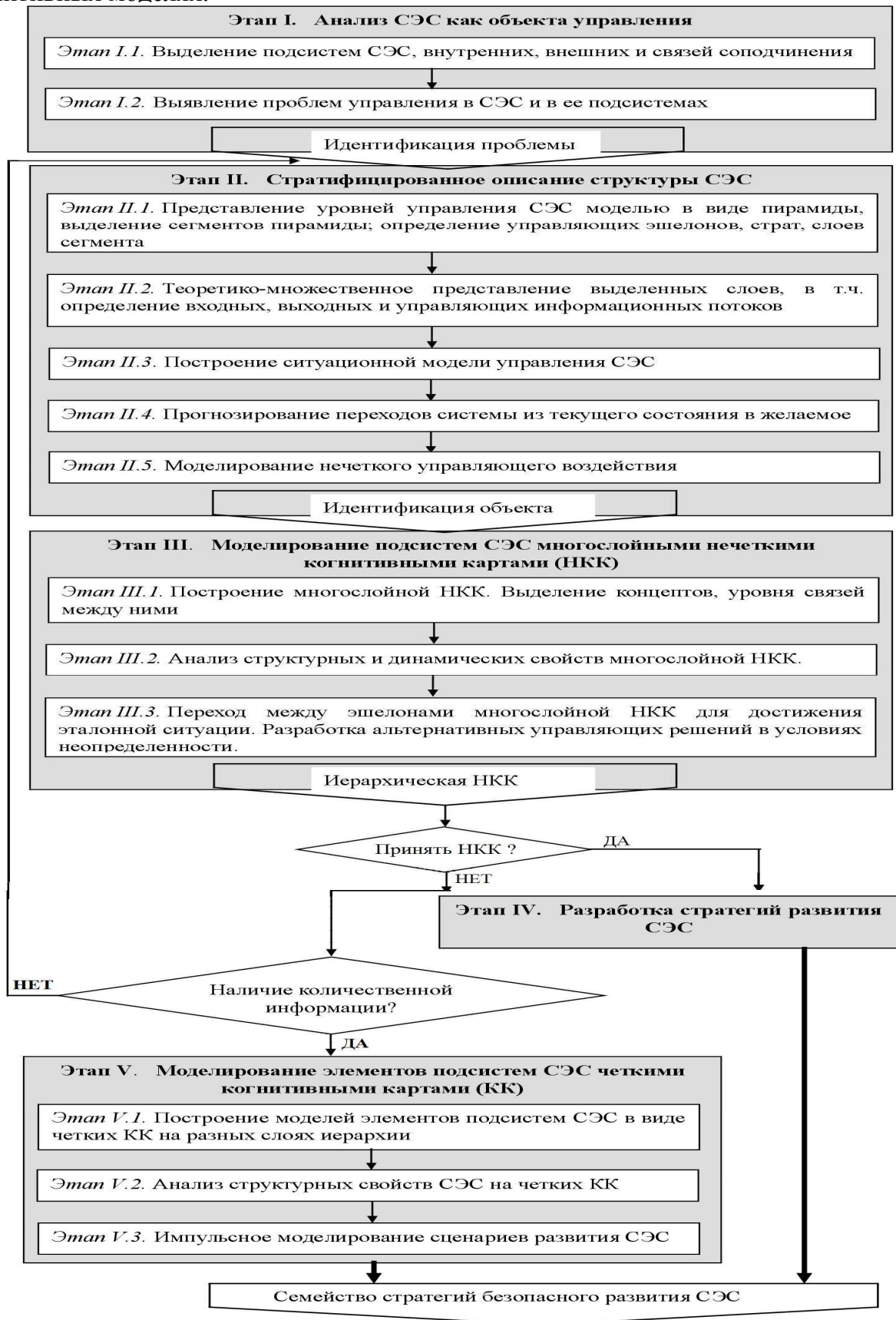


Рисунок 4 – Укрупненный алгоритм технологии имитационно-когнитивного моделирования организационных социально-экономических систем

Разработана метамодель социально-экономической системы, отличительной чертой которой является учет когнитивного подхода, позволяющего прогнозировать структурное и образное представление сложной системы в развитии, возможность разрабатывать интеллектуальные информационно-управляющие системы, учитывающие критерии эффективности применяемых технических и программных средств с целью прогнозирования, планирования и управления.

$$M = \{M_O, M_E, M_{OE}, M_D, M_{ГИС}, Q, M_{ПП}, M_U, M_H, A\}$$

где M_O – идентифицирующая модель системы (модель объекта);

M_E – модель окружающей среды;

M_{OE} – модель взаимодействия объекта и среды;

M_D – модель поведения системы, в том числе, в виде пространства сценариев $\{Opt, Neitr, Pessim\}$, реализуемых при моделировании возмущающих и управляющих воздействий на когнитивной модели;

$M_{ГИС}$ – модель геоинформационной системы (ГИС);

Q – возмущающие/управляющие воздействия, $Q \subseteq \{Imp\}$ – подмножество импульсов;

$M_{ПП}$ – модель принятия решений, которую можно представить в виде кортежа $M_{ПП} = \langle N_M, K_R, ЛПР \rangle$, где N_M – формализованные подходы, а K_R – критерии принятия решения;

M_U – модель управляющей системы;

M_H – модель «наблюдателя» (инженера, эксперта, оператора);

A – правила объединения моделей и выбора процессов изменения объекта.

Элементы метамодели в большинстве своем могут быть формализованы как простые когнитивные модели, так и как метамодели более простого уровня, что и приводит к формализованному описанию иерархической структуры реальной сложной системы. Например, обобщенная метамодель геоинформационной системы может быть представлена следующим кортежем: $M_{ГИС} = \langle S, D, K, I, F \rangle$

где S – система сбора информации, в том числе наборы правил, процедур, измерительных средств, D – хранилище атрибутивных данных; K – картографическая основа; I – пользовательский интерфейс; F – функциональный набор, включающий F_V – блок визуализации, F_{RI} – блок обработки результатов измерений.

В свою очередь система сбора информации, это кортеж:

$$S = \langle P, W, C, T_D \rangle,$$

где P – пространственно-координатные данные, W – данные о времени, C – семантические данные, T_D – топологические данные.

В любую разрабатываемую ГИС предлагается включать реализацию следующих измерительных функций: K - Контроль протекающих процессов, выявление возможных отклонений; L - Локализация и предотвращение аварийной ситуации; Md - Моделирование развития ситуации; Pr - Прогнозирование и снижение риска аварийных ситуаций.

Таким образом, модель D хранилище атрибутивных данных содержит следующий функциональный набор: $D = \langle K, L, Md, Pr \rangle$.

В работе ГИС следует выделить общий алгоритм функционирования системы, отвечающий за сбор и анализ данных, выработку управленческих и прогнозирующих решений. Алгоритм возможно описать следующей моделью:

$$AF = \langle R_s, R_D, N, V_O, P_K, X, Y, Ob^{St}, Ob^{Dm} \rangle,$$

Такой метасистемный подход позволяет синтезировать метамодели сложных систем, которые дают возможность вырабатывать и корректировать как цели функционирования систем, так и пути их достижения, при этом данный подход, обладающий когнитивным свойством можно считать некой разновидностью концептуального моделирования в части создания более иерархических формальных описаний предметных областей.

M_O – идентифицирующая модель системы в свою очередь описывается кортежем: $M_O = \langle T, Matr, M_{МАПР}, U \rangle$

где T – теоретико множественное описание иерархической модели СЭС;

$Matr$ – метаматрица модели, рисунок 5.

$M_{МАПР}$ – модели и алгоритмы принятия решений;

U – алгоритмы проверки моделей на устойчивость и чувствительность

	V_1	V_2	...	V_{j-1}	V_j	V_{j+1}	...	V_{k-1}	V_k
V_1	0	+1	...	-1	0	$w_{1,j+1}$	...	-1	0
V_2	0	G	...	+1	0	$w_{2,j+1}$	...	0	$w_{2,k}$
...	...	...	...	...	...	...	G	...	...
V_{i-1}	+1	+1	...	0	-1	0	...	+1	$w_{i-1,k}$
V_i	+1	0	...	0	-1	$w_{i,j+1}$	...	0	$w_{i,k}$
V_{i+1}	$f_{i+1,1}$	$f_{i+1,2}$	...	$f_{i+1,j-1}$	0	$\tilde{S}_{i+1,j}^t$	...	$\tilde{S}_{i+1,k-1}^t$	$\tilde{S}_{i+1,k}^t$
...	...	Φ	...	...	...	...	S	...	...
V_{k-1}	$f_{k-1,1}$	$f_{k-1,2}$	...	0	$f_{k-1,j}$	$\tilde{S}_{k-1,j}^t$	...	$\tilde{S}_{k-1,k-1}^t$	$\tilde{S}_{k-1,k}^t$
V_k	$f_{k,1}$	0	...	$f_{k,j-1}$	$f_{k,j}$	$\tilde{S}_{k,j+1}^t$	...	$\tilde{S}_{k,k-1}^t$	$\tilde{S}_{k,k}^t$

Рисунок 5 – Метаматрица системы

Вершины $V_1...V_j...V_k$ могут быть вершинами как на одном уровне иерархии, так и на разных уровнях, где: G – четкая когнитивная модель (ЧКМ), \tilde{G} – нечеткая когнитивная модель (НКМ), Φ – это параметрический функциональный граф для четких моделей, \tilde{S} – ситуационная модель.

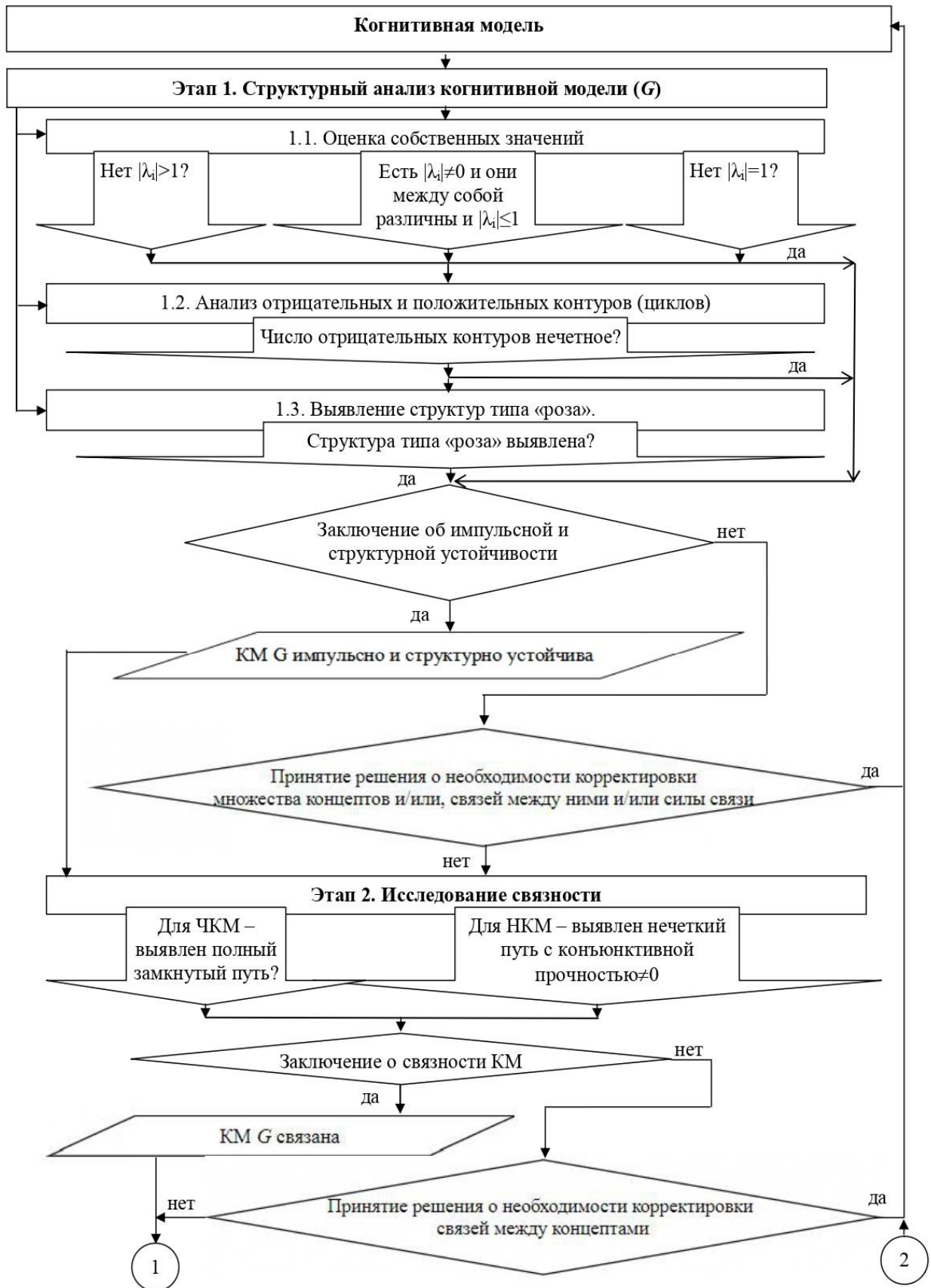
Иерархическую четкую и нечеткая когнитивную модель организационной СЭС в виде: $KM_{ss} = \langle IG \cup I\tilde{G} \rangle$, где $IG = \langle G_k, G_{k+1}, \{E_k E_{k+1}\} \rangle$, при $k \geq 2$, это иерархическая четкая когнитивная модель организационной системы (СЭС) в виде пирамиды, в которой $G_k = \langle V_k, E_k \rangle$ - ЧКМ k -го уровня с перечнем вершин V_k и дуг E_k на k -ом уровне; $\{EE_k\}$ – множество дуг между k -ым и $k+1$ -м уровнями; $I\tilde{G} = \langle \tilde{G}_k, \tilde{G}_{k+1}, \{\tilde{U}_k \tilde{U}_{k+1}\} \rangle$, при $k \geq 2$ - это иерархическая нечеткая когнитивная модель сложной системы.

Взаимодействие между иерархиями происходит по определенным правилам и может быть представлено общей моделью взаимодействия K иерархий: $IG\tilde{G} = \{I_{G1}, I_{G2}, \dots, I_{GK}, R\}$, где R – правила взаимодействия, в п.4.5.1 будет описан способ переходов между эталонными ситуациями на разных уровнях иерархии, основанный на сравнении нечетких интервалов.

