

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южный федеральный университет»**

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

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:
доктор технических наук,
профессор А.В. Боженюк

Ростов-на-Дону – 2025

Оглавление

Введение	6
Глава 1. Анализ подходов и методов исследования комплексной безопасности социально-экономических систем	21
1.1 Общий подход к понятию комплексной безопасности социально-экономических систем	21
1.2 Анализ проблематики развития социально-экономических систем	25
1.2.1 Глобальные проблемы человечества и цели в сфере устойчивого развития	26
1.2.2 Угрозы современности и предпосылки их преодоления	28
1.2.3 Этапы развития моделирования социально-экономических процессов	30
1.3 Современное состояние исследований в области когнитивного моделирования	33
1.3.1 Когнитивный подход к моделированию организационных систем	34
1.3.2 Развитие когнитивного моделирования	38
1.3.3 Семейство нечетких когнитивных моделей	43
1.4 Обзор и анализ моделей, определяющих характер устойчивого развития социально-экономических систем	47
1.5 Анализ проблем развития социально-экономических систем в России с позиции комплексной безопасности	51
Выводы	60
Глава 2. Теоретические и методологические основы моделирования социально-экономических систем с использованием имитационно-когнитивной технологии	63
2.1 Технология имитационно-когнитивного моделирования иерархии социально-экономических систем	63
2.2. Метамодель социально-экономической системы	65
2.3. Методика структурного анализа иерархии когнитивных моделей	74

2.3.1 Анализ свойства чувствительность	86
2.4 Комплекс моделей для логико-математического блока принятия решения	90
2.5 Классификационная схема методов моделирования и прогнозирования	93
2.5.1 Принципы социально-экономического моделирования	98
2.5.2 Применение когнитивного подхода к анализу слабоструктурированных проблем принятия решений	101
Выводы	102
Глава 3. Иерархия моделей организации социально-экономических систем для управления комплексной безопасностью	104
3.1 Стратифицированное описание организации социально-экономической системы	104
3.1.1 Обобщенное представление модели социально-экономической системы	104
3.1.2 Графическая интерпретация модели социально-экономической системы	110
3.1.3 Иерархическое теоретико-множественное описание модели социально-экономической системы	112
3.1.4 Нечеткая ситуационная модель управления социально-экономической системой	120
3.2 Методика построения и анализа многослойных когнитивных моделей	123
3.3 Принятие решения на основе нечеткой когнитивной модели	132
Выводы	136
Глава 4. Построение нечетких когнитивных моделей и методы их анализа	138
4.1 Построение многослойной когнитивной модели	138
4.2 Метод описания нечеткой когнитивной модели	144
4.3 Вычисление ценности концептов нечеткой когнитивной модели	151
4.4 Инструментарий анализа нечеткой когнитивной модели	154
4.4.1 Методика нахождения простых и комплексных активизирующих	

вершин для импульсного моделирования	154
4.4.2 Анализ структурной устойчивости нечеткой когнитивной модели	155
4.5 Инструментарий поддержки принятия решений	158
4.5.1 Методика перехода между уровнями нечеткой когнитивной модели для достижения эталонной ситуации	158
4.5.2 Определение альтернативных управляющих решений	165
4.5.3. Алгоритм принятия решения по управлению желаемой динамики на уровнях иерархии	171
Выводы	177
Глава 5. Разработка управленческих решений для обеспечения комплексной безопасности в социально-экономических системах на основе имитационно-когнитивной технологии	179
5.1 Иерархическая структура системы экономической безопасности	179
5.2 Когнитивное моделирование межгосударственного взаимодействия (межгосударственная безопасность)	192
5.3 Совершенствование системы функционирования организационной структуры обеспечения безопасности атомной электростанции	196
5.4 Когнитивное моделирование комплексной безопасности на примере региональной социально-экономической системы	210
5.4.1 Когнитивное моделирование развития демографической ситуации	210
5.4.2. Прогнозирование развития сельского хозяйства (продовольственная безопасность)	214
5.4.3. Моделирование развития энергетической системы с целью стратегического управления (энергетическая безопасность)	223
5.4.4 Применение технологии когнитивного анализа для выработки тарифной политики в сфере энергетики	234
Выводы	240
Заключение	242
Список литературы	248
Приложения	273

Приложение 1. Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ	273
Приложение 2. Акты внедрения	278
Приложение 3. Описание программы «GraphTask»	284
Приложение 4. Фрагменты листинга программы Matrix	296

Введение

Актуальность темы исследования. 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 языка математики, 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. Работа представляет собой результат междисциплинарного синтеза и соответствует Указу Президента РФ от 07.07.2011 N 899 (ред. от 16.12.2015) «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» в части перечня критических технологий РФ, п.8 «Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии».

Начало XXI столетия характеризуется неустойчивостью процессов экономического, социального и политического развития на глобальном и региональном уровнях, что актуализирует необходимость решения проблемы комплексной безопасности социально-экономических систем.

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

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

особое внимание на современном этапе необходимо уделять развитию совокупности региональных экономических, финансовых, социальных, экологических и ряда других организационных структур. Но в настоящее время проблема обоснования и принятия эффективных управленческих решений в области обеспечения безопасного, устойчивого и конкурентоспособного развития социально-экономической системы РФ остается недостаточно теоретически и практически разработанной, что требует проведения соответствующих исследований.

Сложность решения такой проблемы 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 имитационного моделирования можно отнести также активно развивающееся с

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».

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. Такахары, 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 фашификации и дефашификации, 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 «Иперин 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: Всероссийская научная конференция с международным участием молодых ученых и аспирантов «Новые информационные технологии. Разработки и аспекты применения» (Таганрог, ТРТУ, 1999– 2004); 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); III научно-практическая конференция преподавателей и студентов (Таганрог, ТИУиЭ, 2002); 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, Днепропетровск, 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» (CATPID 2018 Нальчик, CATPID 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, индексируемых 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.

Глава 1. Анализ подходов и методов исследования комплексной безопасности социально-экономических систем

1.1 Общий подход к понятию комплексной безопасности социально-экономических систем

Вопросы национальной безопасности и устойчивого развития государств и/или регионов были, есть и будут актуальными проблемами. Как определить факторы, влияющие на успехи или неудачи в решении этих вопросов? Что можно предпринять управляющим и административным структурам для безопасного ускорения экономического и социального развития, как определить стратегии развития, как оценить эффективность управленческих решений. Однозначных решений и ответов нет.

Стратегическими направлениями национальной безопасности согласно Указу Президента РФ от 02.07.2021 г. N 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации» являются: «..., оборона страны; государственная и общественная безопасность; информационная безопасность, экономическая безопасность; научно-технологическое развитие; экологическая безопасность и рациональное природопользование; ...».

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 1.1.

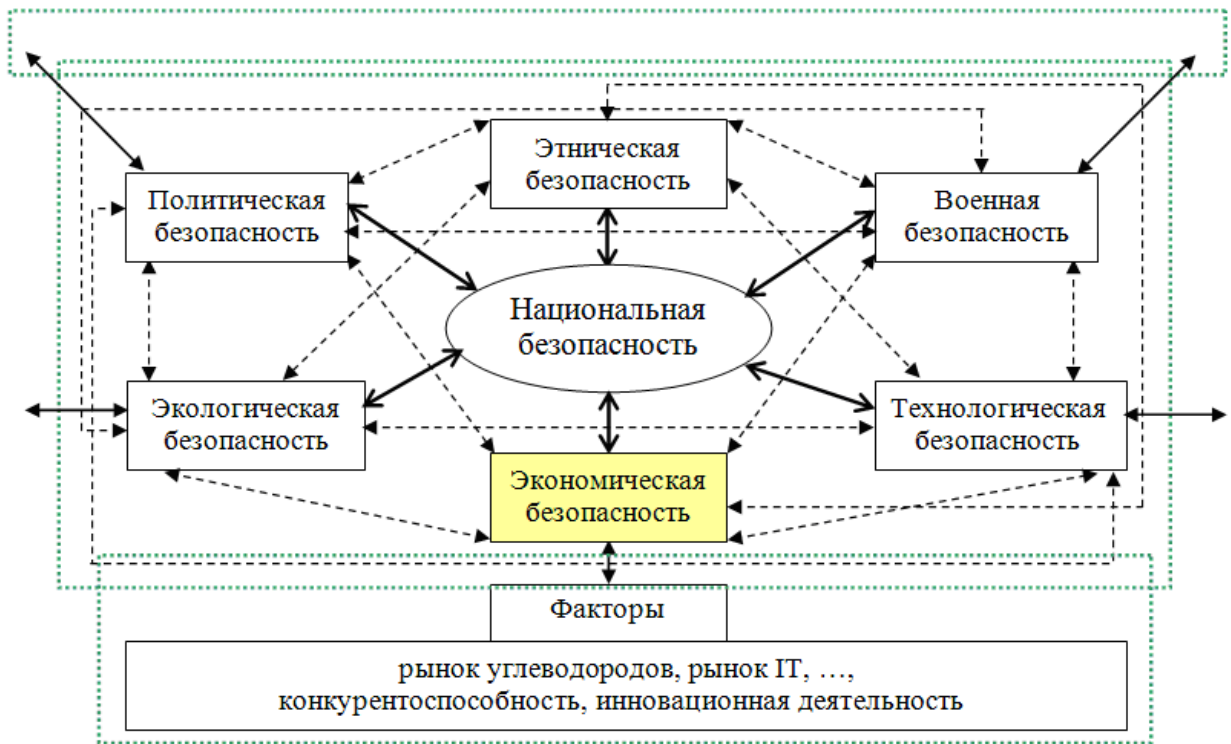


Рисунок 1.1 –Обобщенная структура национальной безопасности

Такая структура должна рассматриваться в комплексе разных аспектов, проявления обозначенных подсистем для исследования, изучения, прогнозирования и выработки обоснованных управленческих решений.

Интенсивное развитие информационных и телекоммуникационных технологий в XXI веке внесло изменения в расстановку приоритетов среди элементов социально-экономической инфраструктуры любой страны, региона, области при определении устойчивого экономического развития. Необходима перестройка организационных структур, приоритетов, ценностей, административных институтов с целью приспособления к требованиям информационной индустрии, которая стала, среди прочих, катализатором безопасного экономического развития.

Устойчивые политические и экономические позиции той или иной страны к середине XXI века будут зависеть от развития и овладения такими инновационными технологиями как биотехнологии, нанотехнологии, плазменные процессы, термоядерный синтез, космическая связь и др., развитие которых в свою очередь, зависит от уровня внедрения и владения информационными технологиями. Необходимо интенсивно развивать и внедрять

высокотехнологичное информационно-организационное обеспечение во все элементы социально-экономической инфраструктуры.