Для любой когнитивной модели установлены требования.

Моделирование на когнитивной модели проводится пошагово импульсами (элементарными возмущениями). В работе представлено подробное описание сути данного процесса.

Разработана методика структурного анализа иерархии когнитивных моделей, рисунок 6.



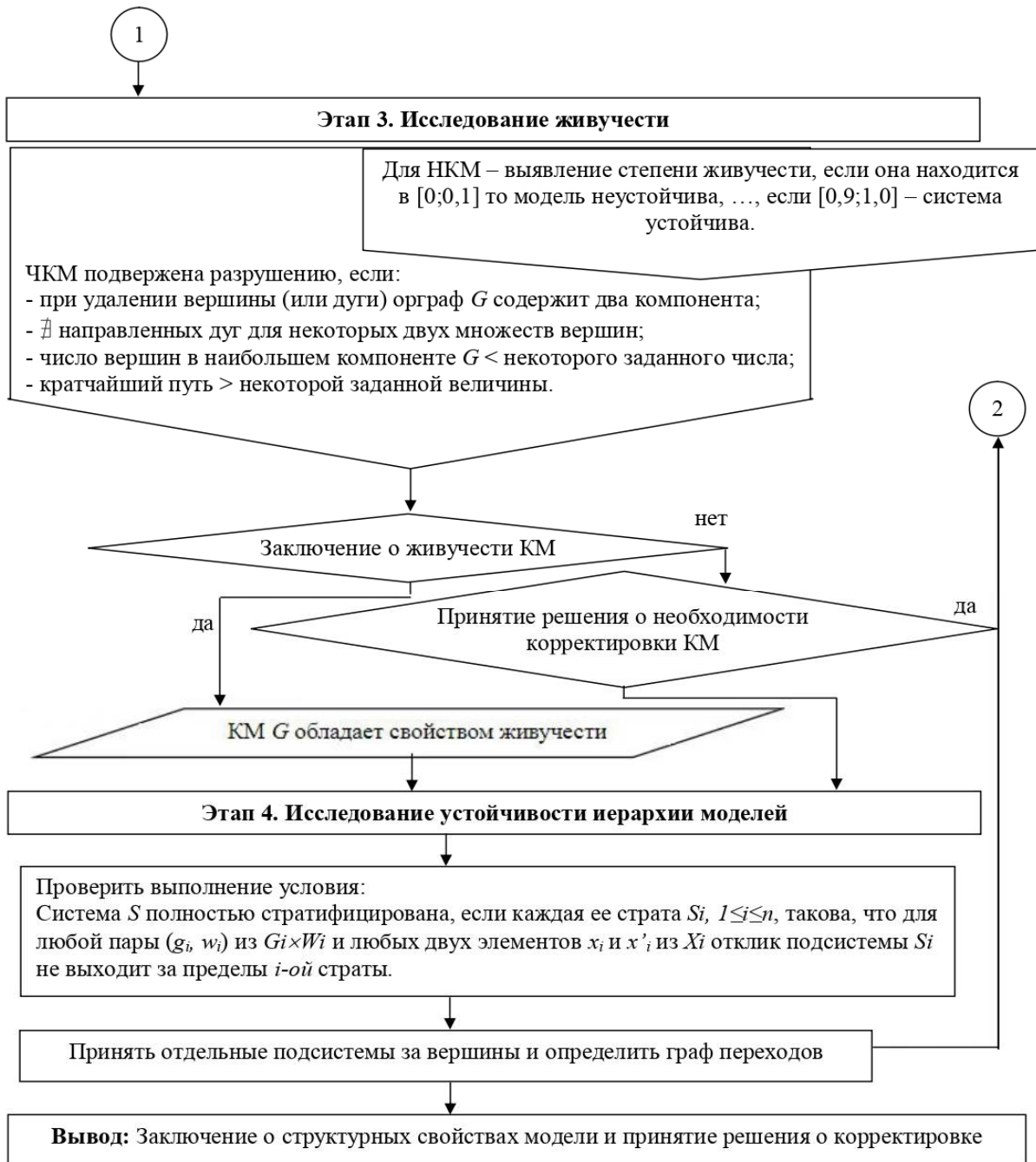


Рисунок 6 – Алгоритм структурного анализа иерархии когнитивных моделей

Предложенный алгоритм, включающий проверку на устойчивость, связность, живучесть иерархической модели СЭС, позволяет разработать модель, устойчивую к возмущениям внутренней и внешней среды. С помощью такой модели можно определить тенденции устойчивого развития ситуации на прогнозный период, как положительные, так и отрицательные. А среди этих тенденций, возможно выбрать те, которые обеспечат безопасное экономическое развитие исследуемых подсистем социально-экономической системы

В результате проведенного анализа различных группировок методов моделирования и прогнозирования, представленных в современной литературе разработана классификационная схема методов моделирования и прогнозирования поведения организационных систем типа СЭС, рисунок 7.

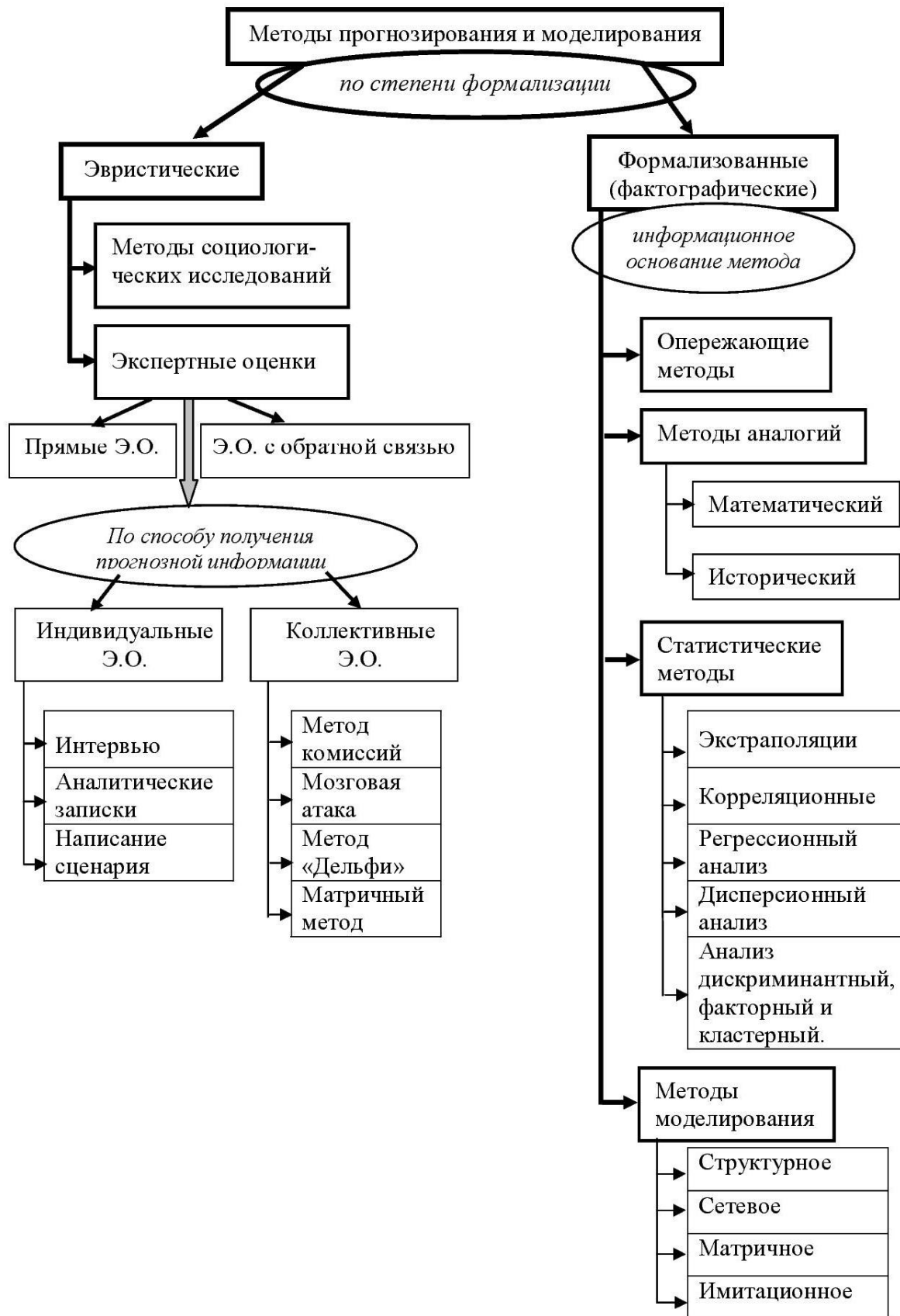


Рисунок 7 – Классификационная схема методов прогнозирования

Таким образом, решена вторая поставленная задача в контексте разработки технологии имитационно-когнитивного моделирования организационных социально-экономических систем.

В третьей главе «Иерархия моделей организации социально-экономических систем для управления комплексной безопасностью» раскрываются еще недостаточно реализованные в теории и на практике возможности системного подхода многоэшелонности и стратифицирования в условиях неопределенности и учета риска человеческого фактора. Предлагается формализация исследования организационной социально-экономической системы, основанная на применении принципов, положений и правил общей теории систем, теории иерархических многоуровневых систем и когнитивного моделирования в соответствии с I и II этапами разработанной технологии, рисунок 4.

Стратифицированное описание структуры СЭС. Отправной точкой определения эшелонов и страт сложной СЭС, является схема ее компонентов в виде направлений и целей развития.

Предлагается обобщенная модель СЭС в виде множества взаимосвязанных подсистем, номенклатура которых следующая: А,В,С,Д,Е,Ф – это модели отвечающие за сектора: население, капитал, загрязнения, производственные ресурсы, политическая напряженность, динамика биомассы; G,Н,...,U – модели экономической и национальной безопасности, развития материального производства, прогнозирования экологических процессов (экологическая безопасность), развитие ИТ и телекоммуникационных технологий для предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, техногенных катастроф, развитие базовых социальных условий, студенческая экономика, образование как сектора экономики, эффективное распределение ресурсов в пределах системы образования, распределение кадров с учетом степени занятости, комплексное проектирование учебных заведений, микро- и макромоделли системы здравоохранения, административное управление, системы городской сферы обслуживания, организация досуга; V,W – моделирование геоинформационных и энергетических систем. Каждая из этих 23 подсистем может раскрываться на множество взаимосвязанных подмоделей и блоков.

В качестве графической модели СЭС для интерпретации структуры СЭС предлагается использовать фигуру, являющуюся совокупностью m -усеченных и/или n -угольных, при $n \geq 2$, пирамид с частью основания, за которое взят эшелон I и вершиной Z, и расположенных «одна в другой», например: ACGZ, BENIZ, KCGHJZ ... и т.п. Значение числа n зависит от конкретно поставленной задачи и глубины ее исследования. Вертикальную линию XZ примем за ось, вокруг которой объединяются подсистемы, рисунок 8. Назовем такие вложенные n -угольные пирамиды с общей вершиной Z – *подпирамидами*.

Множество $(\varphi, >)$ называем иерархией принятия решений, где φ – конечное семейство систем $S_i, i \in I, I$ – конечное множество значений индекса $i, >$ – частично (но строго) упорядочивающее отношение в I , и выполняются условия $i > j$ и $S_i > S_j$. Выделение эшелонов. Множество $\varphi^k = \{S_i: i \in I_k \subset I\}$ называется k -м эшелоном, где $I_k = \{i - \text{минимальный элемент множества } I - [I_1 \cup I_2 \cup \dots \cup I_{k-1}]\}$. Если $X = \times \{V_i: i \in I_x\}$ – входные параметры; $Y = \times \{V_i: i \in I_y\}$ – выходные параметры; $I_x \subset I$ и $I_y \subset I$, при условии $I_x \cap I_y = \emptyset$ и $I_x \cup I_y = I$; V_i – подсистемы, причем $i = 1, \dots, 23$, то СЭС – это $S \subset X \times Y$. Система эволюционирует и связана во времени переходами состояний. Для определения функции времени используется упорядоченное множество моментов времени T .

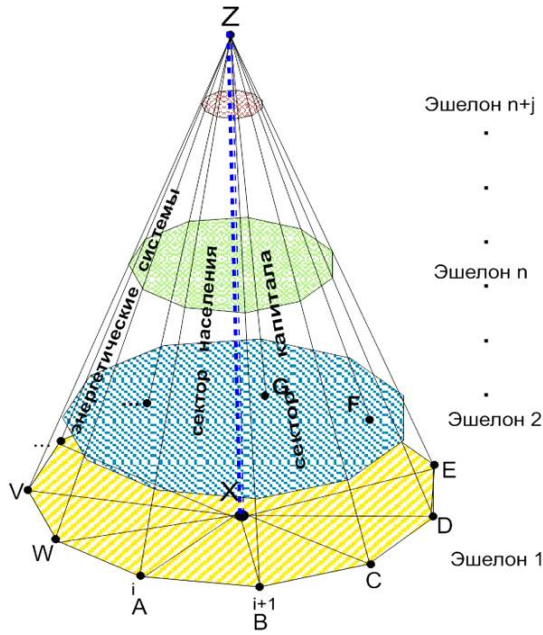


Рисунок 8 – Графическое представление модели СЭС

Представим стратифицированное описание системы S : Если X – множество внешних стимулов: $X = X_1 \times \dots \times X_n, 1 < i < n$; Y – множество откликов: $Y = Y_1 \times \dots \times Y_n, 1 < i < n$, то $S: X \rightarrow Y$, тогда на i – ой страте $\exists(X_i, Y_i), 1 \leq i \leq n$ такая, что:

$$S_i : \begin{cases} X_i \times G_i \rightarrow Y_i & \text{если } i = 1 \\ X_i \times G_i \times W_i \rightarrow Y_i & \text{если } 1 < i < n \\ X_i \times W_i \rightarrow Y_i & \text{если } i = n \end{cases}$$

где $g_i \in G_i$ - вмешательство (воздействие); $w_i \in W_i$ – обратная связь. Семейство S_i - это стратификация S . Для каждой i -ой страты вводятся информационная функция $h_i: Y_i \rightarrow W_{i+1}, 1 \leq i \leq n$ и распределительная функция $c_i: Y_i \rightarrow G_{i-1}, 1 \leq i \leq n$, учитывая, что для $\forall x \in X$ и для $\forall y \in S(x): y_1 = S_1(x_1, c_2(y_2)); \dots, y_i = S_i(x_i, c_{i+1}(y_{i+1}), h_{i-1}(y_{i-1})); \dots, y_n = S_n(x_n, h_{i-1}(y_{i-1}))$.

При этом множество Y_i состоит из откликов i -ой страты, G_i и W_i представляют собой множество стимулов, исходящих $(i+1)$ -ой и $(i-1)$ -ой страт.

Систему S называют полностью стратифицированной, если каждая ее страта $S_i, 1 \leq i \leq n$, такова, что для $\forall (g_i, w_i)$ из $G_i \times W_i$ и любых двух элементов x_i и x'_i из X_i отклик подсистемы S_i не выходит за пределы i -ой страты и выполняются равенства:

$$h_i(S_i(x_i, g_i, w_i)) = h_i(S_i(x'_i, g_i, w_i)), c_i(S_i(x_i, g_i, w_i)) = c_i(S_i(x'_i, g_i, w_i))$$

Будем говорить об устойчивой стратификации, если для некоторых $x \in X, y = S(x)$ при $\forall i: 1 \leq i \leq n, \exists (g_i, w_i)$, для которой выполняется условие:

$$\begin{cases} w_i = h_{i-1}(y_{i-1}), & 1 \leq i \leq n \\ g_i = c_{i+1}(y_{i+1}), & 1 \leq i \leq n, \\ y_i = S_i(x_i, g_i, w_i) & 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

а для $x' \in X$ при $\forall i: 1 \leq i \leq n$ выполняются предыдущие равенства. Требование полной стратификации считается более сильным условием, нежели устойчивость.

Для иерархии важно учитывать и топологическую связность. Пусть иерархия моделей S задается условием отношения: $(A_i, X_i) \in \mu$ тогда и только тогда, когда $X_i \in A_i$, где семейство множеств $A = \{A_i\}_{i=1}^n$ - это покрытие множества X , если

$A_i \in 2^X$ и $X = \bigcup_{i=1}^n A_i$, а отношение μ представлено с помощью матрицы

инцидентности из нулей и единиц. При этом, элементы A_i расположены на $N+1$ уровне, а элементы X – на N -м уровне. Конечность множества X есть условие топологической связности для иерархии.

Графическое представление модели СЭС в виде пирамиды представляет собой логическую сеть, в работе отмечается, что: «естественным является построение на ее основе ситуационной модели управления. Каждое состояние, в котором система может находиться описывается набором качественных признаков y_q . Ими могут быть, например, уровень или темп достижения некоторого качества. Тогда текущая ситуация t обладает набором признаков $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_q\}$, каждый y_q описывается $\langle y_q, T_q, D_q \rangle$ ». Для описания некоторого l -го термина T_q^l используется тройка $\langle T_q^l, D_q, \tilde{C}_q^l \rangle$ с нечетким множеством $\tilde{C}_q^l = \{ \langle \mu_{C_q^l}(d) / d \rangle, d \in D_q \}$.

Нечеткую ситуацию \tilde{S} опишем составной лингвистической переменной $\tilde{S} = \{ \langle \mu_S(y_q) / y_q \rangle, y_q \in Y, \text{ где } \mu_S(y_q) = \{ \langle \mu_{C_q^l}(T_q^l) / T_q^l \rangle, l \in L, q \in Q \}$.

Значение $\{y_q\}$ определяет близость/дальность СЭС к промежуточной цели своего функционирования в момент t

Логико-лингвистическое описание переходов ситуации, в которой находится система, в направлении к желательной промежуточной цели последующего уровня иерархии:

если $\rho_{11}^t, \dots, \rho_{1q}^t$, то $\varphi_{11}^{t+1}, \dots, \varphi_{1g}^{t+1}$, иначе,

.....

если $\rho_{p1}^t, \dots, \rho_{pq}^t$, то $\varphi_{p1}^{t+1}, \dots, \varphi_{pg}^{t+1}$, иначе...

Для процедуры прогнозирования переходов системы из текущего состояния в желаемое, введем обозначения:

Вершина - $v_i(t) \in R$ в моменты $t = 0, 1, 2, \dots, N$.	описывается признаками	с соответствующими лингвистическими переменными	Нечеткие подмножества	Функция принадлежности
Исходная ситуация	q	$\varphi_{n(q)}$	$B_{n(q)}$	$\mu_{B_{n(q)}} \in F(v_{i(q)}(t))$
Последующая ситуация	q+1	$\varphi_{n(q+1)}$	$B_{n(q+1)}$	$\mu_{B_{n(q+1)}} \in F(v_{i(q+1)}(t+1))$

Введем τ , как силу управляющего воздействия, которое может принимать три значения:

$\tau=0$, если дуга u_j между вершинами $\tilde{S}^t, \tilde{S}^{t+1}$ отсутствует,

$\tau=1$, если дуга u_j между вершинами $\tilde{S}^t, \tilde{S}^{t+1}$ отрицательна,

$\tau=2$, если дуга u_j между вершинами $\tilde{S}^t, \tilde{S}^{t+1}$ положительна.

Управление с силой воздействия τ можно представить, как декартово произведение: $\Phi^{\tau(t)} = \mu_{\rho_n} \times \mu_{\varphi_n}$, где $\mu_{\rho_n} = \prod_{q \in Q} \mu_{\rho_{nq}}$ $\mu_{\varphi_n} = \prod_{(q+1) \in G} \mu_{\varphi_{n(q+1)}}$ и использовать для моделирования силы воздействия других классов управлений $\Phi^{\tau(t)} \in \Phi$. С помощью представления, возможен учет неопределенности в силе воздействия среди различных классов управления.

Прогноз перехода системы из текущего состояния в желаемое описывается вектором значений лингвистической переменной

$\varphi' \in v_{i(q+1)}(t+1) : \varphi' = \{\varphi'_{(q+1)^{t=0}}, \dots, \varphi'_{(q+1)^{t=1}}, \dots, \varphi'_{q^{t=n}}\}$ при новом наборе вектора значений входной лингвистической переменной $\rho' = \{\rho'_{q^{t=0}}, \dots, \rho'_{q^{t=1}}, \dots, \rho'_{q^{t=n}}\} \in v_{iq}$. Для выполнения прогноза задействуем нечеткое соответствие $\Phi^{(t)}$ и нечеткие подмножества $\mu_{\rho_i} : v_{i_q}(t) \rightarrow [0,1]$.

С целью сохранения общих тенденций развития СЭС в условиях динамично меняющейся среды, необходимо отслеживать реакцию системы на управляющие воздействия. Изменение состояния СЭС происходят в контролируемые дискретные моменты времени $t = 0, 1, 2, \dots, N$. Полагаем, что промежуточная цель считается достигнутой при некоторой степени близости ситуации, в которой находится система, и желательной промежуточной цели функционирования выше порога включения $t_{inc} \in [0, 6; 1]$.

Пусть имеется цель, которой соответствует нечеткое состояние \tilde{S}_i^t в момент t . Если при заданном пороге нечеткого равенства $\mu(S_i^{t_j}, S_s^{t_j}) \geq t_{inc}$ система близка к предварительно запланированной нечеткой промежуточной цели G^t при наличии предыстории Z^{t-t^1} ее функционирования, то говорим, что цель достигнута. А для достижения состояния \tilde{S}_i^t из состояния предварительно запланированной промежуточной цели G^t , необходимо применить управляющее воздействие определенной силы с целью сохранения изначально запланированной динамики процесса.

Нечеткая промежуточная цель задается в виде класса $\mu_G \in F(S_S^t)$ в каждый рассматриваемый момент t . Нечеткое ограничение на множество альтернатив $\mu_Z \in F(u_j)$, $\{u_j\} = \cup_i \{u_j\}^i$, где $\{u_j\}^i$ - множество управляющих воздействий с силой $\tau=0, 1, 2$ представляется нечетким ограничением на класс управляющего воздействия.

Возможность достижения цели G^t на шкале Ω_N^2 в условиях существования предыстории Z^{t-1} на шкале Ω_N^1 при применении одного из управлений с $\Phi^{(t)}$, моделируемого (1), можно определить как:

$$POSS(G^t | Z^{t-t-1} \circ \Phi^{(t)}) = \sup_{\omega_2 \in \Omega_N^2} \min(\mu_{Z^{t-t-1} \circ \Phi^{(t)}}(\omega_2), \mu_{G^t}(\omega_2)),$$

$$\text{Где } \mu_{Z^{t-t-1} \circ \Phi^{(t)}}(\omega_2) = \sup_{\omega_1 \in \Omega_N^1} \min(\mu_{Z^{t-t-1}}(\omega_1), \mu_{\Phi^{(t)}}(\omega_1, \omega_2)), \forall \omega_2 \in \Omega_N^2.$$

Описанная процедура позволяет: наглядно моделировать силу управляющего воздействия при разных типах связей между предшествующей и последующей целями функционирования

В главе 3 описана разработанная методика построения и анализа многослойных когнитивных моделей, рисунок 9.

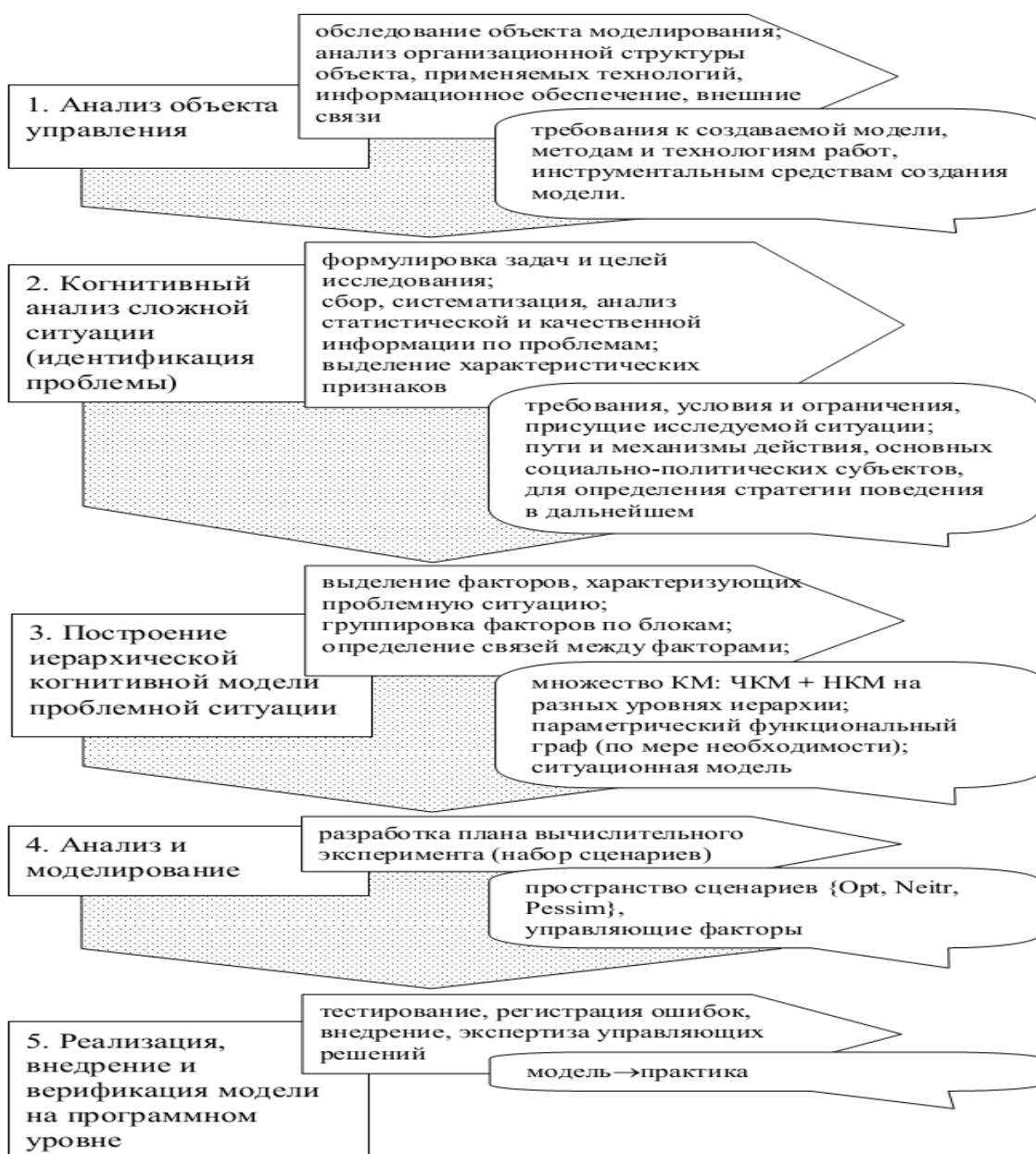


Рисунок 9 – Обобщенная схема методики когнитивного анализа

В главе третьей решена задача разработки комплекса моделей стратифицированного описания СЭС, необходимого для моделирования ее иерархических свойств и разработки управляющих воздействий.

В четвертой главе «Построение нечетких когнитивных моделей и методы их анализа» представлен инструментарий: формализованного описания и анализа НКМ, инструментарий поддержки принятия решений.

Построение многослойной когнитивной модели. Рассмотрим подробнее многоуровневую иерархическую структуру СЭС как совокупность управленческих познавательных карт. Первым шагом будет изображение карты эшелонов в виде вертикальной декомпозиции, где результат работы каждого эшелона есть решения и управляющие воздействия плюс банк задач, которые решаются на различных уровнях иерархии, рисунок 10.