Для России особо важным становится задача активного развития IT-индустрии, совершенствования инновационных механизмов с целью занять достойное место в мировом экономическом сообществе. В контексте вышеназванного Указа Президента РФ от 02.07.2021 г. N 400 «О стратегии национальной безопасности РФ» развитие информационной инфраструктуры рассматривается как стратегический инструмент устойчивого и безопасного развития страны. Информатизация становится фактором выживания в борьбе за экономическое и политическое превосходство. «В современном мире наличие развитой информационной среды – надежная основа прогресса во всех областях экономики, науки, культуры, образования», – отмечает президент Российской Федерации. А информационно-телекоммуникационная индустрия неотъемлемая составляющая социально-экономической системы, влияющая на безопасное и устойчивое экономическое развитие страны и ее регионов.

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.

Очевидно, что подсистема «экономическая безопасность» является фундаментом и материальной основой национальной безопасности, и связующим звеном проведенной и представляемой исследовательской работы. Разработка обоснованных управленческих решений по построению устойчивой системы экономической безопасности с целью безопасного и устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации, учета воздействия негативных факторов и угроз является одним из приоритетных направлений государственной

политики в настоящее время. Решение проблем национальной безопасности в различных проявлениях требует определенных финансовых затрат, что определяет экономическую безопасность как один из целевых факторов, рисунок 1.2.

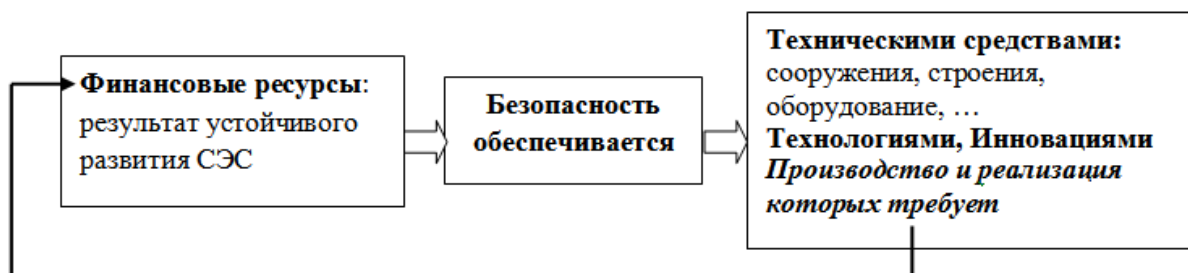


Рисунок 1.2 – Цикл обеспечения безопасности

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 [147]. В такой постановке принято выделять управляющую и управляемую системы, рисунок 1.3.

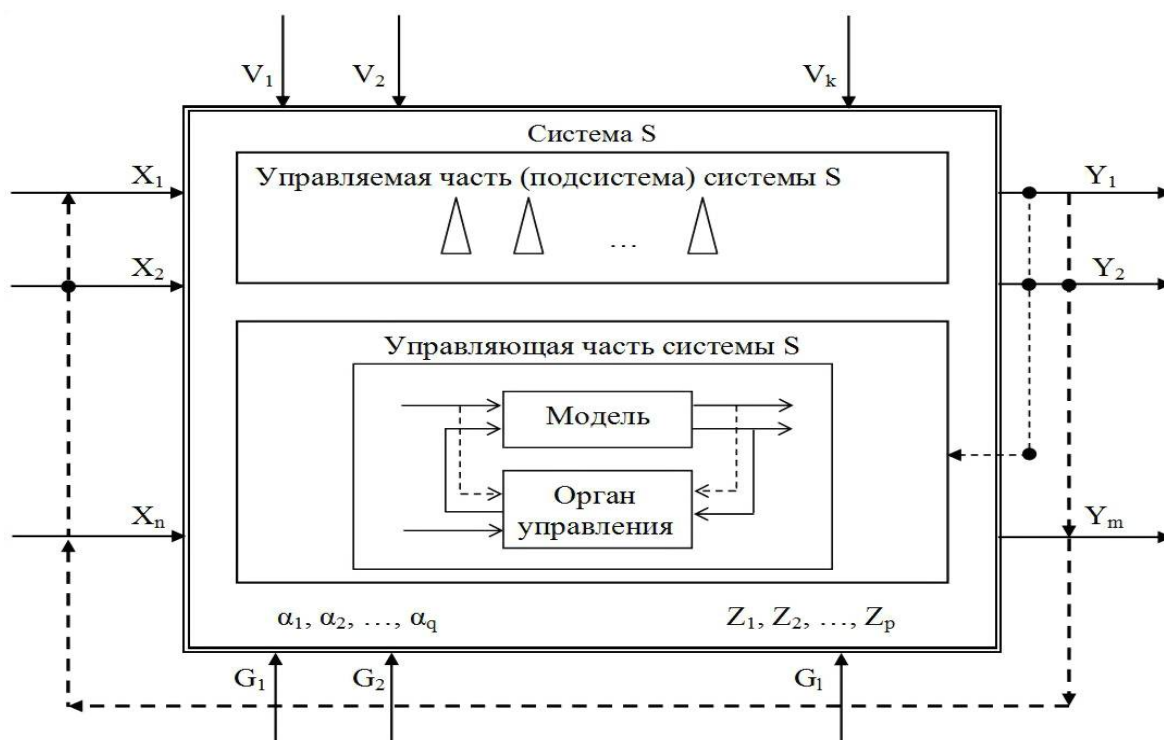


Рисунок 1.3 – Общая схема управления СЭС

X_1, \dots, X_n и Y_1, \dots, Y_m - входы и выходы системы (входными и выходные переменными); V_1, \dots, V_k - неконтролируемые воздействия на систему; G_1, \dots, G_p - 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.

1.2 Анализ проблематики развития социально-экономических систем

«Время идет. Некоторые проблемы приобрели уже такие масштабы, что их успешное разрешение невозможно. Если мы не начнем действовать немедленно, то будет слишком поздно...» – писали А. Кинг и Б. Шнайдер в 1991 году в докладе «Первая глобальная революция» знаменитому Римскому клубу [42].

Как классифицировать проблемы для разнесения их к глобальным или универсальным, последние отличаются тем, что имеют разные формы проявления в зависимости от страны, ее политической системы; существуют ли способы и можно ли решить эти проблемы в принципе; как выработать и объединить усилия, направленные на их решение. Такое осознание глобальной или как говорят, мировой проблематики в масштабах единой мировой системы, называют «новое глобальное мышление» и оно дает возможность решить перечень проблем, не поддающихся локальным или частным решениям. Становление такого глобального мышления и связанной с ним научной проблематики происходит медленно. В последние 10-20 лет человечеству все более угрожают: несбалансированный экономический рост, утрата способности к управлению, нехватка продовольствия и ресурсов, загрязнение окружающей среды, энергетические кризисы, демографические взрывы, усиление миграции, изменения в мировой геополитической ситуации. Все эти проблемы взаимосвязаны и взаимодействуют друг с другом. В [158] отмечается, что среди этого перечня практически невозможно выделить частную проблему и решать ее отдельно, выработанное независимое решения не даст соответствующего эффекта, каждая проблема неотрывно связана со всеми остальными, и решать их надо в комплексе. Некоторое решение частной проблемы, сказывается и влияет, причем заранее неизвестно положительно или отрицательно, на решение других. Причем, к решению нельзя применять линейный подход, как это было в прошлом.

Мировая общественность обратила на одни из них, в частности экологию, пристальное внимание, оставив в стороне другие, подобно демографическим процессам, не понимая их подлинных масштабов и влияния. В результате

рожденный «клубок задач» не поддается решению с позиций традиционных управленческих структур, люди беспомощны перед сложившейся ситуацией. На такой глобальный вызов, необходимо разрабатывать и глобальный ответ.

1.2.1 Глобальные проблемы человечества и цели в сфере устойчивого развития

Начиная с конца XX века, в мире наблюдается *демографический взрыв*, который обострил проблемы не только развивающихся стран, но и стран, так называемого первого эшелона. К началу 2009 года, население планеты составляло 6,8 млрд человек, в сравнении в 1900 году оно было 1,65 млрд человек. Согласно новому докладу ООН от 11.07.2024 г. <https://news.un.org/ru/story/2024/07/1454116> «о глобальных демографических перспективах, ожидается, что население мира достигнет пика в середине 2080-х годов, увеличившись с 8,2 миллиарда человек в 2024 году до примерно 10,3 миллиарда...».

В среднем за последние 10 лет рост численности населения планеты опережает темпы роста производства продуктов питания, объемы предоставления медицинской помощи, образования, жилья. Считается, что рост численности даст прирост рабочей силы, в этой ситуации важной задачей становится задача создания соответствующего объема новых рабочих мест.

Проблемы окружающей среды, безопасность биосферы в первую очередь связывают с основными видами макрозагрязнений. Нерешенной является проблема захоронения радиоактивных отходов, к которой прибавилась проблема выброса токсичных веществ. Наиболее актуальной в последнее время становится проблема проникновения микотоксинов, антибиотиков, гормонов, тяжелых металлов в продукты питания. Международной проблемой является рассеивание в атмосфере выбросов из труб электростанций и производств, при сжигании различных видов топлива (например, работающие на угле). В результате повышается кислотность воды в озерах, увеличивается коррозия металлических конструкций, разрушаются памятники архитектуры, нельзя не вспомнить о и проблеме разрушения озонового слоя.

Мы живем в эпоху информационных войн, ведение которых не секрет не только для специалистов, но и для многих обывателей. В контексте этого, важной проблемой становится *проблема утраты общей идеологии, потеря ценностей, подмена понятий*. В некоторых странах это связано, с произошедшими кардинальными изменениями политического строя, в некоторых с утратой веры, в т.ч. религиозной. Разрушается сплоченность общества, провоцируются общественные беспорядки, терроризм.

Достаточно актуальной является проблема сохранения мировых запасов продовольствия. В 1996 году на саммите Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) было решено к 2015 году снизить количество голодающих людей в мире в два раза. Уже 22 ноября 2005 года директор организации Жак Диуф в своем докладе осторожно заявил, что, скорее всего, эта цель выполнена не будет. За обтекаемыми фразами доклада ФАО кроется неприятная картина: во-первых, количество голодающих на планете будет, в лучшем случае, не уменьшаться, а во-вторых, так называемые цивилизованные страны не собираются предпринимать никаких кардинальных шагов для решения этой проблемы. «Если каждый из развивающихся регионов продолжит сокращать масштабы голода теми же темпами, какими это делается сейчас, лишь Южная Америка и страны Карибского бассейна добьются уменьшения наполовину пропорции голодающих людей в мире», – сказал Ж. Диуф. Но, по его словам, ни одна из стран при этом не добьется заявленной ФАО цели – уменьшения количества голодающих в мире в два раза [104].

Даже развитые страны не застрахованы от нехватки продовольствия, известны случаи, когда в США и Канаде во время засухи урожайность падала на 31% и 27% соответственно. И от такой ситуации никто не застрахован. Еще одной опасностью для сельского хозяйства является истощение земель, особенно в эпоху применения различного рода химических препаратов, после использования которых в течение 2-5 лет, земля «умирает» на ближайшие 20-30 лет. Некоторые эксперты считают, что надвигается кризис запаса мировых вод.

В [1] выделяется ряд серьезных проблем, возведенных в ранг глобальных, рисунок 1.4: экономическое развитие регионов планеты происходит весьма неравномерно; продолжается разработка и наращивание средств массового уничтожения; резко истощаются запасы невозобновляемых ресурсов; наблюдается слишком быстрая и неравномерная индустриализация; резко растут потребности в энергетических ресурсах; дегуманизация культуры.

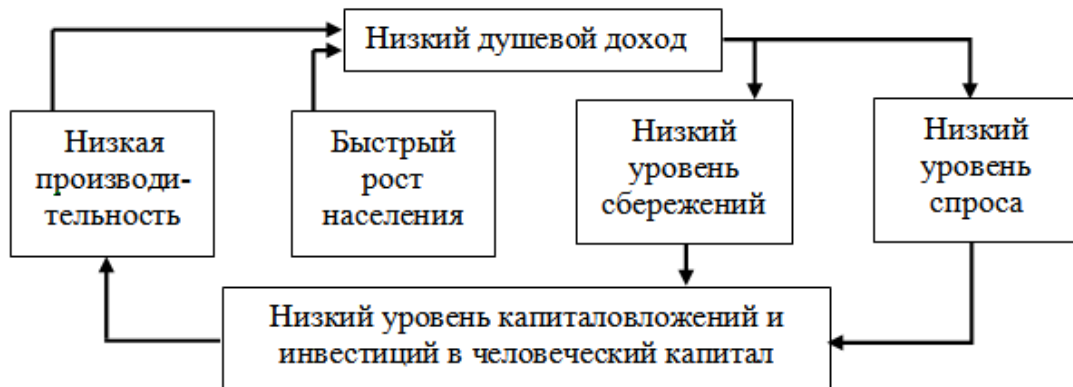


Рисунок 1.4 – Глобальные проблемы

Круг проблем, анализ их происхождения, развития и перспективы их преодоления относительно России раскрыты в [19].

1.2.2 Угрозы современности и предпосылки их преодоления

На сегодняшний день ученые представляют картину будущего в виде угроз и надежд. В своей книге «Философия» [195] известный специалист по диалектике и методологии познания В.П. Кохановский выделяет четыре основные угрозы человечеству: угроза термоядерного пожара; надвигающаяся близость экологической катастрофы; опасность, нависшая над человеческой телесностью; кризис человеческой духовности. При этом автор оптимистично смотрит в будущее и указывает на «...определенные и основательные предпосылки преодоления глобальных кризисных коллизий, блокирования и отведения вселенской угрозы от человечества». Обозначим их по [195].

Развертывание пятой информационной революции, в эпоху которой мы живем и связанной с формированием и развитием трансграничных глобальных информационно-телекоммуникационных сетей – есть первая предпосылка.

Возможно, эта революция и позволит отвести от человечества нависшие угрозы. Желательно доминирование смешанной рыночной экономики, которая способствует взаимодействию интересов разных категорий хозяйствующих субъектов, стран и возможно будет способствовать нахождению баланса между социальными нуждами и экономической эффективностью. Эта вторая предпосылка. Разворачивание демократических основ в отношениях политиков, граждан, и любых субъектов есть третья предпосылка. Объединение духовных процессов светской и религиозной жизни, объединение западного и восточного менталитета есть четвертая предпосылка. Особое внимание этому процессу уделяется такими общественными организациями, как Организация Объединенных Наций (ООН). В XXI в. резко стали расширяться международные экономические и культурные контакты. Широкие миграционные потоки ведут к взаимопроникновению культур. Это пятая предпосылка. Нельзя не отметить и намечающиеся прорывы в области интеллектуального поиска, связанные с развитием самого человека и информационно-технической составляющей.

Ученые полагают, что в XXI веке возрастут угрозы, будут рождаться новые и усиливаться существующие кризисы, основным источником которых можно назвать рассогласованность научно-технического, социального и морального прогресса. Есть вероятность преодоления угроз при условии объединения усилий, энергии, желаний мирового сообщества, интеграции всего человечества в борьбе с кризисной ситуацией и верой в будущее.

В последнее десятилетие все чаще звучит идея формирования *концепции «устойчивого развития»*, то, что академик Н.Н. Моисеев (1917–2000, крупный русский ученый в области общей механики и прикладной математики) называл *«стратегией человечества»*. В [146] вводится понятие *«устойчивое развитие – модель движения эволюции общества и природы без катастроф вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности будущих поколений»*.

«Будущее – это спектр различных возможностей. Завтра создается нами сегодня. Однако прослеживаются некоторые тенденции. Построение сценариев развития – дело весьма шаткое, но отнюдь небезнадежное» - говорит автор [195].

И с этим высказыванием нельзя не согласиться. В наш век применения современных формализованных методов анализа, прогнозирования и планирования, доступных в автоматизированном режиме, построение объективных сценариев будущего становится все более реалистичным. А возможности научного предвидения путей развития общества в его различных аспектах: социальном, экономическом, культурном, политическом, научно-техническом и т.д. становятся уверенными и адекватными. Это видение и положено в основу данного исследования. «Предвидеть, значит управлять», – говорил еще Блез Паскаль в 17 веке. Возможности прогнозирования социально-экономических процессов определяются, прежде всего, характером *детерминации* законов общественного развития. Основы современной теории детерминизма и лежат в основе теории прогнозирования как главный логико-гносеологический принцип и онтологическое основание прогноза.

1.2.3 Этапы развития моделирования социально-экономических процессов

Выделим основные этапы в истории развития моделирования социально-экономических процессов [124, 125].

Начиная с XVII века параллельно с развитием самой математики стали развиваться и приложения математики в социальных и экономических науках.

Первая попытка количественно описать национальную экономику была предпринята в работе «Экономическая таблица», опубликованной в 1758 г. лейб-медиком короля Людовика XV доктором Франсуа Кенэ (1694-1774). И эту дату принято считать, датой рождения метода математического моделирования для анализа макроэкономических процессов.

«Работа «Исследование математических принципов теории богатства», положила начало современной математической экономики, с помощью

количественного анализа и построенной динамической модели дуополии моделировалась ситуация конкуренции между товарами при различных рыночных ситуациях, работа была опубликована во Франции в 1838 г. французским экономистом и математиком Антуаном Огюстом Курно (1801-1877). Курно выбирал только количественные экономические явления (цена, доход), и использовал свой математический метод только к ним. Например, он построил кривую спроса, с количествами в виде ординат и ценами в виде абсцисс, определил цену, при которой обороты достигают максимума, и специально изучил случай монополии»³ [60]. В сферу интересов Курно входили такие задачи как: влияние налогов на товары, производимые монополистами; конкуренция производителей на рынке, совокупное действие последних на различных ступенях изготовления товара; образование общественного дохода и изменение его международным взаимодействием рынков [32].

В [60] освещалось, что особо интенсивное применение математических методов в экономической теории наблюдается с конца XIX и в течение всего XX вв. Появляется теория полезности, впервые опубликованная «в книге У. Джевонса «Краткое описание общей математической теории политической экономии» (1862). Ирландский экономист, представитель математической школы в экономике Фрэнсис Исидро Эджуорт (1845-1926) в 1881 году публикует книгу «Математическая психология», в которой один из первых предлагает общую теорию «функции полезности». Известный ученый-экономист Вильфредо Парето (1848-1923) разрабатывает теории, названные впоследствии его именем: статистическое Парето-распределение и Парето-оптимум, широко используемые в экономической теории и иных научных дисциплинах в настоящее время»³.

Следующий этап – это работы Нобелевского лауреата, советского математика и экономиста Л.В. Канторович (1912-1986 гг.). В [60] авторы отмечают: «Его вклад в теорию оптимального распределения ресурсов неоценим. А работы по линейному программированию и оптимальному управлению

³ [60] Гинис Л.А, Гордиенко Л.В.. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 160 с.

экономикой носят, кроме, чисто математического еще и методологический характер. Канторович создал адекватную связь математической модели в виде двойственной задачи линейного программирования, с реальными экономическими задачами».

Отечественные ученые всегда обращались к вопросам объективного анализа социально-экономических процессов. В [60] авторы отмечают: «Это и модель поведения потребителя Е.Е.Слущкого; и открытие Н.Д. Кондратьевым длинных волн в экономике, разработка первого баланса народного хозяйства СССР за 1923–1924 гг., на основе которого была построена широко известная ныне модель В.В. Леонтьева и т.п.» «К сожалению, до сих пор метод математического моделирования социально-экономических процессов применялся и применяется преимущественно в научных разработках, а рекомендации ученых зачастую попросту игнорировались на всех уровнях управления» [124, 127].

Считается, что в большей степени субъективная составляющая влияет на «развитие формализованных методов в социально-экономических науках. О главной из них говорил П.Л. Капица на международном симпозиуме по планированию науки еще в 1959 г. Размышляя о развитии общественных наук, он использовал аналогию с положением естественных наук в средние века, когда «церковь брала на себя монополию схоластически-догматического толкования всех явлений природы, решительно отметая все, что хоть в малейшей мере противоречило каноническим писаниям. Сейчас существует большое разнообразие государственных структур, которые признают за истину только то в общественных науках, что доказывает целесообразность этих структур. Естественно, что при таких условиях развитие общественных наук сильно стеснено»» [103].

Анализируя [140, 157, 172] следует отметить динамическую природу большинства экономических процессов, вследствие чего одним из традиционных подходов к их прогнозированию является квазистационарный, фундаментом которого является классическая теория политэкономии Адама Смита. В рамках этой концепции и в «кибернетическом смысле, развитие экономической системы

рассматривается как смена состояний с небольшими периодами перехода между ними. Однако, в последние десятилетия, все более, в экономических системах» выявляются бифуркационные изменения, которые возможно описать методами нелинейного динамического анализа. Можно сказать, что понимание устойчивости это – есть некоторое постоянное развитие и динамика, в котором находится окружающий нас мир. А периоды стабилизации являются короткими периодами на пути движения вперед.

1.3 Современное состояние исследований в области когнитивного моделирования⁴ [54, 85]

Можно ли построить идеальную модель развития нашего сообщества, достаточно ли научного и информационного потенциала, каковы пути и возможности развития человечества – вот какие вопросы волнуют сегодня миллионы людей и ученых. А особенно теперь, когда многие мировые ценности подвергаются сомнению.