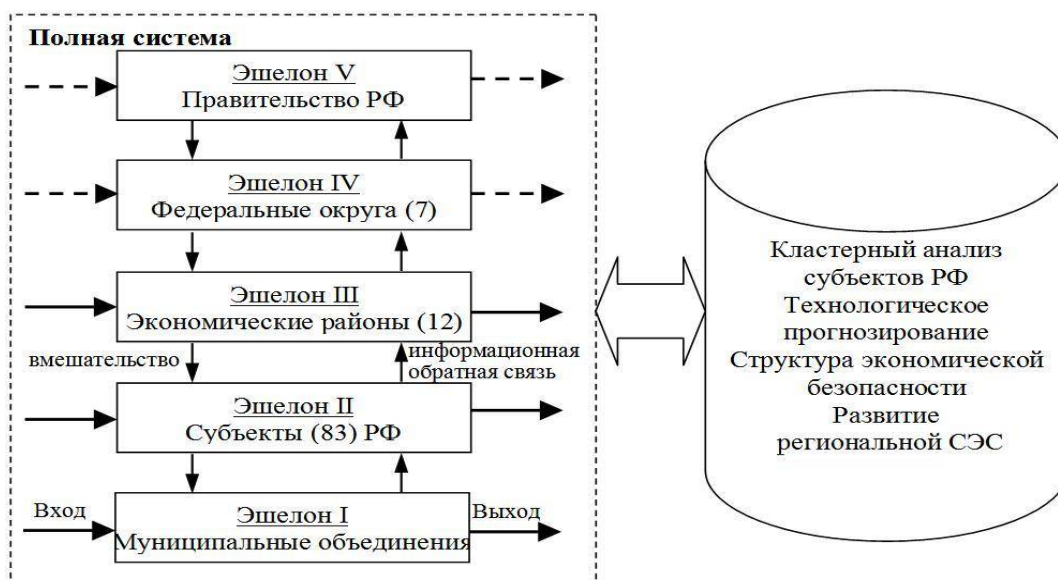


Рисунок 10 – Вертикальное взаимодействие между эшелонами управленческой иерархии с соответствующими задачами

Представим обобщенную модель в виде двухуровневой когнитивной модели регионального социально-экономического механизма, разработанную на основании известной структуры, предложенной А.Г. Гранбергом, рисунок 11.

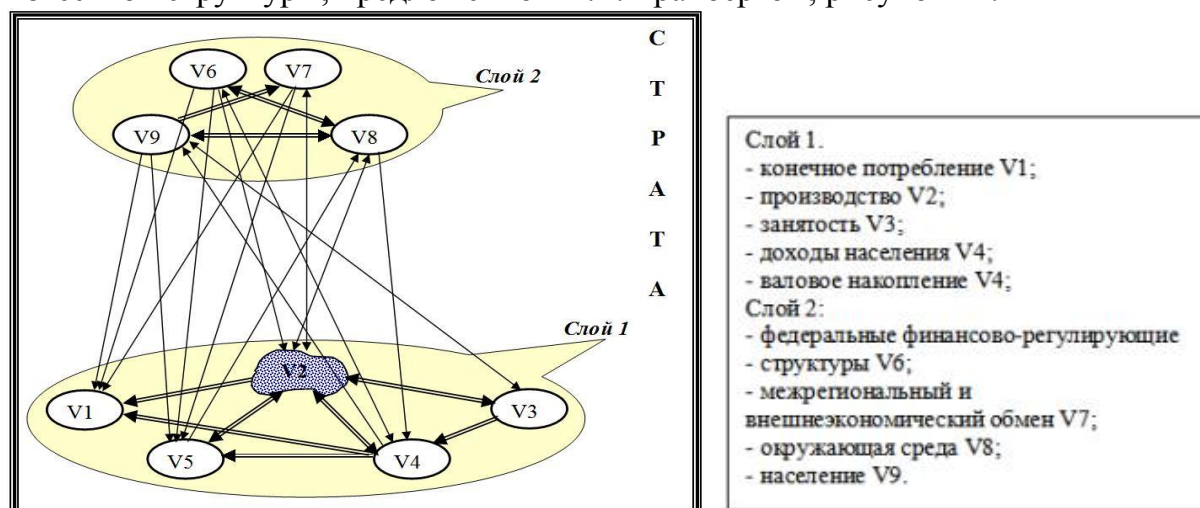


Рисунок 11 – Двухуровневая когнитивная модель регионального социально-экономического механизма

Концепты (вершины) V_i когнитивной карты на рисунке 11, это: блоки региональной инфраструктуры. В процессе исследования были определены силы взаимосвязи между вершинами когнитивной модели в виде лингвистических переменных типа: «сильная связь», «слабая связь».

Для построения системы многослойной иерархии когнитивных карт для региона Ростовская область, была собрана и обработана статистическая информация за первое десятилетие XXI в. для всех блоков $V_1 - V_9$ многослойной когнитивной карты. При построении карты также проводились серии экспертных опросов. Определены индикаторы устойчивого и безопасного развития организационной СЭС.

Инструментарий когнитивного моделирования.

Метод описания НКМ. В отличие от существующих разновидностей НКМ в виде нечетких нейронных сетей, карт В.Б. Силова или нечетких реляционных когнитивных карт (FRM), введено понятие и описаны возможности задания НКМ в

границах аппарата теории нечетких графов. НКМ (или карта) – это нечеткий оргграф, который задается парой множеств $\tilde{G} = (X, \tilde{U})$, где за $X = \{x_i\}$, $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$ – принимается четкое множество концептов, в качестве которых выбираются наиболее существенные для рассматриваемой проблемы факторы, а за множество $\tilde{U} = \{\langle \mu_{ij} \langle x_i, x_k \rangle / \langle x_i, x_k \rangle \rangle\}$ будем принимать нечеткое множество ребер (или дуг), где $\langle x_i, x_k \rangle \in X^2$, а $\mu_{ij} \langle x_i, x_k \rangle$ – степень принадлежности ориентированного ребра $\langle x_i, x_k \rangle$ нечеткому множеству ориентированных ребер \tilde{U} . Для описания связности в НКМ используется матрица смежности $W^T = \{w_{ij}\}_{j \in \{1, 2, \dots, n\}}$, где w_{ij} – вес ребра от вершины i к вершине j . Также НКМ можно задать в виде множества $\tilde{G} = (X, \tilde{\Gamma})$, где $X = \{x_i\}$, $i \in I = \{1, \dots, n\}$, а $\tilde{\Gamma}$ – нечеткое многозначное отображение множества концептов X в себя. Примем, что НКМ можно задать и в виде нечеткого оргграфа 2 рода $\tilde{G} = (\tilde{X}, \tilde{U})$, где \tilde{X} – множество концептов, являющееся нечетким множеством в некотором универсальном множестве X , т.е. $\tilde{X} = \{\langle \mu_x(x)/x \rangle\}$, $x \in X$, $|X| = n$, с функцией принадлежности $\mu_x: X \rightarrow [0, 1]$, а \tilde{U} – нечеткое множество ориентированных ребер (или дуг) определяется как $\tilde{U} = \{\langle \mu_{ij} \langle x_i, x_k \rangle / \langle x_i, x_k \rangle \rangle\}$, $\langle x_i, x_k \rangle \in X^2$, с функцией принадлежности $\mu_{ij}: X^2 \rightarrow [0, 1]$.

Каждый из вышеназванных блоков V_1 – V_9 , рисунок 11, разворачивается в систему взаимосвязанных когнитивных карт. Например, концепт V2 – производство, в свою очередь, также может быть представлен в виде нечеткой когнитивной карты, концепты которой обозначены следующим образом: V21 – добыча полезных ископаемых; V22 – сельское хозяйство; V23 – инвестиции; V24 – транспорт, телекоммуникации и связь; V25 – обрабатывающие производства; V26 – производство и распределение электроэнергии (энергетическая подсистема). Продолжая процесс погружения в проблему, собственно проводя когнитивный анализ сложной системы согласно этапу III методики когнитивного анализа (рис.9) и выстраивая многослойную нечеткую когнитивную модель, покажем, как описать концепт V26 – «энергетическая подсистема» с помощью двухслойной НКК, рисунок 12.

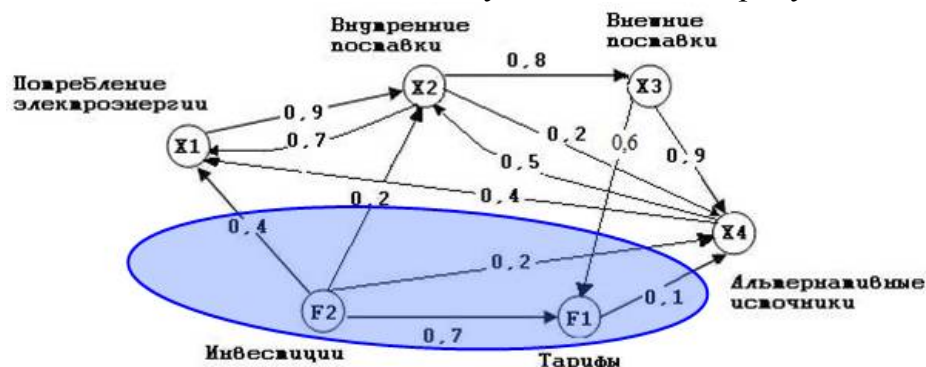


Рисунок 12 – Модель энергетической подсистемы (V26) в виде двухслойной НКК

Для проведения анализа структуры НКК, выделим один слой следующим образом, вершины F1 и F2 объединим в единую, назовем как F – внешние возмущающие факторы: инвестиции, тарифы и др., поступающие с верхнего уровня иерархии. Нижний слой будет представлен совокупностью следующих элементов: X1 – потребление электроэнергии, X2 – внутренние поставки, X3 – внешние поставки, X4 – альтернативные источники; над дугами проставлены знаки влияния, рисунок 13.

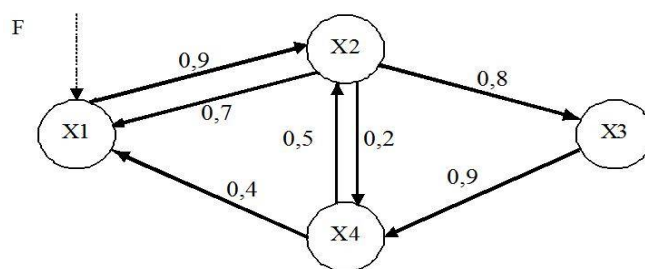


Рисунок 13 – НКК энергетической подсистемы (V26) на одном слое

Согласно теории нечетких графов нечетким ориентированным путем $\tilde{L}(x_i, x_m)$ из вершины x_i в вершину x_m нечеткого орграфа $\tilde{G} = (X, \tilde{U})$ называют направленную последовательность нечетких дуг, ведущую из вершины x_i в вершину x_m и записывают как:

$$\tilde{L}(x_i, x_m) = \langle \mu_U \langle x_i, x_j \rangle / \langle x_i, x_j \rangle, \mu_U \langle x_j, x_k \rangle / \langle x_j, x_k \rangle, \dots, \mu_U \langle x_1, x_m \rangle / \langle x_1, x_m \rangle \rangle$$

Для пути $\tilde{L}(x_i, x_m)$ возможно определение его конъюнктивной прочности

следующим образом: $\mu_{\&}(\tilde{L}(x_i, x_j)) = \bigwedge_{\langle x_\alpha, x_\beta \rangle \in \tilde{L}(x_i, x_j)} \mu_U \langle x_\alpha, x_\beta \rangle$, где операция $\&$ может интерпретироваться в различных нечетких базисах, мы будем использовать минимаксный базис. Например, для НКК, представленной на рисунке 13, концепты $x_1 \rightarrow x_3$ соединены нечетким путем $\mu_{\&}(\tilde{L}(x_1, x_3)) = 0,8$.

В НКК концепт x_2 может быть нечетко достижим из концепта x_1 при условии, что существует ориентированный нечеткий путь $\tilde{L}(x_1, x_2)$. Каждый концепт $x_i \in X$ в нечетком графе $\tilde{G} = (X, \tilde{U})$, достижим сам из себя со степенью достижимости $\gamma(x, x) = 1$. Если $x_1 \neq x_2$, то степень достижимости концепта x_2 из концепта x_1 определяется следующим образом: $\gamma(x_1, x_2) = \max_{\alpha} (\mu(\tilde{L}_{\alpha}(x_1, x_2)))$, $\alpha = 1, 2, \dots, p$, где p – число различных кратчайших ориентированных путей из концепта x_1 в x_2 . Например, для НКК, представленной на рисунке 13, концепт x_1 нечетко достижим из концепта x_4 , при этом величина $\gamma(x_4, x_1) = \max\{(0,5 \& 0,7), 0,4\} = \max\{0,5; 0,4\} = 0,5$. Это означает, что со степенью не менее 0,5 концепт x_1 будет достижим из концепта x_4 . Для разработки управленческого решения, степень 0,5 будем считать достаточно удовлетворительной, таблица 1.

Таблица 1 – Определение уровня прочности взаимосвязи

Значение	Определение уровня прочности	Управленческое решение эксперта
[0;0,3]	Минимальная прочность	Укрепить связь
[0,4;0,7]	Прочность достаточна	Мониторинг ситуации
[0,8;1,0]	Максимальная прочность	Ничего не менять

Понятие нечеткой достижимости является базой для построения нечеткой матрицы степеней достижимости N НКК, содержащей степени достижимости для всех пар концептов НКК $\tilde{G} = (X, \tilde{U})$ следующим образом: $N = \|\| \gamma_{ij} \|\|_n$, где $\gamma_{ij} = \gamma(x_i, x_j)$, $x_i, x_j \in X$.

Как известно, моделирование развития ситуаций на КМ проводится шагами (тактами) путем внесения возмущений (импульсов) в вершины карты. Если в одной из вершин задается возмущение, то оно влечет за собой изменение показателей на всех остальных вершинах по цепочке, усиливаясь или затухая. Эта вершина

актуализирует всю систему показателей, поэтому ее называют активной или *активизирующей*. Если таких вершин несколько, то имеем дело с *комплексным импульсом*, значения в других вершинах будут меняться с каждым шагом имитации t , для проведения вычислительного эксперимента *предлагается* постановка и использование импульсного процесса в условиях нечеткости согласно $V(t) = V(ucx) + (I \vee N \vee N^2 \vee N^3 \vee N^4 \vee \dots \vee N^t)^T \& P(0)$, где N – матрица достижимости или $V(t) = V(ucx) + (I \vee \tilde{L} \vee \tilde{L}^2 \vee \tilde{L}^3 \vee \tilde{L}^4 \vee \dots \vee \tilde{L}^t)^T \& P(0)$, где $\tilde{L}(x_i, x_m)$ – нечеткий путь. А для исследования динамики развития модели ЛПР предлагается использовать набор продукционных правил:

$$\left. \begin{array}{l} \text{П}_{r1}: \text{если } x'_{1i} \text{ есть } A_{r1} \text{ и } x'_{2i} \text{ есть } A_{r2} \text{ и } \dots \text{ и } x'_{l2i} \text{ есть } A_{rl2}, \\ \text{то } y_i = \sum_{j=1}^l p_{rj} y_{i-j} + \sum_{j=l+1}^{l+l_1} p_{rj} u_{i-j+(l+1)}, \\ \text{П}_{r2}: \text{если } x_{l+l_1+1i} \text{ есть } A_{r1} \text{ и } x_{l+l_1+2i} \text{ есть } A_{r2} \text{ и } \dots \text{ и } x_{l+l_1+l_2i} \text{ есть } A_{rl2}, \\ \text{то } y_i = \sum_{j=1}^l p_{rj} y_{i-j} + \sum_{j=l+1}^{l+l_1} p_{rj} u_{i-j+(l+1)}, \end{array} \right\}$$

где $r=1, 2, \dots, m$ – номера нечетких продукционных правил, $\bar{x}' = x'_1, x'_2, \dots, x'_{l_2} \bar{\Gamma}$, A_{rj} – заданные нечеткие числа, p_{rj} – заданные параметры.