Многие ученые полагают, что построить такую модель социально-экономической системы невозможно. В качестве аргументов выдвигают — ее сложность, многофакторность, высокую динамичность протекающих в ней процессов и многое другое. Конечно, любая модель всегда есть упрощение действительности. Однако, почему бы не смоделировать ситуации в отдельных регионах, городах, странах, расчлняя, их на множество задач-моделей и выстраивая на их основе — более сложные, отвечающие требованиям системного подхода? Или наоборот, возможен путь от общего видения, комплексной модели – к частным моделям, объединенным между собой логической и конструктивной связью, взаимодействием и взаимозаполняемостью. И уже на их основе выстраивать модель принятия лучшего решения для более разумного развития человечества.

⁴ Гинис Л.А. Истоки современного когнитивного моделирования // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). – 2005. – №6 (50). – С. 119-128; Гинис Л.А. Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 3 (Том 24). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1806>. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Научное издание. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2005. – 288 с.

1.3.1 Когнитивный подход к моделированию организационных систем⁴

[54, 73, 85]

В настоящее время многие специальные приемы и методы теории принятия решений развиты до такой степени, что позволяют охватить большинство трудных вопросов, которые возникают при анализе сложных проблем. Однако для создания объективных гарантий необходимо разрабатывать более совершенные методологические процедуры, относящиеся к многофакторным предпочтениям, групповым действиям, оценке информации, программному обеспечению и т.д.

При моделировании организационных, человеко-машинных и технических систем часто возникают трудности, связанные с представлением качественных признаков в числовой форме, т.к. требуется учитывать влияние т.н. человеческого фактора. Например, в ЧМС человек представляет подсистему, в моделях экономической системы может понадобиться разделить рынок на некоторое число частей по типу покупателей или их географической принадлежности. Такие качественные показатели, как удовлетворение спроса, уровень жизни или реакция на политическое решение, часто необходимо свести к некоторому набору чисел. Очевидно, что справедливость и достоверность такого способа отображения спорна, но, тем не менее, данные необходимо представлять в числовой форме, поскольку в имитационном эксперименте мы имеем дело с числами, а сам эксперимент представляет собой некоторую вычислительную процедуру. В подобных экспериментах часто приходится использовать довольно интуитивные исходные данные, но, несмотря на это, такие исследования обычно оказываются достоверными, поскольку позволяют получать относительные характеристики, например ранжированные показатели.

Для многих многошаговых процессов принятия решений, будущие состояния нельзя предсказать совершенно точно. В самом деле, перед человечеством встает масса проблем многошагового принятия решений, и во многих из них неопределенность играет центральную роль.

Каков же выход из сложившейся ситуации. Безусловно, речь идет о развитии наук, носящих междисциплинарный характер. Современное моделирование всегда применяется в совокупности с общенаучными и социальными методами, на основе междисциплинарного подхода и теории систем, особенно когда оно используется для исследования глобальных проблем, которые отличаются многоплановостью, охватывающей, по существу, всю жизнедеятельность человека.

Моделирование в таких случаях выступает как многомодельное построение. Оно сохраняет свои сущностные характеристики при моделировании более «низких» проблем социальной сферы, в том числе демографической ситуации в условиях рыночных отношений (в отдельных конкретных регионах), сложных процессов миграции, появления безработных и других процессов. Необходимыми будут многоуровневые модели различных социальных срезов (образование, здравоохранение, сфера услуг, жилье), которые, в сущности своей, — сложные социальные компоненты [173].

Еще менее 100 лет назад, проведение вычислительного эксперимента в социально-экономической сфере считалось немислимым. Исторически считалось, что социально-экономическая система (СЭС) может быть описана только функциональными связями, за что в конце XIX века выступали В. Парето [153] и А. Маршал [132], первый отрицал, а второй говорил о вредности причинно-следственных связей. Однако сегодня в век компьютеризации, автоматизация анализа причинно-следственных связей дает нам возможность говорить, не просто о научном предвидении развития ситуации, а об абсолютно адекватном моделировании и получении научно-обоснованного ответа на вопрос «что будет — если».

Выдвинем предположение, что именно когнитивное моделирование в ближайшем будущем даст нам возможность построения таких моделей с учетом всех вышеназванных особенностей. Именно когнитивный подход стал в последнее десятилетие основой для перспективных разработок в таких организационных системах, как социально – экономические, экологические, ЧМС и др.. Психология, кибернетика и философия, лингвистика, теория систем,

нечеткая логика, теория графов – вот приблизительный перечень наук, определивших данное направление современных исследований.

Сегодня когнитивная наука определяется как «комплекс наук, изучающих сознание и высшие мыслительные процессы на основе применения теоретико-информационных моделей» [136]. Однако в XXI веке когнитивные исследования настолько расширили свое проблемное поле, что сейчас правильнее говорить именно о когнитивном подходе: имеются в виду исследования самых разных объектов, в том числе и решение традиционных задач, но методами, учитывающими когнитивные аспекты, в которые включаются процессы восприятия, мышления, познания, понимания и объяснения [81, 89, 109, 115, 129, 130, 131, 214].

Одним из первых о когнитивном моделировании и когнитивной карте (Cognitive Maps) заговорил американский политолог и экономист Robert Axelrod (Роберт Аксельрод) в конце 70х прошлого столетия [212]. Понятия были введены и развивались в виде знаковых ориентированных графов теоретически в работах Р. Аксельрода [212], а прикладной характер подробно изложен в известном труде Ф.С. Робертса [167], в котором особое внимание уделяется описанию импульсных процессов для прогнозирования развития ситуаций по орграфу.

Следующим шагом в развитии явились результаты научных изысканий Бартоломея Коско (Bart Kosko). Его эпатажная книга «Нечеткое мышление» («Fuzzy Thinking»), ставшая классикой нечеткой логики имеет начало: «Однажды утром я проснулся и понял, что наука идет не туда» [242].

В результате исследований взаимосвязей нечеткой логики и теории нейронных сетей Коско доказал, что «любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на «нечеткой логике»», это знаменитая основополагающая FAT-теорема (Fuzzy Approximation Theorem), подтвердившая полноту нечеткой логики [242].

И наконец, в 1986 г. были опубликованы Fuzzy Cognitive Maps (FCMs) – *нечеткие когнитивные карты* (или модели), созданные Б. Коско, в которых причинные связи (связи взаимовлияния), отражают «силу» влияния одного

концепта на другой, и могут принимать значения из диапазона от 0 до 1, либо от –1 до +1. Профессор Б. Коско вводит понятие FCM следующим образом: “*An FCM is a directed graph with concepts like policies, events etc. as nodes and causalities as edges. It represents causal relationship between concepts*” [241], что с сегодняшней точки зрения весьма абстрактно и принципиально не отличается от понятия четкой когнитивной карты.

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. отмечают: «Конец 60-х–начало 70-х гг. прошлого века характеризуется развитием теоретического аппарата нечетких множеств и нечеткой логики. В 1965 г. профессор Калифорнийского Университета в Беркли (США) Лотфи Заде (Lotfi A. Zadeh) ввел в науку понятие «нечеткие множества» (fuzzy set), аппарат лег в основу, созданной им, нечеткой логики [95, 96]. Считается, что в результате слияния двух новых, на тот момент, научных направлений - нечеткой логики («fuzzy logic») и системной динамики («system dynamics») и родились FCMs».

В последние пару десятилетий количество научных публикаций по нечеткому управлению стремительно растет, исследования по применению теории нечетких множеств в системах поддержки принятия решений проводятся в разных странах. В [243] приведены наиболее важные исторические этапы в развитии нечеткого управления.

В настоящее время FCM – это база для описания современных систем динамического моделирования в финансах, политике и бизнесе, с помощью которой решаются такие задачи как: финансовые и политические анализы и прогнозы; принятие стратегических решений на основе когнитивных карт и на нечетких моделях в четкой и нечеткой обстановке; ситуационное моделирование мировой политики и т.п. Когнитивное моделирование позволяет исследовать эволюцию ситуации, включающей в себя такие составляющие как: саморазвитие, моделирование внешних воздействий, моделирование целенаправленного развития ситуации (управляемого развития).

Цель когнитивного моделирования заключается в генерации и проверке гипотез о функциональной структуре наблюдаемой ситуации до получения

функциональной структуры, способной объяснить поведение наблюдаемой ситуации. Адекватно выстроенная структурная схема причинно-следственных связей позволит понять и проанализировать поведение сложной системы.

Когнитивный подход к поддержке принятия решений ориентирован на то, чтобы активизировать интеллектуальные процессы ЛПР и помочь ему зафиксировать свое представление проблемной ситуации в виде формальной модели.

1.3.2 Развитие когнитивного моделирования⁵ [54, 60, 62, 85]

Историки полагают, что в 50-60-е годы прошлого столетия в науке произошла когнитивная революция – смена научной парадигмы по Т. Куну [122]. Как писал известный специалист по теории искусственного интеллекта и когнитивной лингвистике Н. Хомский, «Когнитивная революция относится к состояниям разума/мозга и тому, как они обуславливают поведение человека, особенно - когнитивным состояниям: состояниям знания, понимания, интерпретаций, верований и т.п. ...». Впервые эта мысль прозвучала в его работе «Синтаксические структуры» еще в 1957 году, что и послужило возникновению когнитивной науки [122].

В 1960г. в Гарварде впервые был создан центр когнитивных исследований. С этой датой соотносят зарождение *когнитивной науки* или *когнитологии* – междисциплинарного научного направления, объединяющего философию (теория познания), когнитивную психологию, нейрофизиологию, антропологию, лингвистику и теорию искусственного интеллекта. Профессор когнитивных наук Говард Гарднер (Гарвард) в своей книге «Рамки ума», опубликованной в 1983 г. предложил схему взаимосвязей внутри когнитивной науки, в виде простой когнитивной карты, позже переработанной⁶ и представленной на рисунке 1.5.

⁵ Гинис Л.А. Истоки современного когнитивного моделирования // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). – 2005. – №6 (50). – С. 119-128; Гинис Л.А., Гордиенко Л.В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 160 с.; Гинис Л.А. Научное предвидение в современном мире. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – 172 с. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Научное издание. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2005. – 288 с.