На основании вышеизложенного материала предлагается следующий алгоритм описания нечеткой когнитивной модели (карты), рисунок 14.

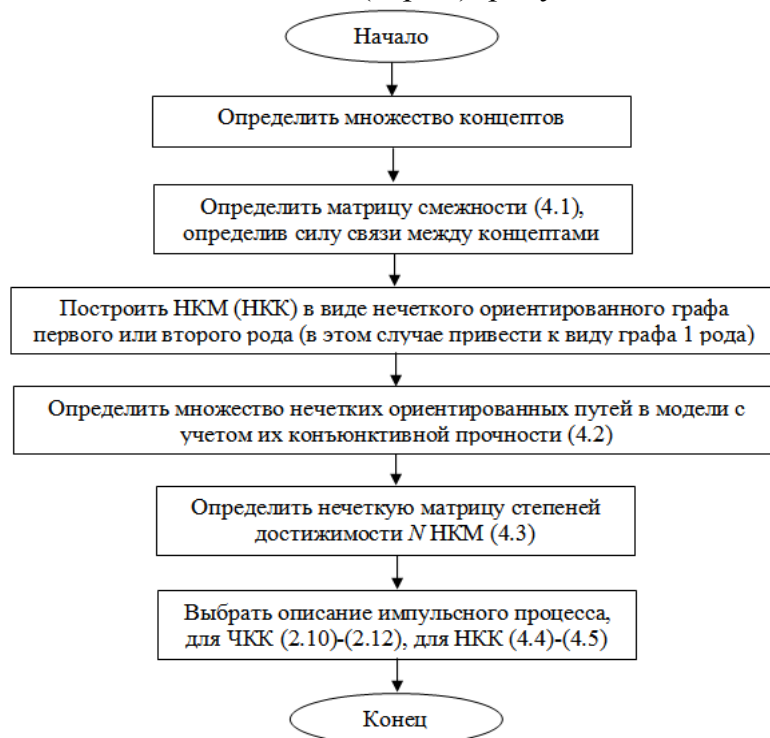


Рисунок 14 – Алгоритм описания нечеткой когнитивной модели

Вычисление ценности концептов НКК. Изобразим нечеткую познавательную модель (далее карту, НКК) моделирующую систему как сеть с одним слоем, рисунок 15, за основу возьмем слой 1 из рисунка 11 страты эшелона II (рис. 10). В работе описана процедура вычисления ценности концептов НКК, что может быть оценено как вычисление значений нечетких концептов для НКК, описанной нечетким орграфом 2го рода.

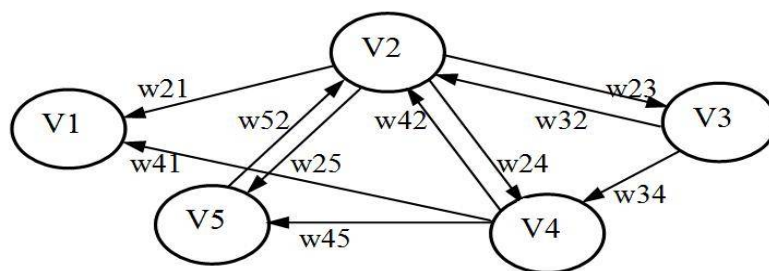


Рисунок 15 – Общее представление НКК

Описанный подход использует два вида пороговой функции для учета положительной и отрицательной динамики в изменении концепта.

Инструментарий анализа НКМ.

Методика нахождения простых и комплексных активизирующих вершин для импульсного моделирования. Для проведения процедуры импульсного моделирования, необходимо определиться с активизирующими вершинами. Предлагается, в качестве таковых использовать нечеткие базы нечетких орграфов. Тогда множеством *активизирующих вершин* для НКМ назовем множество нечетких баз $\tilde{B}_X = \{ \langle \alpha_{X_1}^{\max} / 1 \rangle, \langle \alpha_{X_2}^{\max} / 2 \rangle, \dots, \langle \alpha_{X_n}^{\max} / n \rangle \}$. Например, для НКМ V26 (рис. 13), множество активизирующих концептов: $\tilde{B}_X = \{ \langle 1/4 \rangle, \langle 0,9/2 \rangle, \langle 0,8/1 \rangle \}$.

Отметим, что импульс может быть как простым, так и комплексным. Для приведенного примера имеет смысл в качестве простой активизирующей вершины выбрать концепт $x1$, и это значит, что импульс распространится во все остальные вершины со степенью достижимости не менее $0,8$. Комплексным импульсом может быть множество, например, из четырех вершин $x1x2x3x4$, и если мы запустим комплексный импульс, то это будет означать, что он распространится со степенью достижимости всех концептов не менее $1,0$. Данная методика применена для проведения вычислительного эксперимента, ряд которых описан в главе 5 для нахождения простых и комплексных активизирующих вершин при импульсном моделировании.

Анализ структурной устойчивости нечеткой когнитивной модели.

Под *структурной устойчивостью НКМ* будем подразумевать степень живучести нечеткого орграфа $\tilde{G} = (X, \tilde{U})$, которая может быть определена через степень сильной связности в случае выполнения условия: $(\forall x_i \in X)(S_{\tilde{\Gamma}(x_i)} = X)$, где

$\tilde{\Gamma}(x_i)$ - нечеткое транзитивное замыкание. Данный подход может быть использован для исследования структурной устойчивости системы с помощью нахождения живучести нечеткого орграфа. В качестве продолжения анализа, можно найти все сильно связанные нечеткие подграфы для исходной НКК, что будет ответом на вопрос о связности НКК.

Для целей когнитивного моделирования СЭС важна интерпретация полученного значения, и нас интересует каков уровень устойчивости. Будем считать, что если величина степени живучести находится в интервале $[0;0,1]$ – система скорее неустойчива, если в интервале $[0,2;0,3]$ - это слабая устойчивость системы, $[0,4;0,8]$ – средняя устойчивость системы, $[0,9;1,0]$ – система скорее устойчива.

Рассмотренный подход *предлагается использовать* для построения графовой модели и формальной процедуры исследования структурной устойчивости системы с помощью нахождения живучести нечеткого ориентированного графа.

Инструментарий поддержки принятия решений.

Методика перехода между уровнями нечеткой когнитивной модели для достижения эталонной ситуации в многоуровневых СЭС основана на сравнении нечетких интервалов.

Для достижения эталонной ситуации путем перехода между уровнями НКМ необходимо последовательно решить следующие задачи.

31. Определить, является ли текущее положение ситуации \tilde{C}_0 достаточно близким по качеству к эталонной ситуации \tilde{C}_k . Если да, то «ничего не менять».

32. Определить, имеется ли отклонение по некоторому признаку u_q и какое, от значения u_q в эталонной ситуации \tilde{C}_k в рассматриваемый момент времени. Если «да», то разработать и применить максимизирующее управление. По возможности определить, какое из максимизирующих управлений применимо для устранения отклонения от эталонной промежуточной цели.

33. Провести моделирование силы управляющего воздействия, позволяющего осуществить переход из ситуации в ситуацию на разных уровнях НКМ.

Для решения задач, предлагается следующий порядок.

Шаг	Действие	Значение
1	Представить на единичном интервале	$\tilde{C}_0^{t_j}$ и $\tilde{C}_k^{t_j}$
2	Построить α - уровневые множества	$C_{Q\alpha}$ и $C_{k\alpha}$ по результатам шага 1
3	Рассчитать средние величины	$M(\tilde{C}_k^{t_j})$
4	Определить функции упорядоченности	$F(\tilde{C}_0^{t_j})$ и $F(\tilde{C}_k^{t_j}) = \int_0^{\rho_{\max}} M(\tilde{C}_k^{t_{j+1}}) d\rho$,
5	Сравнить для выявления большего	$F(\tilde{C}_0^{t_j})$ и $F(\tilde{C}_k^{t_j})$

Определение альтернативных управляющих решений. Пусть целевая подсистем S_i , характеризуется 10 признаками, и, соответственно, имеет 10 исходов ω , представленных в виде нечетких интервалов. Каждый исход аппроксимируется S -образной функцией принадлежности, тогда для каждой нечеткой оценки исхода

введем показатель полезность ω_π и обозначим как $v_\pi = U(\omega_\pi)$, где v_π есть нечеткое подмножество отрезка $[0,1]$ с функцией принадлежности: $\mu_{v_\pi}(u) = \sup_{\substack{U(\omega)=u \\ \omega \in \Omega}} \mu_{v_\pi}(\omega)$, $u \in [0,1]$. Опишем алгоритм разработки альтернативных

управляющих решений:

Шаг 1. Составить таблицу соответствия результата экспертного опроса о силе воздействия управляющих решений в одном классе полезности.

Шаг 2. Обработать данные экспертного опроса и составить таблицу соответствия о полезности управляющих решений

Шаг 3. Рассчитать среднее арифметическое значение полезности по каждому управляющему решению, \overline{UP}_i .

Шаг 4. На основании рассчитанных данных \overline{UP}_i в п.3 построить график зависимости $v(\omega)$. Провести процедуру сведения исходов на единую ось с использованием масштабирующих коэффициентов, если они были представлены на осях различной размерности.

Шаг 5. Определить значения функции полезности.

Шаг 6. Определить нечеткие интервальные оценки полезности v_{oi}^2 .

Шаг 7. Сопоставить полученные нечеткие оценки полезности исходов с предполагаемыми исходами окружающей среды, в результате, получится классический случай игры с двумя игроками.

Разбить полученные решения с целью выделения двух групп четко доминирующих тактик в соответствии с использованием агрессивной или консервативной политик управляющих решений, для чего воспользоваться критериями *Maxmin* и *Minmax* для ЛПР a^1 в условиях окружающей среды a^2 .

Если решением по критерию явились 2 и более интервалов, то переходим к п.8. для выбора единственного.

Шаг 8. Для выбора одной тактики применим алгоритм сравнения нечетких множеств, описанный в работе.

Далее, в зависимости от выбранной политики определяется управляющее решение. Если ЛПР выбирает консервативный путь, то выбирается решение по критерию *Maxmin*, которое можно назвать пессимистическим, при агрессивной политике рассматривается решение, найденное по критерию *Minmax*, и его будем считать оптимистической тактикой.

В работе описан алгоритм принятия решения по управлению желаемой динамики на уровнях иерархии, состоящий из 23 основных шагов и ряда «подшагов». В силу ограничения объема автореферата, не приводится. Однако следует отметить его особенности.

Алгоритм позволяет работать с вершинами нечеткой ситуационной сети и текущим состоянием управляемой системы, описанным в виде нечетких интервалов. Оптимальность найденного решения обеспечивается за счет того, что при выполнении прогноза учитывается полная предыстория процесса управления. Алгоритм претендует на достижение решения за конечное время, а его отличительной чертой является возможность уточнения решения в ходе самого решения, что позволяет соотнести его с эволюционным моделированием. В качестве цели возможно использовать не единственное, а набор альтернативных решений, а эталонное состояние определять как набор признаков. Интервальное оценивание учитывает показатели различной природы, силу связи и позволяет проводить качественный анализ.

В главе четвертой решена задача разработки инструментария когнитивного моделирования СЭС и ее подсистем, необходимого для построения моделей СЭС в виде многослойных четких и нечетких когнитивных моделей (НКМ), позволяющий исследовать структурные и динамические свойства СЭС в условиях неопределенности.

Глава 5 «Разработка управленческих решений для обеспечения комплексной безопасности в социально-экономических системах на основе имитационно-когнитивной технологии» посвящена описанию практических решений, полученных в результате применения разработанной технологии для разработки наилучших сценариев безопасного и устойчивого развития региональных СЭС на примере РО.

При использовании когнитивных технологий для построения моделей подсистем региональных СЭС, в данной работе, за основу взяты системные решения, определяющие стратегию развития и приоритетные задачи Российской Федерации на период до 2030 года. В результате анализа этих решений, были выделены *приоритетные векторы* развития страны в целом и ее социально-экономической составляющей в частности: демографическое развитие; развитие науки, технологий и инноваций; инвестиции; цены и тарифы; электроэнергетика и энергоснабжение; развитие агропромышленного комплекса; территориальное развитие, в т.ч. на Юге

России; уровень жизни населения. Элемент «экономическая безопасность» является *связующим звеном проведенной исследовательской работы*, ее графическая модель в виде подпирамиды (как части модели социально-экономической системы) представлена на рисунке 16.

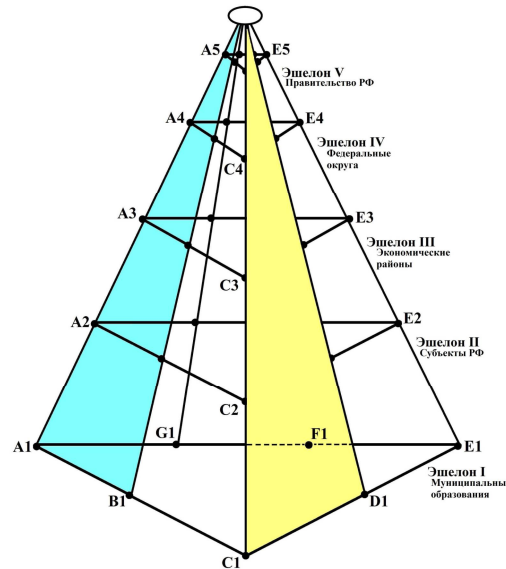


Рисунок 16 – Подпирамида «Устойчивое и безопасное развитие региональных СЭС»

Элементы А,В,С,Д,Е,Ф,Г, есть не что иное, как проявление приоритетных векторов развития страны, таблица 2.

Таблица 2 – Соответствие элементов системы комплексной экономической безопасности, приоритетных векторов развития РФ и моделирования подсистем региональных СЭС

Элементы системы комплексной экономической безопасности, рисунок 5.1	Приоритетный вектор развития РФ (в авторской формулировке)	Моделирование подсистем региональных СЭС	Эшелон
1. Правовая безопасность. 2. Силовая безопасность. 3. Информационная безопасность. 4. Кадровая и интеллектуальная. 5. Технико-технологическая безопасность. 6. Финансовая безопасность. 7. Экологическая	1. Демографическое развитие.	Иерархическая структура системы экономической безопасности п.5.1	I-V
	2. Развитие науки, технологий и инноваций.	Когнитивное моделирование межгосударственного взаимодействия п.5.2	V
	3. Инновации и инвестиции.	Кластерный анализ состояния субъектов РФ [62]. Моделирование состояния российского банковского сектора методами факторного и кластерного анализа [61]	IV
	4. Цены и тарифы.	Технологическое прогнозирование развития нанотехнологий [77]	IV, V
	5. Электроэнергетика и энергоснабжение.	Когнитивное моделирование развития демографической ситуации п.5.4.1	II
	6. Развитие агропромышленного комплекса.	Разработка прогноза развития сельского хозяйства с помощью импульсного моделирования п.5.4.2	II
	7. Региональное развитие, в т.ч. на Юге России.	Применение технологии когнитивного анализа для выработки тарифной политики в сфере энергетики п.5.4.4	II
	8. Уровень (качество) жизни населения.	Построение импульсной модели развития энергетической системы с целью стратегического управления п.5.4.3	II
		Определения кадастровой стоимости земель [75]	I
		Совершенствование системы функционирования организационной структуры обеспечения безопасности АЭС п.5.3	II

Разработанные модели подсистем региональных СЭС подробно описаны в главе 5 представленной работы. Приведем описание некоторых.

Для исследования структуры модели комплексной безопасности региональной СЭС разработана следующая НКМ, рисунок 17.

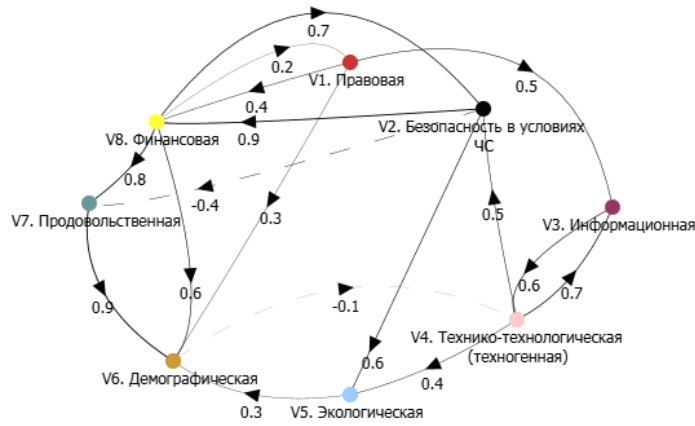


Рисунок 17 – НКК структуры комплексной безопасности региональной СЭС

В НКК включены следующие составляющие региональной безопасности: V1 – правовая, V2 – безопасность в условиях ЧС, V3 – информационная, V4 – технико-технологическая (техногенная), V5 – экологическая, V6 – демографическая, V7 – продовольственная, V8 – финансовая.

Анализ разработанной НКК, проведенный с применением описанных в главе 4 методик показывает следующее: модель устойчива. Был разработан план вычислительного эксперимента в соответствии с экспертным анализом реальной действительности, фрагмент плана приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Фрагмент плана вычислительного эксперимента

Сценарий	Импульс	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
1	$q_2=+1$		+1						
2	$q_{1,2,3}=+1$	0,3	0,5	0,2					
3	$q_{1,2,3,4,5}=+1$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
4	$q_4=+1$				+1				
...	...								

На рисунке 18 приведены некоторые результаты импульсного моделирования.

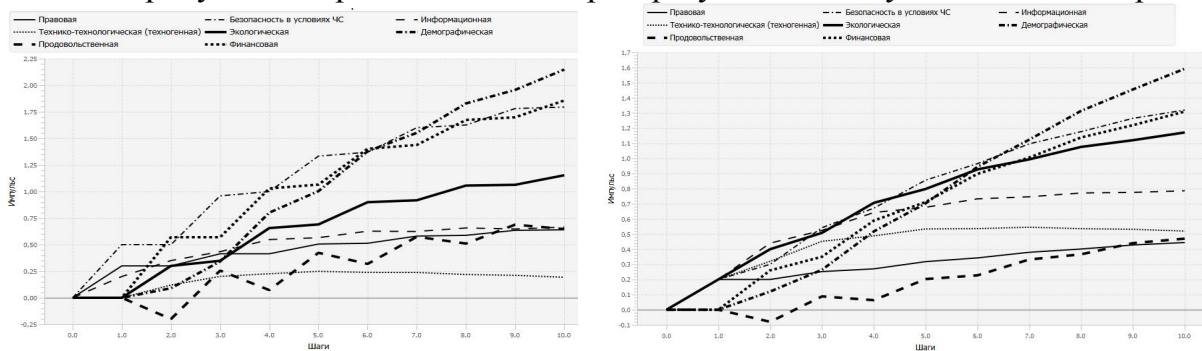


Рисунок 18 – Сценарий 2 и 3

Применение сценариев 2 и 3 позволяет сделать предварительный вывод, даже небольшое, но равномерное усиление комплекса v1,v2,v3 или v1,v2,v3,v4,v5 даст стабильное улучшение ситуации как в средне и так и в долгосрочной перспективе

Когнитивное моделирование межгосударственного взаимодействия (межгосударственная безопасность). Построена многослойная нечеткая когнитивная модель взаимодействия стран для выявления «положительных» и «отрицательных» путей между ними, рисунок 19а). В качестве вершин взяты отдельные федеральные округа европейской части РФ и ряд стран кавказской и каспийской площадок, имеющих общую сухопутную границу с РФ. Выделенные цветом слои на модели

позволяют представить ее в сгруппированном виде, более удобном для проведения анализа и построения прогноза развития, рисунок 19б).

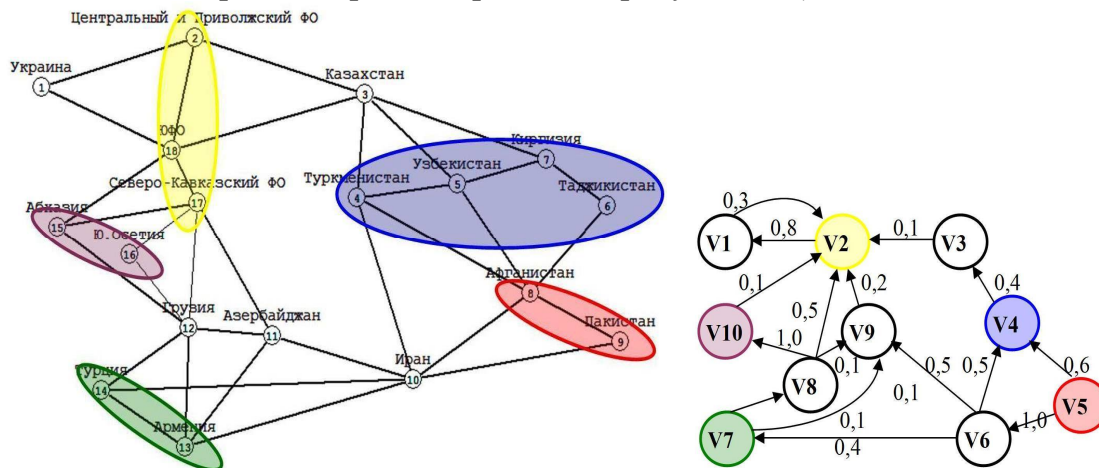


Рисунок 19 а (слева) и б (справа) – Многослойная нечеткая когнитивная модель взаимодействия стран региона

Модель проанализирована на устойчивость. Построена матрица смежности и рассчитана матрицу достижимости. Если речь идет о «положительных» связях между странами, например сотрудничество в области культуры и искусства, развитие туризма, то из матрицы достижимости надо выбирать пути (максимально законные), уровень прочности (п.4.2, таблица 4.2) которых, находится в интервале $[0,5; 1,0]$. Если речь идет о выработке мер по борьбе с наркотрафиком, то из матрицы достижимости надо выбирать пути, уровень прочности которых, находится в интервале $(0; 0,5]$ и разрабатывать меры по укреплению выявленных «слабых» границ. Анализ рассчитанной матрицы достижимости показывает, что, прежде всего, необходимо разрабатывать мероприятия по организации действенных полноценных границ в отношении границ с Казахстаном, что подтверждается информацией из открытых официальных информационных источников и доказывает соответствие модели реальной ситуации.

С целью реализации основополагающего принципа развития народного хозяйства – обеспечение безопасности жизнедеятельности, разработана НКМ для анализа и определения путей совершенствования системы функционирования организационной структуры обеспечения безопасности атомной электростанции (АЭС), рисунок 20. расшифровка обозначения концептов приведена в работе.

Для проведения автоматизированного анализа структуры НКК, анализа устойчивости и нахождения активизирующих вершин применялся инструментарий, описанный в главе 4 и разработана программа Matrix.

Проведен вычислительный эксперимент, фрагмент плана которого приведен в таблице 4, а фрагмент результатов и анализ в таблице 5.

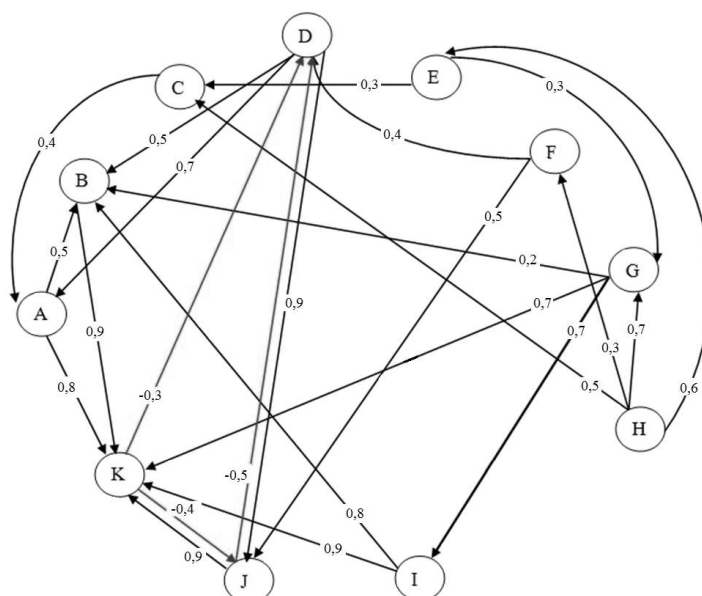


Рисунок 20 – Когнитивная модель организационной структуры управления АЭС

Таблица 4 – Фрагмент плана вычислительного эксперимента

Сценарий	Возмущение	Вершины										
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
Сценарий № 1	$q_3 = 10, q_4 = 10$ $q_6 = 10, q_8 = 10$			10	10		10		10			
Сценарий № 2	$q_1 = 10, q_6 = 10$ $q_8 = 10$	10					10		10			
...	...											
Сценарий № 10	$q_5 = -10, q_8 = -10$					-10			-10			

Таблица 5 – Результаты анализа возможных сценариев развития ситуаций, фрагмент

Сценарий	Возмущение	Значения в вершинах											Вывод
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	
1	$q_3 = 10, q_4 = 10$ $q_6 = 10, q_8 = 10$	↑	↑	↑	≈	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑↑↑	Положительный
2	$q_1 = 10, q_6 = 10$ $q_8 = 10$	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	≈	↑↑↑	Нейтральный
...	...												
10	$q_5 = -10, q_8 = -10$	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓↓↓	Отрицательный

Обозначения: ↑ увеличивается (↑↑↑ резкое увеличение); ↓ уменьшается (↓↓↓ резкое уменьшение);

↔ практически не меняется, на уровне начального; ≈ колеблется (небольшое увеличение / уменьшение), но в итоге – почти на том же уровне

Полученные результаты дают возможность сформировать управленческие рекомендации по развитию организационной структуры АЭС и учесть возникновение появления проблем в результате тех или иных возмущений, таблица 6.

Важно отметить, что метод когнитивного моделирования позволяет выделить факторы и связи между ними, ранее не учитывающиеся в существующих моделях ввиду предположения об их несущественности и/или неучтенности. Применение когнитивного подхода на основе НКМ позволяет выявлять оптимальные пути совершенствования организационной структуры обеспечения безопасности на АЭС.

Таблица 6. Управление (рекомендации)

Сценарии	Вывод	Управление (рекомендация сценария)	Примечание
1	Положительный	Реализовывать	Степень достижимости (распространения) импульса по всем вершинам = 0,6
3	Положительный	Реализовывать	Степень достижимости (распространения) импульса по всем вершинам = 0,5
2, 4, 5	Нейтральный	Не реализовывать	Затраты на реализацию будут, а улучшения ситуации практически нет.
6, 7, 8, 9, 10	Отрицательный	Не реализовывать	Ухудшается состояние всех элементов структуры, что в совокупности может привести к дезорганизации

Когнитивное моделирование комплексной безопасности на примере региональной социально-экономической системы. Рассматриваются три системообразующие подсистемы: «Демография», «Сельское хозяйство (с/х)» и «Энергетическая подсистема» на примере Ростовской области (РО).

Построена когнитивная модель и проведен анализ подсистемы «Демография», в результате стало ясно, что для преодоления демографического кризиса, необходимо, прежде всего, увеличивать инвестиции в экономическую и социальную инфраструктуры. Для оценки результатов такого решения проводится исследование импульсных процессов на КК. Особенностью примененной модели является «преобразование» исходных данных в двоичный вид, что приводит к искажению полученного решения. Для устранения этой проблемы предлагается использовать в качестве данных для расчетов импульсного процесса данные статистики в натуральном выражении.

Построена когнитивная модель, рисунок 21 с целью разработки и выбора управленческого решения по инвестированию отдельных отраслей с/х области.