⁶ Публикация «Когнитивная наука: прошлое, настоящее, будущее», доступ: <http://psypress.ru/articles/25471.shtml>

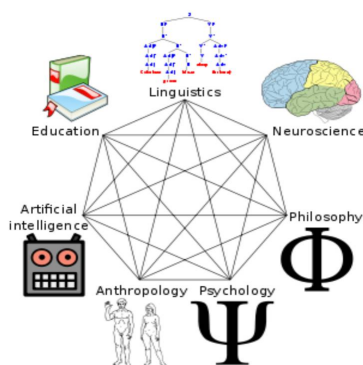


Рисунок 1.5 – Когнитивная карта когнитологии⁶

Интересно то, что когнитивные карты как самостоятельный термин появился задолго до возникновения когнитологии в работе выдающегося американского психолога, представителя необихевиоризма Э. Толмена в его работе «Когнитивные карты у крыс и человека» (1948).

Идея использования схем и рисунков для лучшего изложения знаний не нова – ее применяют при обучении испокон веков. Но только сравнительно недавно ее стали изучать и развивать как особый метод мышления. На Западе это течение получило названия «concept mapping», или «mind mapping». Concept Maps – это способ представления и связывания мыслей. Зарождение и базовые правила Concept Maps разработал в 60-е годы XX века профессор Джозеф Новак (Joseph D. Novak) из Корнелльского университета (США), который, в свою очередь, исходил из теории Дэвида Озубэла (David Ausubel), показавшего важность предшествующего опыта для формирования новых концепций. А современную реализацию связывают с методиками известного английского психолога Тони Бузана (Tony Buzan), признанного лидера в этой области. Считается, что именно когнитивная психология «подарила» современному когнитивному моделированию более всего основополагающих базовых понятий и принципов, и заложила дальнейшее использование когнитологии в различных исследованиях.

Вышедшая в 1996г. впервые на русском работа Роберта Солсо «Когнитивная психология» достаточно полно освещает теоретические и прикладные аспекты данного научного направления. Роберт Солсо – современный американский психолог, профессор, автор трудов по различным

проблемам когнитивной психологии, в том числе обобщающих руководств по психологии познания, пишет [179], «возможно, понимание мира происходит через развитие когнитивной структуры, которая связывает кажущиеся несвязанными объекты и события в некое объединенное понятие».

Следующий шаг был сделан известным американским социологом и политологом Робертом Аксельродом (R. Axelrod), который развил аппарат когнитивных карт для анализа и прогнозирования решений, принимаемых политиками. Когнитивная карта особенно полезна для анализа действия трудно формализуемых факторов, измерение которых часто является очень сложной проблемой. Так, в работе Р. Аксельрода [212] исследуются когнитивные карты экспертов Британского комитета по делам Востока, при этом учитываются такие факторы, как наличие согласия в обществе, степень британского вмешательства, устранение прогрессивных руководителей, степень беспорядков, влияние племенных отношений и т.д.

В 1973 году американский этнометодолог А.В. Сикурел (A.V. Cicourel) выпустил книгу под названием «Когнитивная социология» [216]. В работе Сикурела сделана попытка обогатить этнометодологический подход достижениями когнитологии конца 60-х годов XX века. Книга посвящена в основном проблемам понимания обыденной речи, а также роли невербальных коммуникаций в повседневном общении. Выход книги Сикурела был заметным событием и привлек внимание когнитологов. Продолжая исследование этой тематики, Сикурел широко использовал методы когнитивной лингвистики, теории искусственного интеллекта, математического моделирования. С осени 1989г. он является одним из руководителей новообразованной кафедры когнитивной науки, где происходят встречи работающих на стыке наук обществоведов, гуманитариев и естествоиспытателей [142].

В 70е годы XX века известный американский социолог Ч. Лумис (C. Loomis) применил когнитивные карты для анализа картин мира членов религиозной секты Амишей, живущих в Пенсильвании [246]. Точнее, Лумис рассматривал процесс когнитивной структуризации (cognitive mapping), под

которым понимал построение и использование когнитивной карты для анализа незнакомых явлений или событий. Лумис подробно анализирует процессы адаптации продуктов научно-технического прогресса членами секты, сознательно отгораживающей себя от влияния внешнего мира.

Английский ученый К. Иден предложил использовать когнитивные карты для коллективной выработки и принятия решений [219]. К. Иден подчеркивает, что эффективность взаимодействия в группе лиц, занимающихся принятием решений, существенно зависит от того, насколько каждый участник понимает способы интерпретации ситуаций другими членами группы. Однако, необходим инструмент для фиксации и анализа мнений, которые часто основываются на опыте и интуиции экспертов. Важно при этом уметь записывать противоречивые точки зрения экспертов без потери богатства аргументации. Когнитивная карта дает возможность проследить взаимосвязи между будущим, настоящим и прошлым изучаемого процесса. И, наконец, когнитивный подход начинает применяться в экономических исследованиях. В работе К. Сайда [252] с помощью когнитивной карты исследовалась динамика экономического роста типичной развивающейся страны и политическая нестабильность, связанная с борьбой за власть правительства и диссидентов.

Современная структура и составляющие когнитологии развиваются довольно быстро, в отличие от структуры, описанной в 1997 году в книге «Краткий словарь когнитивных терминов» - Кубрякова Е.С. М.: МГУ, 1997. – 245 с., *в данной диссертационной работе предлагается описывать современное видение когнитологии следующей двухслойной нечеткой когнитивной картой, рисунок 1.6.*

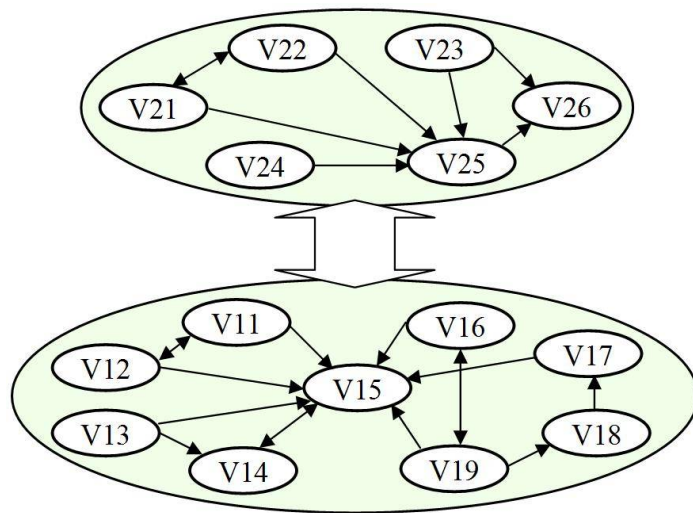


Рисунок 1.6 – Двухслойная нечеткая когнитивная карта когнитологии⁷

«На нижнем, первом слое используются концепты: V11 – когнитивная этология; V12 – нейрофизиология; V13 – нейробиология; V14 – когнитивная психология; V15 – материальная когнитивная наука; V16 – когнитивная лингвистика; V17 – когнитивная антропология; V18 – когнитивная география; V19 – философия сознания. Второй слой описывается следующими концептами: V21 – теория графов; V22 – математическая логика; V23 – искусственный интеллект; V24 – теория автоматического управления; V25 – имитационное моделирование; V26 – теория систем» [60].

В [94] отмечается, что «когнитивный «поворот» ... становится мощным фактором обновления и интенсификации научного и философского познания в плане их междисциплинарности, интеграции и взаимосвязи».

Во многом это связано с тем, что когнитивное моделирование позволяет в короткие сроки на качественном уровне:

- оценить ситуацию и провести анализ взаимовлияния действующих факторов, определяющих возможные сценарии развития ситуации;
- выявить тенденции развития ситуаций и реальные намерения их участников;
- разработать стратегию использования тенденций развития политической ситуации в национальных интересах;

⁷ Гинис Л.А., Гордиенко Л.В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 160 с.

- определить возможные механизмы взаимодействия участников ситуации для достижения ее целенаправленного развития в интересах государства;
- определить возможные варианты развития ситуации с учетом последствий принятия важнейших решений и сравнить их.

Технология когнитивного (познавательного-целевого) моделирования заключается в том, чтобы на основе когнитивных карт с помощью когнитивных моделей определить возможные и рациональные пути управления ситуацией с целью перехода от негативных исходных состояний к позитивным.

Таким образом, применение технологии когнитивного моделирования позволяет действовать на опережение и не доводить потенциально опасные ситуации до угрожающих и конфликтных, а в случае их возникновения – принимать рациональные решения в интересах безопасного и устойчивого развития как отдельных субъектов государства, так и в целом для России.

1.3.3 Семейство нечетких когнитивных моделей

Современные социально-экономические системы как сложные организационные системы характеризуются большим разнообразием переменных и факторов и наличием неопределенностей [88]. 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 (более подробно в п.2.6) [85 ГЗГ]. Одним из таких новых подходов могут служить когнитивные модели, подтверждением чего служит вывод в работе [257] о том, что когнитивные модели могут быть не просто инструментом моделирования отдельных структур, а целостной теорией познания. В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. отмечают, что: «В работе [222] показаны перспективы применения когнитивных моделей на основе теории графов. Теория графов имеет большой потенциал, не востребованный полностью сегодня для выработки и анализа стратегических решений, помогающих

проникнуть глубоко в суть проблемы и дальнейшего использования в системах с искусственным интеллектом».

А развитием этого подхода служат нечеткие модели в виде нечетких когнитивных (познавательных) карт (НКК), в англоязычной литературе – Fuzzy Cognitive Maps (FCMs), которые все шире используются сейчас в различных научных областях: для моделирования и управления сложными системами и описания поведения распределенной системы [256] и организационного поведения [217], для исследования причинно-следственных связей с целью отслеживания несанкционированного доступа в компьютерных сетях [254], в клинической диагностике [236]. Известно, что применение НКК усиливает существующие интеллектуальные методы управления. В отличие от четких – нечеткая когнитивная карта показывает причинную картину, и позволяет представить модель поведения системы в динамике. Также имеется возможность моделировать поведение концептов НКК согласно нечетким правилам и действиям СЭС, описывая их нечеткими множествами или нечеткими интервалами. Для отражения причинно-следственных связей и степени влияния между концептами используются направленные ребра графа, с назначенными весами – результат функции принадлежности, и также можно использовать нечеткие числа и интервалы.

В [235] описывается возможность применения НКК для проведения онтологического поиска: поиск и извлечение знаний из тезаурусов в семантических сетях. Представлен оригинальный алгоритм обучения НКК.

В [214] авторы показывают возможности применения нечетких когнитивных карт для отслеживания воздействия принятых решений в сфере стратегического менеджмента, и построения прогноза развития.

В одной из первых работ, посвященных НКК [241], говорится, что нечеткие когнитивные карты – это символическое представление описания и моделирования систем. Они состоят из понятий (концептов), которые иллюстрируют различные аспекты в поведении системы и связей между этими понятиями, и показывают динамику системы. Для исследования развития НКК

используют человеческий опыт и знания экспертов, которые могут предсказать ответ системы на внешние воздействия и ее поведение в различных обстоятельствах.