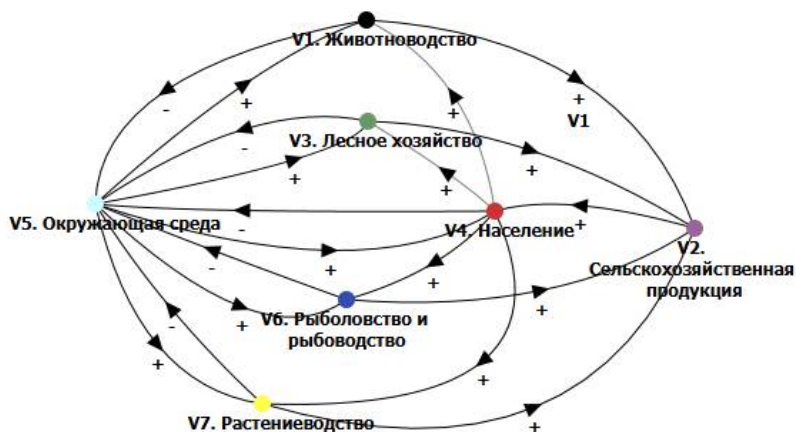


Рисунок 21 – Четкая КМ эколого-социально-экономической системы РО

Были проанализированы экономические показатели различных секторов с/х за 20-ти летний период, и выявлены наиболее распространенные и развивающиеся концепты: растениеводство и животноводство, которые положены в основу КК.

Для разработки решений по инвестированию, были рассмотрены три стратегии, содержащие по пять сценариев вложения инвестиций и проведено импульсное моделирование, после которого отображены наиболее перспективные стратегии, рисунок 22.

	через 1 год	через 2 года	через 3 года
при вложении инвестиций во все отрасли сельского хозяйства одновременно	4	8	-4
при вложении инвестиций в одну из отраслей сельского хозяйства	1	2	-1
при вложении инвестиций в охрану окружающей среды и во все отрасли сельского хозяйства одновременно	4	12	8
при вложении инвестиций в одну из отраслей сельского хозяйства и в охрану окружающей среды	1	6	11
при вложении инвестиций в охрану окружающей среды , рост трудовых ресурсов и во все отрасли сельского хозяйства	4	16	12
при вложении инвестиций в одну из отраслей сельского хозяйства, в охрану окружающей среды и в рост трудовых ресурсов	1	10	15

Рисунок 22 – Объем продукции с/х (в условных единицах) по отобранным стратегиям

В среднесрочной трехлетней перспективе, наиболее выгодным является вариант вложения инвестиций в одну из отраслей сельского хозяйства, плюс частичное инвестирование в охрану окружающей среды и в рост численности сельского населения, в результате чего прогнозируется увеличение объема сельскохозяйственной продукции на 15 условных единиц.

Построена когнитивная модель для формирования тарифов на энергию для населения с выделенными для данного процесса значимыми факторами, рисунок 23. Когнитивный анализ процесса тарифообразования сопровождается STEPLE-анализом для структуризации знаний об исследуемой ситуации.

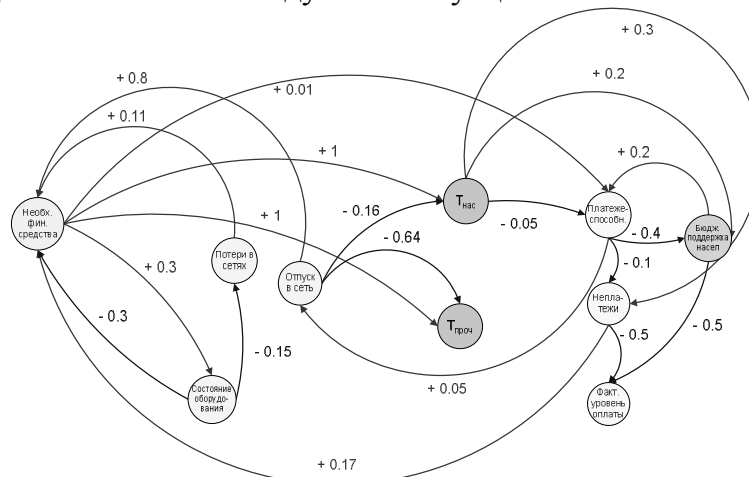


Рисунок 23. – Фрагмент когнитивной модели формирования тарифов на энергию для населения

Был проведен анализ взаимовлияния факторов формирования тарифов на энергию для населения. В качестве внешнего импульса выступает ежегодный рост цены на топливо, приводящий в среднем к 10% изменению необходимых для производства энергии средств; и модернизация оборудования энергетической сферы на 10%. Влияние этих импульсов на уровень жизни населения оказался незначительным, что и обосновывает ежегодное поднятие тарифов в пределах до 15%. Рассмотрены две стратегии развития, в рамках которых анализируется по шесть сценариев развития. Разработанная модель была применена для оценки последствий долгосрочного инвестирования, как следствие, стратегического развития региона на пять лет.

Акцентируя внимание на наиболее важные, показатели: окружающая среда и население и руководствуясь принципом рентабельности, получили наиболее выгодные возможности вложения средств, это стратегии:

- 1.1. инвестиции, направленные на охрану окружающей среды;

1.4. инвестиции, комплексно направленные на охрану окружающей среды и на модернизацию крупных предприятий;

1.6. инвестиции, комплексно направленные на охрану окружающей среды, на модернизацию электростанции и инвестиции, направленные на увеличение численности населения.

Итогом проведенного исследования являются следующие результаты. Разработаны когнитивные модели для анализа подсистем СЭС РО; модели проанализированы на устойчивость и скорректированы с учетом результатов анализа; разработан программный модуль для автоматизации проведения импульсного моделирования; проведено импульсное моделирование одиночными и комплексными импульсами; разработаны оптимальные стратегии развития подсистемы с учетом инвестиций для устойчивого развития экономики региона.

Результаты данных аналитических расчетов могут использоваться органами власти РО для разработки обоснованных управленческих решений с целью безопасного и устойчивого социально-экономического развития региона.

В заключении представлены основные результаты и выводы по работе.

В приложениях приведены копии актов внедрения и свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, фрагменты листинга разработанных программных модулей «GraphTask» и «Matrix».

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основной научный результат диссертационной работы заключается в решении актуальной, имеющей важное научное и практическое значение задачи разработки технологии моделирования региональных СЭС на основе имитационно-когнитивного подхода и многослойных НКМ, предназначенной для выработки научно-обоснованных управленческих решений с целью устойчивого и безопасного развития СЭС. В процессе проведенных исследований получены следующие научные результаты.

1. Определены принципы, которые должны быть заложены в модель социально-экономической системы, отличающиеся учетом риска человеческого фактора.
2. Разработана классификационная схема методов моделирования и прогнозирования поведения организационных систем типа СЭС на основе когнитивного подхода, которая отличается учетом междисциплинарности.
3. Предложен имитационно-когнитивный подход для исследования поведения организационных систем, проблемы которых слабоструктурированы; что позволяет наполнить инструментарий когнитивного моделирования многообразием существующих методов, моделей и алгоритмов на разных стадиях исследования, реализуя многомодельный подход.
4. Разработана технология имитационно-когнитивного моделирования организационных социально-экономических систем, отличающаяся наличием: многослойных четких и нечетких когнитивных моделей, процедур фазификации и дефазификации, инструментария поддержки принятия решений, что позволяет получить формализованные научно-обоснованные управленческие решения по обеспечению комплексной безопасности и устойчивого развития социально-экономических систем. В частности.
 - 4.1 Определены и раскрыты основные этапы технологии в виде укрупненного алгоритма имитационно-когнитивного моделирования организационных СЭС.
 - 4.2 Разработаны и описаны метамодель и метаматрица СЭС в теоретико-множественном представлении, отличающиеся наличием четких и нечетких моделей.

- 4.3 Разработана и описана методика структурного анализа иерархии когнитивных моделей, разработан и представлен алгоритм методики, отличающаяся наличием совокупности правил проверки модели на устойчивость, связность, живучесть.
- 4.4 Предложено анализировать свойство чувствительности модели с использованием теории нечетких множеств, что позволит получить близкие к реальности описания изменяющихся ситуаций в СЭС в условиях неопределенности разного рода и риска человеческого фактора.
5. Разработана и описана модель многоэшелонной социально-экономической системы из совокупности взаимосвязанных подсистем (выделено 23 подсистемы) с учетом эшелонов, страт и слоев, что отличает ее от существующих моделей иерархического представления организационных систем; введено понятие подпирамиды, предложена авторская графическая интерпретация модели социально-экономической системы. Что позволило структурно отразить многообразие подсистем СЭС.
6. Предложено теоретико-множественное представление многоэшелонной модели социально-экономической системы с учетом многослойной системы принятия решения. В том числе, описана нечеткая ситуационная модель управления СЭС, отличающаяся наличием процедуры прогнозирования переходов системы из текущего состояния в желаемое, что позволяет формировать управляющее воздействие в условиях неопределенности.
7. Предложена методика построения и анализа многослойных когнитивных моделей, отличающаяся от методики когнитивного анализа, разработанной в ИПУ РАН наличием совокупности четких и нечетких моделей на разных уровнях иерархии, что позволяет снизить риск человеческого фактора при принятии управленческих решений.
- Объединение моделей по п.4,5,6,7 в единый исследовательский комплекс (метамодель) является существенным отличием от известных формально не взаимосвязанных моделей изучения отдельных аспектов СЭС и проявлением многомодельного (гибридного) подхода*
8. Разработан и описан инструментарий когнитивного моделирования социально-экономической системы и ее подсистем многослойными четкими и нечеткими когнитивными моделями, позволяющий обосновывать управленческие решения в условиях неопределенности. Основными отличительными элементами которого являются следующие:
- 8.1 Сформулировано формализованное понятие НКМ в терминах теории нечетких графов, в отличие от существующих разновидностей НКК в виде нечетких нейронных сетей или НКК В.Б. Силова или нечетких реляционных когнитивных карт (FRM).
- 8.2 Предложен и показан на примере метод описания нечеткой когнитивной модели, учитывающий задачу проведения анализа структуры НКК, задачу определения уровня прочности взаимосвязи. Приведен алгоритм предложенного метода описания нечеткой когнитивной модели.
- 8.3 Предложена методика нахождения простых и комплексных активизирующих вершин для импульсного моделирования в отличие от простого их перебора, или экспертного определения вершин.
- 8.4 Предложено для НКМ исследовать их структурную устойчивость и разработан подход к определению уровня структурной устойчивости.

8.5 Описан инструментарий поддержки принятия решений, отличающийся возможностью выбора решения в условиях неопределенности.

Разработанный инструментарий моделирования СЭС является алгоритмической основой для компьютерной реализации.

9. Проведено моделирование подсистем социально-экономической системы, в том числе разработаны: НКМ эколого-социально-экономической системы Ростовской области, НКМ структуры комплексной безопасности региональной СЭС на примере Ростовской области, НКМ организационной структуры управления АЭС, многослойная НКМ взаимодействия стран региона. Данное моделирование позволяет разрабатывать стратегии развития подсистем, обосновывать сценарии их развития, способствующие обеспечению комплексной экономической безопасности организационной социально-экономической системы.
10. Полученные теоретические результаты отражены в отчетах НИР по грантам РГНФ, РФФИ и Госзадания Минобрнауки РФ, в которых соискатель был исполнителем. Алгоритмические результаты работы внедрены в программы для ЭВМ, на которые получено пять свидетельств. Теоретические и методические разработки и модели, полученные в работе, используются в учебном процессе ФГАОУ ВО ЮФУ ИКТИБ, ФГБОУ ВПО РГУПС. Имеются акты о внедрении результатов работы от предприятий.

В работе исследована организационная социально-экономическая региональная система, которая была промоделирована иерархией когнитивных моделей, соответствующих разным уровням принятия решений управления системой. Комплекс математического инструментария, использованного в работе, и перееложенный на автоматизированные рельсы дает возможность проводить исследования по социально-экономическому прогнозированию на качественно новом уровне.

Использование разработанной имитационно-когнитивной технологии для моделирования организационной социально-экономической системы и ее подсистем сделает возможным оптимизировать стратегии экономического развития выбранного объекта. Вопросы безопасности и устойчивости экономического развития региона, страны, человечества на сегодняшний день являются особо актуальными. Проблему устойчивости можно рассматривать как один из определяющих факторов эволюции человечества в 21 веке.

Список научных публикаций, в которых изложены основные научные результаты диссертации

Статьи в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК

1. Вовк, С. П. Об одном подходе к построению моделей принятия решений для слабоструктурированных задач в условиях многоэтапности и коллективности / С. П. Вовк, Л. А. Гинис // Известия ТРТУ. – 2001. – № 3(21). – С. 171-175.
2. Гинис, Л. А. Возможности применения мониторинга для прогнозирования финансовой устойчивости предприятия / Л. А. Гинис // Известия ТРТУ. – 2003. – № 1(30). – С. 140.
3. Гинис, Л. А. Возможности когнитивного моделирования / Л. А. Гинис // Известия ТРТУ. – 2004. – № 8(43). – С. 162.
4. Гинис, Л. А. Построение многослойных когнитивных карт / Л. А. Гинис // Известия ТРТУ. – 2004. – № 4(39). – С. 212-218.
5. Гинис, Л. А. Истоки современного когнитивного моделирования / Л. А. Гинис // Известия ТРТУ. – 2005. – № 6(50). – С. 119-128.