Опишем семейство нечетких познавательных моделей сложившееся на сегодняшний день, кратко охарактеризуем его и проанализируем⁸.

Нечеткие когнитивные карты В. Силова [38, 175] опираются на понятие нечеткой нейронной сети. Для решения задач когнитивного моделирования автор вводит каузальную алгебру, в основе которой лежат операции с нечеткими матрицами. Данный аппарат используется для определения взаимовлияния концептов. Под руководством автора была разработана автоматизированная когнитивная система моделирования стратегий КоСМоС.

Нечеткие продукционные когнитивные карты (Rules Based Fuzzy Cognitive Maps RBFCMs) – это комбинация нейронных сетей и нечеткой логики, для которой вводятся нечеткие правила [214], RBFCMs позволяют описать взаимовлияния концептов друг на друга, используя нечеткие продукционные правила.

Обобщенные нечеткие продукционные когнитивные карты (Generalized Rule - Based Fuzzy Cognitive Maps, BFCMs) [192, 193], обобщают свойства нечетких продукционных когнитивных карт и реализующих расширенные возможности по анализу и моделированию сложных систем и используют нечеткие продукционные правила вывода [25].

Нечеткие реляционные когнитивные карты (Relational Fuzzy Cognitive Maps - RFCMs и FRM - Fuzzy Relational Maps) [192, 193, 200], обеспечивают гибкость построения и анализа нечетких моделей слабоформализуемых систем и проблем за счет того, что нечеткие соотношения влияния между концептами представлены реляционно.

Нейтрософские реляционные карты (NRMс - Neutrosophic Relational Maps) [177, 238] в основе которых лежит идея тройственности. Нейтрософской логика характеризует каждое логическое утверждение в 3D-нейтрософском простран-

⁸ Работа выполнена в рамках госбюджетной НИР № 213.01-24/2013-101 ЮФУ и отражена в коллективной монографии Беляков С.Л., Боженюк А.В., Гинис Л.А., Герасименко Е.М. Нечеткие методы управления потоками в геоинформационных системах. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 176 с.

стве, где каждое измерение пространства представляет соответственно истину (Т), ложь (F), неопределенность (I) рассматриваемого утверждения, а Т, F, I являются стандартными или нестандартными вещественными подмножествами $]0, 1^+]$.

Динамические когнитивные сети (DCNs) [248], в которых используется описание с помощью дифференциальных уравнений. В [25] проведен более подробный анализ развития нечетких моделей в сторону нечетких нейронных сетей, авторы описывают предлагаемую классификацию способов интеграции нечетких и нейронных сетей.

В [5] представлены нейронные FCMs, основанные на нечетких реляционных уравнениях. В частности, предлагается решение задачи подстройки весов FCMs с помощью параллельной реализации генетического алгоритма обучения модели когнитивной карты, основанной на нейронной модели.

Когнитивные карты (КК/CM), нечеткие когнитивные карты (FCMs) и динамические когнитивные сети (DCNs) являются комплексным инструментарием, позволяющим моделировать познание людей и строить машинные выводы. FCMs расширяют КК, а динамические в свою очередь расширяют FCMs. При этом, недостатком DCNs является высокая сложность, а CMs/FCMs не достаточно адекватно отображают объект исследования. В работе [248] описывается упрощенная распределенная вычислительная сеть (sDCN), которая расширяет возможность моделирования FCM/CM, при этом сохраняя относительную простоту. В статье доказывается, что существует теоретическая эквивалентность среди моделей в семье когнитивных карт CM, FCMs, и sDCNs. Например, каждому sDCN, может соответствовать FCM или CM, и наоборот; точно так же каждая FCM может быть представлена CM, и наоборот. Т.е. CM, FCMs и sDCNs составляют семейство познавательных моделей, отличающееся от многих расширенных моделей. Также описывается конструктивный подход к преобразованию одной модели когнитивной карты в другие модели когнитивной карты в семье. Поэтому при построении нечетких моделей, специалисты в этой области стремятся построить модель более простыми формами КК.

Такой простой формой будем считать нечеткие когнитивные карты (FCMs/ Fuzzy Cognitive Maps) Б. Коско [241], развитие которых нашло в трудах [238, 239], они и выбраны для решения задач в данной работе; а их теоретическое развитие будет развито и описано в главе 4, при этом за основу взята классическая теория нечетких графов, введенная в обиход Азриэль Розенфельдом в 1975 г. [251], в развитие которой большой вклад внес John N. Mordeson [249, 261], а также следует отметить работы отечественных исследователей [17, 18, 21, 24, 135, 205].

1.4 Обзор и анализ моделей, определяющих характер устойчивого развития социально-экономических систем

В 1968 г. в Риме был образован так называемый «Римский клуб», сообщество европейских ученых в области естествознания, социологии и экономики. В течение последующих 40 лет, членами клуба выполнено свыше двадцати исследований и научных проектов, которые представлялись «Римскому клубу» в форме докладов [1, 42, 92, 93, 126, 133, 134, 158, 162, 196], общий перечень представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Аналитические работы Римского клуба

<i>Год</i>	<i>Наименование доклада</i>	<i>Руководитель проекта</i>
1972	Пределы роста	Д. Медоуз и др.
1974	Человечество на перепутье	М. Месарович и Э. Пестель
1975	Пересмотр международного порядка	Я. Тинберген
1976	За пределами века расточительств	Д. Габор и др.
1977	Цели для человечества	Э. Ласло и др.
1979	Энергия: обратный счет	Т. Монбриаль
1979	Нет пределов обучению	Дж. Боткин, Э. Эльманджра, М. Малица
1980	Третий мир: три четверти мира	М. Гернье
1980	Диалог о богатстве и благосостоянии	О. Джириани
1980	Маршруты, ведущие в будущее	Б. Гаврилишин
1982	Микроэлектроника и общество	Г. Фридрихс, А. Шафф
1984	Третий мир способен себя прокормить	Р. Ленуар
1986	Будущее океанов	Э. Манн-Боргезе
1988	За пределами роста	Э. Пестель
1988	Босоногая революция	Б. Шнайдер
1991	Первая глобальная революция	А. Кинг, Б. Шнайдер
1994	Способность управлять	Е. Дрор
1997	Фактор четыре: удвоение богатства, двукратная экономия ресурсов	Э. Вайцеккер, Э. Ловинс, Л. Ловинс
1997	Пределы социального единства: конфликты и понимание в плюралистическом обществе	П. Бергер
1998	Управление морями как глобальным ресурсом	Э. Манн-Боргезе
1999	В Сети: гипотетическое общество	Ж.-Л. Цебриан
2000	Человечность побеждает	Р. Мон
2001	Информационное общество и демографическая революция	С. Капица
2002	Искусство заставляет думать	Ф. Фестер
2003	Двойная спираль обучения и работы	О. Джарини, М. Малица
2004	Пределы роста – 30 лет спустя	Д. Медоуз и др.
2005	Пределы приватизации	Э. Вайцеккер

Проведем сравнительный анализ наиболее значимых и известных докладов Клуба, которые послужили определенными отправными точками во всех последующих исследованиях, связанных с построением моделей систем глобального уровня в социальной и экономических сферах и представим его результаты в виде таблицы 1.2.

Таблица 1.2. – Сравнительный анализ значимых докладов Римскому клубу

Годы	Автор (под руководством)	Наименование	Идея, объект, предмет	Достоинства	Недостатки	Примечания (аппарат) / Достижения
1970 1971	Джей Форрестер, Денис Медоуз	«Мировая динамика»: МИР-1; МИР-2; МИР-3;	<p>Моделирование развития мировой динамики во взаимосвязи пяти параметров:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) население, капиталовложения, в т.ч. в промышленность, 2) невозобновляемые природные процессы ресурсы, 3) загрязнение окружающей среды, 4) производство продовольствия (сельское хозяйство) 	<p>Исследованы впервые глобальные проблемы современности, изучены их причины и последствия. Впервые системно проанализированы некоторые глобальные экономические, демографические и экологические процессы. Анализируются статистические показатели за период 1900-1970 гг.</p>	<p>Не учитывали возможности сознательного воздействия человека на процесс развития – т.н. «механические» модели. Использовалась недостаточная ретроспективная информационная база. Результаты МИР-3 повторяют выводы МИР-1,2</p>	<p>Система нелинейных дифференциальных уравнений от 40 (Мир-1) и более тысячи (Пределы роста) /</p> <p>Выявлены общие качественные тенденции процесса взаимосвязанного изменения основных переменных системы, проведен анализ чувствительности результатов по отношению к различным заложенным в модель предположениям</p> <p>Качественное понимание глобальности мировых проблем.</p>
1972	Д. Медоуз	«Пределы роста»	<p>Моделирование глобальных структур и процессов во взаимосвязи 5^{ти} процессов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) быстрая индустриализация, 2) рост численности населения, 3) увеличение нехватки продуктов питания, 4) истощение запасов невозобновляемых ресурсов, 5) деградация природной среды. 	<p>Анализируются статистические показатели за период 1900-1970 гг.</p>	<p>Не учитывалась роль науки и техники в решении глобальных проблем.</p>	<p>Качественное понимание глобальности мировых проблем.</p>
1974	М. Месарович, Э. Пестель	<p>«Стратегия выживания» (М-П модель)</p> <p>«Человечество на перепутье»</p>	<p>Построена иерархическая «кибернетическая» модель мира, описывающая 10 подсистем различных регионов мира и использующая весьма разнообразную информацию: миграция, импорт, экспорт и мн.др.</p> <p>Обобщение прогонов М-П модели</p>	<p>Реализованы на практике, в деятельности некоторых государств, например: Египет, Венесуэлла, Австрия, Индия, Финляндия и др.</p>		<p>Система из 200тыс. нелинейных дифференциальных уравнений.</p> <p>Концепция «органического роста»: каждый регион мира должен выполнять свою особую функцию, подобно клетке живого организма</p>