6. Гинис, Л. А. Анализ устойчивости нестационарных экономических систем / Л. А. Гинис // *Фундаментальные исследования*. – 2006. – № 11. – С. 88-89.
7. Гинис, Л. А. Иерархическая структура извлечения знаний / Л. А. Гинис // *Известия ТРТУ*. – 2006. – № 9-2(64). – С. 151.
8. Гинис, Л. А. Моделирование развития демографической ситуации на орграфах / Л. А. Гинис // *Фундаментальные исследования*. – 2006. – № 6. – С. 73-74.
9. Гинис, Л. А. Об одном подходе к построению иерархических информационно-экономических систем / Л. А. Гинис // *Известия ТРТУ*. – 2006. – № 10(65). – С. 22-26.
10. Гинис, Л. А. Импульсное моделирование на нечетких когнитивных картах / Л. А. Гинис // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2008. – №10 (87). – С. 188-191.
11. Гинис, Л. А. Обзор методов научного прогнозирования / Л. А. Гинис // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2009. – №3 (92). – С. 231-236.
12. Боженюк, А. В. Применение нечетких моделей для анализа сложных систем / А. В. Боженюк, Л. А. Гинис // *Системы управления и информационные технологии*. – 2013. – № 1.1(51). – С. 122-126.
13. Вовк, Л. А. Моделирование переходов между эталонными ситуациями в сложных системах в условиях неопределенности / С. П. Вовк, Л. А. Гинис // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2013. – №2 (139). – С. 116-122.
14. Гинис, Л. А. Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем / Л. А. Гинис // *Инженерный вестник Дона*. – 2013. – № 3(26). – С. 66. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_69_ginis.pdf_1806.pdf (дата обращения: 13.02.2025).
15. Гинис, Л. А. Определение четко доминирующих тактик для выработки альтернативных управляющих решений в условиях полной неопределенности / Л. А. Гинис, С. П. Вовк // *Инженерный вестник Дона*. – 2014. – № 2(29). – С. 30. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_34_vovk-ginis.pdf_2327.pdf (дата обращения: 13.02.2025).
16. Гинис, Л. А. Методологические основы нечеткого когнитивного моделирования иерархических проблемно-ориентированных систем / Л. А. Гинис // *Инженерный вестник Дона*. – 2014. – № 2(29). – С. 29. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_33_Ginis.pdf_2326.pdf (дата обращения: 13.02.2025).
17. Боженюк, А. В. Алгоритмическая поддержка исследования системных связей в социально-экономической системе на основе нечетких графовых моделей / А. В. Боженюк, Л. А. Гинис // *Экономика и менеджмент систем управления*. – 2015. – № 1.1(15). – С. 115-122.
18. Вовк, С. П. Элементы эволюционного моделирования принятия решения в сложных системах с динамичными видами иерархий / С. П. Вовк, Л. А. Гинис // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – №6-1. – С.47-51.
19. Гинис, Л. А. Разработка концептуальной проблемно-ориентированной метамоделли образного представления сложной системы на основе геоинформационной системы / Л. А. Гинис, Л. В. Гордиенко, С. В. Левонюк // *Инженерный вестник Дона*. – 2017. – № 1(44). – С. 43. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_105_ginis_gordienko.pdf_2fc285faeb.pdf (дата обращения: 13.02.2025).
20. Гинис, Л. А. Нечеткое когнитивное моделирование для предупреждения рискованных ситуаций на объектах критических инфраструктур / Л. А. Гинис, А. Е.

Колоденкова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2017. – Т. 21, №4 (78). – С.113-120.

21. Колоденкова, А. Е. Решение прикладных задач с использованием разработанных модулей геоинформационных систем / А. Е. Колоденкова, Л. А. Гинис, Л. В. Гордиенко // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – №6(168). – С. 3-11. – DOI 10.14489/vkit.2018.06.pp.003-011.

22. Гинис, Л. А. Применение когнитивного теоретико-множественного подхода к задаче определения кадастровой стоимости земель / Л. А. Гинис, О. В. Давыденко // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 7(58). – С. 23. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_70_7y2019_Ginis_Davydenko_2.pdf_6ffac602a.pdf (дата обращения: 13.02.2025).

23. Гинис, Л. А. Развитие метамодели информационно-управляющих систем сложных объектов с учетом когнитивного подхода / Л. А. Гинис, О. В. Давыденко // Russian Economic Bulletin / Российский экономический вестник. – 2019. – Т. 2, №6. – С.166-171.

24. Боженюк, А. В. Применение нечетких когнитивных моделей как инструмента моделирования организационных систем / А. В. Боженюк, Л. А. Гинис // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 3(123). – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_45N2y25_Bozhenyuk_Ginis.pdf_e37d9c42e2.pdf (дата обращения: 25.02.2025).

Статьи в научных изданиях, входящих в Scopus, Web of Science

25. Ginis, L. A. Decision-making under the conditions of fuzziness and multicriteria on the example of urban planning / L. A. Ginis, L. V. Gordienko, A. E. Kolodenkova // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931 MSF. – P. 840-844. – DOI 10.4028/www.scientific.net/msf.931.840. (Scopus). Q3

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ

26. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610008 Российская Федерация. Учет и контроль местоположения сотрудников служб ОАО «РЖД» : № 2013660323 : заявл. 12.11.2013: опубл. 20.02.2014/ Гинис Л. А., Зубков С. А., Седых М. А. ; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет).

27. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015611638 Российская Федерация. Программа нахождения нечеткого множества баз в нечетком орграфе первого рода : № 2014663177 : заявл. 17.12.2014 : опубл. 03.02.2015 / А. В. Боженюк, В. А. Боженюк, Л. А. Гинис ; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет).

28. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016616996 Российская Федерация. Страховая оценка транспортных средств на основе ГИС-технологий : № 2016614312 : заявл. 28.04.2016 : опубл. 23.06.2016 / Л. А. Гинис, Л. В. Гордиенко ; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет).

29. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016618840 Российская Федерация. Инвентаризация городской дорожной сети на

основе ГИС-технологий : № 2016616213 : заявл. 15.06.2016 : опубл. 09.08.2016 / Л. А. Гинис, Л. В. Гордиенко ; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет).

30. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017662354 Российская Федерация. Учет объектов земельного кадастра на основе геоинформационных технологий : № 2017618851 : заявл. 04.09.2017 : опубл. 02.11.2017 / Л. А. Гинис, Л. В. Гордиенко ; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет).

Монографии

31. Горелова, Г. В. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Г. В. Горелова, Е. Н. Захарова, Л. А. Гинис. – Ростов-на-Дону : Издательство Ростовский университет, 2005. – 288 с. – ISBN 5-7507-0157-3.

32. Информационное обеспечение процесса управления экономическими системами / А. В. Бабилова, И. С. Богомолова, М. А. Боровская [и др.] под редакцией М. А. Боровской, И. К. Шевченко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". – Таганрог : ТТИ ЮФУ, 2008. – 267 с. – ISBN 978-5-8327-0283-4.

33. Гинис, Л. А. Научное предвидение в современном мире : монография / Л. А. Гинис ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет", Технологический институт в г. Таганроге. – Таганрог : ТТИ ЮФУ, 2011. – 171 с. – ISBN 978-5-8327-0398-5.

34. Нечеткие методы управления потоками в геоинформационных системах / С. Л. Беляков, А. В. Боженюк, Л. А. Гинис, Е. М. Герасименко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". – Таганрог : ЮФУ, 2013. – 176 с. – ISBN 978-5-8327-0493-7.

35. Гинис, Л. А. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход : монография / Л. А. Гинис, Л. В. Гордиенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный федеральный университет". – Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2016. – 158 с. – ISBN 978-5-9275-2193-7.

Публикации в сборниках трудов конференций

36. Gorelova, G. V. The construction hierarchical multilayered cognitive cards of light-structured systems / G. V. Gorelova, L. A. Ginis // 2002 IEEE International Conference on Artificial Intelligence Systems (ICAIS 2002), Divnomorskoe, Russia – 2002. – P. 131-132 – DOI 10.1109/ICAIS.2002.1048069. (WoS, Scopus).

37. Гинис, Л. А. Применение слабоструктуризованных моделей принятия решений для управления экономическими системами / Л. А. Гинис // Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения : VI Всероссийская научная

конференция с международным участием, 27–28 ноября, Таганрог, Россия : труды конференции. – Таганрог : Антон, 2003. – С. 88-90.

38. Гинис, Л. А. Об одном подходе к моделированию процесса принятия решений / Л. А. Гинис // Единое информационное пространство, 2004 : сборник докладов [II-й] Международной научно-практической конференции, 2-3 декабря 2004, г. Днепропетровск, Украина / под редакцией В. В. Пилипенко [и др.]. – Днепропетровск : УГХТУ, 2004. – С. 105-108.

39. Гинис, Л. А. О применении иерархических нечетких когнитивных карт / Л. А. Гинис // Сборник научных трудов SWorld. . – 2012. – Т. 20, № 1. – С. 79-80.

40. Гинис, Л. А. Автоматизация расчета нечеткого множества баз нечеткого графа / Л. А. Гинис, В. А. Боженюк // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Т. 10, № 3. – С. 74-76.

41. Bozhenyuk, A. Analysis of problem oriented systems structure with uncertainty based on fuzzy graphs / A. Bozhenyuk, L. Ginis // Advances in Computer Science Research : Proceedings of the 2016 Conference on Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM). – 2016. – Vol. 51. –P. 542-545. – DOI 10.2991/itsmssm-16.2016.105 (WoS)

42. Ginis, L. A. Cognitive and Simulation Modeling of Socioeconomic Systems / L.A. Ginis, G. V. Gorelova, A. E. Kolodenkova // Advances in Computer Science : Proceedings of the IV International research conference "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine" (ITSMSSM 2017). – 2017. – Vol. 72. –P. 50-54. – DOI 10.2991/itsmssm-17.2017.12 (WoS)

43. Levoniuk, S. V. The Development of Geographic Information System Model for Information Flows Monitoring of Complex Objects / S. V. Levoniuk, L. A. Ginis, L. V. Gordienko // 2017 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russia. – 2017. – P. 1-4. – DOI 10.1109/Dynamics.2017.8239479 (Scopus).

44. Ginis, L. A. Modeling of Development Scenarios of Critically Important Objects for Support of Adoption of Scientifically Based Decisions / L. A. Ginis, A. E. Kolodenkova // Advances in Computer Science : Proceedings of the IV International research conference "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine" (ITSMSSM 2017). – 2017. – Vol. 72. – P. 114-118. – DOI 10.2991/itsmssm-17.2017.24. (WoS).

45. Ginis, L. A. The development of geoinformation system elements for solving application tasks in an AutoCad Map 3D environment / L. A. Ginis, L. V. Gordienko // Advances in Computer Science : Proceedings of the IV International research conference "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine" (ITSMSSM 2017). – 2017. – Vol. 72. – P. 359-362. – DOI 10.2991/itsmssm-17.2017.74 (WoS)

46. Gordienko, L. Geoinformation Project as Complex Object Forecasting and Decision Making Tool in Intelligent Information and Management Systems / L. Gordienko, L. Ginis // 2020 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russia. – 2020. – P. 653-657. – DOI 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208046 (Scopus).

47. Ginis, L. A. Methodological basis of simulation and cognitive modelling technology of socio-economic systems / L. A. Ginis // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1661, No 1. – Art. No 012035. – DOI 10.1088/1742-6596/1661/1/012035

48. Ginis, L. Development of a Geoinformation Project as a Tool for Support Decision Making in the Subject Area / L. Ginis, L. Gordienko, V. Kudryakhin // 2021 International

Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russian Federation. – 2021. – P. 579-584. – DOI 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537509 (Scopus).

49. Levoniuk, S. Development and Research of a Cartographic Model for Municipal Planning as the Basis of an Intelligent Geoinformation System / Levoniuk, S., Ginis, L., Gordienko, L. // *Advances in Automation VI. : Proceedings of the International Russian Automation Conference, RusAutoCon2024, September 8–14, 2024, Sochi, Russia / Radionov A. A., Gasiyarov V. R. (eds).* – Springer, Cham, 2025. – P. 110-121. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-82494-4_11 (дата обращения: 13.02.2025).

Статьи в журналах, индексируемых в РИНЦ

50. Боженюк, А. В. Об использовании нечетких баз и антибаз при анализе нечетких когнитивных карт / А. В. Боженюк, Л. А. Гинис // *Искусственный интеллект.* – 2004. – №4. – С. 276-285.

51. Гинис, Л. А. Иерархическая структура системы экономической безопасности / Л. А. Гинис // *Альманах современной науки и образования.* – 2007. – №4. – С. 64-67.

52. Vovk, S. P. Modeling and Forecasting of Transitions Between Levels of Hierarchies in Difficult Formalized Systems / S. P. Vovk, L. A. Ginis // *European Researcher.* – 2012. – No. 5-1(20). – P. 541-545.

53. Гинис, Л. А. Когнитивное моделирование поддержки принятия решений в проблемно-ориентированных системах / Л. А. Гинис // *Научное обозрение.* – 2015. – № 8. – С. 219-224

54. Гинис, Л. А. О разработке и применении методики прогнозирования развития сложного объекта / Л. А. Гинис // *Научный журнал.* – 2020. – № 10(55). – С.4-8. – DOI 10.24411/2413-7081-2020-11001.

Личный вклад автора

В опубликованных трудах: [1, 13, 15, 18, 52] автором разработан подход к моделированию и анализу функционирования ситуаций сложноформализуемых систем в виде иерархии взаимосвязанных моделей; [19, 25, 36, 42, 43, 49] автору принадлежит постановка задач, разработка теоретико-множественной метамодели исследуемого объекта, введено формализованное понятие нечеткой когнитивной карты в виде нечеткого орграфа, расширение НКМ в когнитивную модель типа параметрического векторного функционального графа, предложено описание иерархии когнитивных карт; [12, 17, 40, 41, 50] автором предложен метод нахождения путей и компонент сильной связности между слоями иерархических познавательных карт на основе нечетких внешне устойчивых множеств, нечетких баз и антибаз; [20, 24, 44] автором разработаны предметно-ориентированные нечеткие когнитивные модели, проведен анализ моделей на устойчивость, разработан план вычислительного эксперимента; [21, 45, 46, 48] автору принадлежит постановка задач, анализ особенности проектирования ГИС на основе принципа декомпозиции структурных элементов, разработка алгоритмов функционирования отдельных элементов организационной системы на примере геоинформационной системы; [22, 23] разработана предметно-ориентированная модель принятия решений на основе когнитивного теоретико-множественного подхода для моделирования сложных систем в условиях неполноты информации; [26-30] – при создании перечисленных программ для ЭВМ, в том числе, использованы теоретические результаты, полученные автором. Программные продукты созданы на основе алгоритмов, разработанных при непосредственном участии автора; [31] автором предложена когнитивная технология построения и анализа когнитивных карт; предложено построение и анализ нечетких многослойных когнитивных карт; [32] автором проведена формализация социально-экономической системы в рамках общей теории систем; [34] автором предложено и описано развитие инструментария нечетких моделей для исследования сложных систем; [35] автором проведен сравнительный анализ моделей и методов моделирования и прогнозирования сложных систем. Предложено иерархическое моделирование структуры социально-экономической системы на основе теоретико-множественного подхода.