1975	Я. Тиннберген	«Пересмотр международного порядка»	Анализ состояния человечества, направленный на выявление острых контрастов и противоречий в современном мире	Учет научно-технических, социально-экономических и культурных аспектов		Использование качественного анализа перспектив развития человечества
1976	Д. Габор	«За пределами века расточительств»	Исследования запасов природных ресурсов планеты, изучение научно-технического потенциала мира и возможностей его использования для разрешения энергетических, сырьевых и продовольственных проблем.	Учет роли науки и техники и технического потенциала в решении глобальных мировых проблем.		
1977	Э. Ласло	«Цели для человечества»	Анализ «мирового атласа современных целей», рассмотренный на двух уровнях — национальном и транснациональном.	Учет разумного использования энергии и природных ресурсов, продолжение развития, направленного на повышение «качества жизни» каждого человека и благосостояния всех людей на земле		Подробно описаны цели: стран, мультинациональных корпораций, ООН, Международной организации труда, Всемирного совета церквей и Римской католической церкви.
1979	Т. Монбриаль	«Энергия: обратный счет»	Выявлено и опубликовано предупреждение о возможности «2го энергетического кризиса»			
1980	М. Гернье	«Третий мир – ¼ мира»;				Объединены одной широкой темой, – проблемой взаимоотношений между «Севером» и «Югом», разрыва между развитыми и развивающимися странами
1981	Жан Сен-Жур	«Императивы сотрудничества между Севером и Югом»,				
1984	Рене Ленуар	«Третий мир способен себя прокормить»				
1988	Бертран Шнейдер	«Босоногая революция»				
1990	Александр Кинг и Бертран Шнейдер	«Первая глобальная революция»	Проведен системный анализ деятельности Клуба за предыдущие годы, обобщены материалы большинства докладов, в результате предложена программа действий для решения мировой проблематики.	Первый доклад – отчет о деятельности Римского клуба		Подведены итоги 20ти летней деятельности клуба

В последние двадцать лет, идеи, заложенные в моделях Римского клуба не раз использовались и в работах отечественных ученых с учетом Российской специфики, наиболее известные работы, выполнены под руководством В.М. Матросова [146]. Проведенный анализ позволил выявить основополагающие принципы, которые должны быть заложены в любую модель, описывающую социально-экономические процессы. Итак, модель должна быть: построена с учетом человеческого фактора; отражением взаимодействия человека и окружающей среды, и базироваться на теории многоуровневых иерархических систем; управляемой, т.е. включать в себя процесс принятия решений; реализована в режиме диалога между исследователем и ЭВМ.

1.5 Анализ проблем развития социально-экономических систем в России с позиции комплексной безопасности

Россия сегодня находится в состоянии решения важнейшей проблемы – выбора идеологии, политики и сценария устойчивого и экономически безопасного социально-экономического развития на ближайшие годы и в перспективе. Ситуация осложняется наличием международного финансового кризиса и несимметричностью внутрироссийских отраслевых, региональных и социальных задач. Сможет ли Россия стабилизировать экономическую обстановку, дать толчок развитию нового современного направления, вернуться в число ведущих экономических мировых держав? Эти и другие вопросы являются наиболее актуальными в настоящее время.

Считается, что важным аспектом современной экономики является возрастающая роль в ней регионов. Это соответствует принципу субсидиарности, зафиксированному в Маастрихтском договоре и поддерживается органами власти России. Поэтому, прежде, чем анализировать сложившуюся экономическую ситуацию регионов России, остановимся на описании существующего устройства Российской Федерации с целью лучшего понимания взаимоотношений между отдельными субъектами и функционированием системы в целом.

Соподчинение экономических районов и федеральных округов представлено схемой, рисунок 1.7.

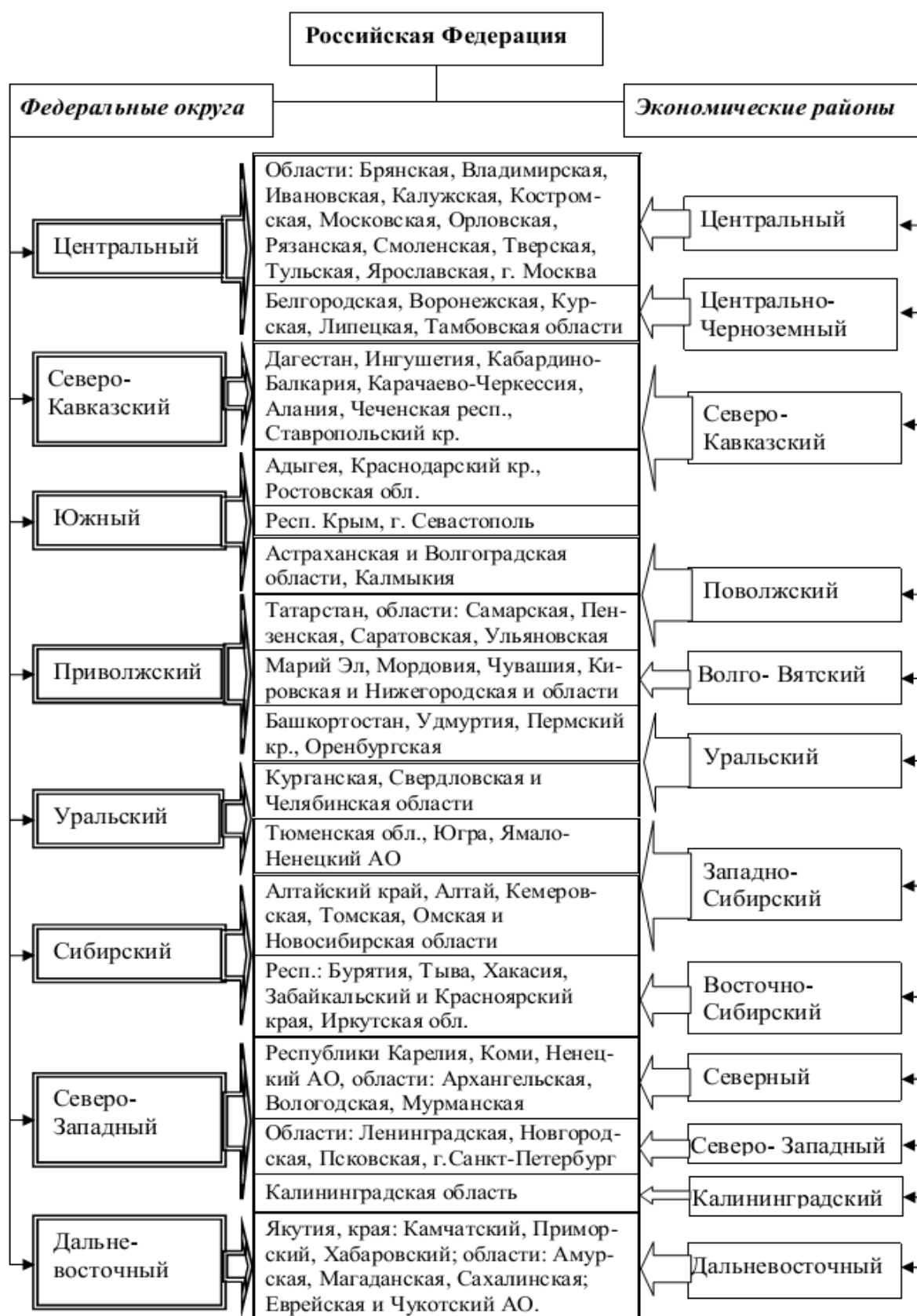


Рисунок 1.7 – Взаимосвязь федеральных округов экономических районов РФ

Данные для разработки схемы были собраны из открытых официальных источников – официальных интернет-порталов федеральных округов и полномочных представителей Президента РФ в федеральных округах: <http://www.rbp.ru/regions/>, <http://www.dfo.gov.ru/>, <http://www.pfo.ru/>, <http://www.szfo.ru/>, <http://www.cfopolpred.ru/>, <http://ufo.gov.ru/>, <http://www.sibfo.ru/>, <http://www.uralfo.ru/>, <http://www.allrussia.tv/krym/>.

Все субъекты РФ с одной стороны группируются в федеральные округа, в настоящее время их выделяют 8, с другой стороны эти же субъекты РФ входят в экономические регионы, которых на данный момент и согласно ОКЭР 024-95 выделено 12.

Выделение территории, которую отличает специализация хозяйства территориального разделения труда, называют экономическим районированием [108]. Иерархичность – вот один из основных признаков выделения экономического района, иерархичность проявляется в построении системы в масштабе страны или крупного региона. Создание оптимальных условий для осуществления научно-обоснованной региональной социально-экономической политики, в том числе территориального прогнозирования и планирования – вот основная цель экономического районирования.

Экономический район – это территориально и экономически целостная часть народного хозяйства, для которой характерны производственная специализация (обусловленная главным образом наличием определенных законов и трудовых ресурсов, экономико-географическим положением данного района), внутрирайонные производственные связи, отличающиеся большой устойчивостью и интенсивностью [108]. На формирование экономических районов страны воздействуют различные сочетания условий природы, экономики и социальной сферы, причем не одно десятилетие.

Рассмотрим тенденции социально-экономического развития округов, субъектов, регионов и районов России в настоящий период. *В ходе анализа необходимо выявить основные факторы, воздействующие на динамику комплексной безопасности социально-экономических процессов*, в том числе: в сфере территориального неравенства в доходах, занятости, состоянии здоровья, уровня образования, обеспеченности основными услугами.

Выделим общие экономические и социальные проблемы, присущие всем регионам России, проанализировав [14, 19, 32, 108, 166], а также открытые источники: информационный портал «Все о географии – Geo Site»

<http://geosite.com.ru>, «Российский статистический ежегодник», выпуски 2003-2016 гг. <http://www.gks.ru>.

В целом, независимо от особенностей географического расположения, все регионы России находятся примерно в равных стартовых условиях для всех граждан, предпринимателей и самого государства. Аналогично и проблемы развития регионов можно выделить похожие, например, во всех регионах России выявлено отсутствие и/или недостаточность развития экспортных и импортозамещающих производств.

Важное значение приобретают экономические связи со странами-членами СНГ и зарубежными странами, так Калининградская область является главным выходом России в страны Европы, Ростовской область может ориентироваться на тесные связи с Азербайджанской Республикой, Республикой Армения, Хабаровский край – на Китай, а Дальневосточный экономический район – на Японию. При этом необходимо помнить об экономической целостности макрорегионов

Необходимо развивать тенденции включения российских регионов в систему международного разделения труда, использовать имеющиеся преимущества в интересах ускорения экономического и социального развития на более высокой, чем ранее, научно-технической основе. В северных и восточных районах, необходимо формировать пути развития территориально-производственных комплексов и промышленных узлов, делая упор на развитие производств комплексной переработки добываемого сырья на местах, выдерживая современные экологические стандарты.

Например, для областей Тульской, Кемеровской, Свердловской, Челябинской, Пермской, Московской, Ленинградской, сохраняют традиционные задачи развития регионов, доставшиеся в наследие от административно-командной системы управления экономикой. Это конверсия оборонных и реконструкция гражданских отраслей хозяйства; серьезная модернизация старопромышленных регионов и оздоровление экологической обстановки. Для традиционно агропромышленных регионов Нечерноземья, Южного Урала,

Сибири, Дальнего Востока необходимо проводить мероприятия с целью преодоления депрессивного сельскохозяйственного состояния, т.к. на большинстве территорий можно видеть заброшенные поселения и сельскохозяйственные угодья. Нельзя не помнить о проблеме малых и моногородов.

Актуальными для всех регионов России являются задачи развития информационной инфраструктуры, внедрение новых информационных и телекоммуникационных технологий, развитие транспортной системы в соответствии с международными стандартами. Решение этих проблем позволило бы России трансформировать структуру экономики и социальной сфер в рыночном направлении в целях обеспечения ее устойчивого развития.

Многие аналитики считают, что неизбежны мировые продовольственные войны, и здесь Россия могла бы здесь «повоевать» причем с выгодой для себя, если заморозить цены на энергоресурсы, удобрения, бензин, технику для фермерских хозяйств, предоставить льготы по налогообложению и кредитованию, разместить государственные заказы. И обратить особое внимание на определенные субъекты таких федеральных округов как Южный, Центральный, Северо-Кавказский и Приволжский. В противном случае мы не можем конкурировать, например, с Ираном или Израилем, где овощи круглый год растут и на открытом грунте, а у нас парники, теплицы и только весна и лето.

Для многих экономических районов России, имеющих выходы к водным просторам необходима реконструкция и расширение портового хозяйства, развитие рыбопромышленного комплекса.

Одним из наиболее перспективных и инвестиционно-привлекательных регионов Юга России является Ростовская область (РО), субъект Южного Федерального Округа (ЮФО) и Северо-Кавказского экономического района. Область представляет собой индустриально-аграрный комплекс, обладающий благоприятными природно-климатическими условиями для жизни и труда людей. В последние 10 лет в РО налажены и бурно развиваются внешнеэкономические операции, область является участником Международного Черноморского Клуба. Здесь созданы благоприятные условия для вложения средств в реализацию

масштабных проектов по развитию приоритетных отраслей экономики, инфраструктуры, социальной сферы.

На первом этапе диссертационного исследования проведен статистический анализ существующей социально-экономической ситуации на Юге России по наиболее существенным и показательным для Ростовской области статистическим социально-экономическим показателям. Данные взяты из официально публикуемых в открытой печати Федеральной службой государственной статистики статистических сборников: «Регионы России. Социально-экономические показатели» и «Российский статистический ежегодник», выпуски за период с 2003 по 2016 гг. (<http://www.gks.ru>).

Для определения уровня экономического развития были проанализированы индексы физического объема валового регионального продукта (ВРП) за период 2000-2013 гг., таблица 1.3.

Таблица 1.3 – Индексы физического объема валового регионального продукта (в %), значение показателя за год

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
РФ	110,6	106	105,5	107,6	107,4	107,6	108,3	108,3	105,7	92,4	104,6	105,4	103,1	101,8
ЮФО	111,5	107,8	106,2	104,6	110,4	106,8	109,2	110,1	108,5	92,8	105,4	106,5	103,7	104,0
СКФО	110,9	112,9	107,3	106,9	112,0	108,6	110,3	110,1	108,4	101,2	103,5	106,5	103,4	103,6
Респ. Адыгея	105,6	100,7	101,2	103,9	111,5	107,9	107,0	116,0	114,0	106,1	104,4	105,6	105,9	102,7
Респ. Дагестан	114,9	119	111,1	113,9	115,9	108,8	115,2	117,0	112,7	108,9	103,6	108,0	104,6	106,3
Респ. Ингушетия	125,1	118,3	79,8	105,5	106,0	102,0	99,9	126,3	98,4	87,9	101,9	109,4	115,3	114,2
Кабардино-Балкарская Республика	118,2	115,0	105,6	104,5	106,2	107,8	104,8	104,8	107,9	104,2	105,5	104,1	105,8	98,8
Карачаево-Черкесская Республика	112,4	113,2	107,4	101,8	107,5	107,2	113,5	103,7	107,8	101,0	101,9	105,2	104,7	99,1
Респ. Северная Осетия -Алания	113,6	109,9	112,8	103,1	105,8	105,5	112,4	106,1	100,4	102,5	106,2	102,9	101,6	103,6
Чеченская Респ.	-	-	-	-	-	-	111,9	126,4	110,5	90,3	96,2	106,8	107,1	100,2
Краснодарский кр.	110,6	98,1	108,5	102,0	109,3	106,1	110,7	110,3	108,8	98,2	106,2	107,6	103,7	103,9
Ставропольский кр.	106,5	110,1	106,5	105,4	113,2	108,3	108,2	104,7	107,7	97,7	104,5	106,7	100,6	102,8
Ростовская обл.	111,0	116,0	104,2	106,4	113,2	106,9	112,2	112,4	110,2	89,2	106,4	106,8	102,5	102,9

Выявлено, что Ростовская область в рамках Северо-Кавказского экономического района занимает место выше среднероссийского и районного показателя. Основными отраслями специализации промышленности Ростовской области являются: машиностроение и сельхозмашиностроение (ОАО «Таганрогский котлостроительный завод», «Ростсельмаш», Новочеркасский электровозостроительный, ЗАО «Красный Аксай»); черная металлургия (Таганрогский металлургический завод – ТАГМЕТ); угольная промышленность, которая сосредоточена городах области: Шахты, Новошахтинск, Гуково и др.;

автомобильная промышленность (Таганрогский автозавод); производство электроэнергии – Волгодонская АЭС; пищевая промышленность; отрасли промышленности строительных материалов. Поэтому был проанализирован агрегированный индекс производства по разделам ОКВЭД: «С» – «добыча полезных ископаемых»; «D» – «обрабатывающие производства» и «E» – «производство и распределение электроэнергии, газа и воды» за период 2000-2014 гг., таблица 1.4.

Таблица 1.4 Агрегированный индекс промышленного производства по видам экономической деятельности: «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». Значение показателя за год, в % к предыдущему году

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
РФ	108,7	102,9	103,1	108,9	108,0	105,1	106,3	106,8	100,6	90,7	107,3	105,0	103,4	100,4	101,7
ЮФО	108,4	107,7	101,8	103,8	108,3	110,1	114,3	111,9	104,3	91,4	108,6	109,5	107,8	104,4	105,2
СКФО	109,7	107,7	99,4	104,5	106,9	114,3	109,1	112,0	101,6	102,3	103,4	109,8	106,3	106,2	100,4
Респ. Адыгея	118,1	102,3	92,2	107,3	133,2	105,3	118,3	120,9	117,9	100,8	115,2	107,2	108,7	102,7	118,5
Респ. Дагестан	100,9	102,9	108,8	94,7	115,1	136,3	108,5	121,4	114,8	106,6	91,2	92,3	100,4	154,0	100,7
Респ. Ингушетия	121,5	134,8	43,2	85,9	91,8	103,5	105,1	71,8	84,4	93,8	97,4	111,4	110,0	116,1	102,8
Кабардино-Балкарская Республика	117,2	111,7	106,0	116,2	104,5	121,5	109,5	106,6	111,7	100,7	100,2	107,9	122,4	93,5	110,3
Карачаево-Черкесская Республика	115,8	119,8	109,2	109,9	107,1	96,4	115,7	112,4	103,7	109,7	116,0	119,7	124,7	89,8	79,2
Респ. Северная Осетия - Алания	108,5	112,4	104,6	95,0	108,4	110,5	92,0	121,6	104,2	98,8	99,0	109,7	102,6	107,9	97,7
Чеченская Респ.	-	-	-	-	-	-	-	100,7	104,7	86,9	93,7	97,3	99,7	101,6	102,6
Краснодарский кр	109,7	101,5	105,0	105,1	105,6	109,2	122,9	111,9	101,9	91,5	104,2	107,1	108,3	102,5	105,3
Ставропольский кр	110,9	104,9	98,4	108,4	104,9	108,7	109,0	109,6	105,3	103,5	105,3	111,9	102,9	103,7	102,4
Ростовская обл.	112,7	118,3	101,9	104,3	116,0	116,1	115,8	119,2	109,0	86,1	114,4	119,3	107,8	106,2	105,4

Можно сказать, что Ростовская область является одним из крупнейших индустриальных субъектов Северо-Северо-Кавказского экономического района. Средние значения основных показателей проиллюстрированы ниже, рисунок 1.8.

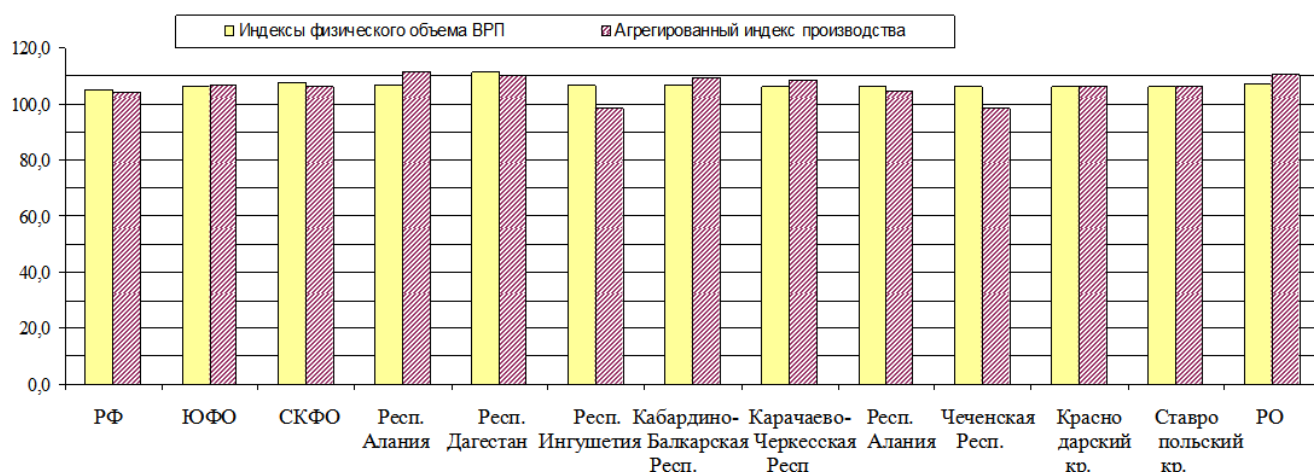


Рисунок 1.8 – Средние темп роста ВВП и агрегированный индекс производства

В разрезе развития сельского хозяйства и разработки стратегий демографической политики был проанализирован показатель «размещенность населения», в результате выявилась следующая неравномерность: удельный вес

городского населения в целом по ЮФО ниже среднероссийского, а по Ростовской области выше, чем по округу, а удельный вес сельского населения кардинально отличается, в целом по ЮФО намного выше среднероссийского, а по РО ниже, чем по округу, но также выше, чем по России в целом, сравнительный анализ доли городского и сельского населения в РО, Южном Федеральном округе и РФ проиллюстрирован на рисунках 1.9 и 1.10.

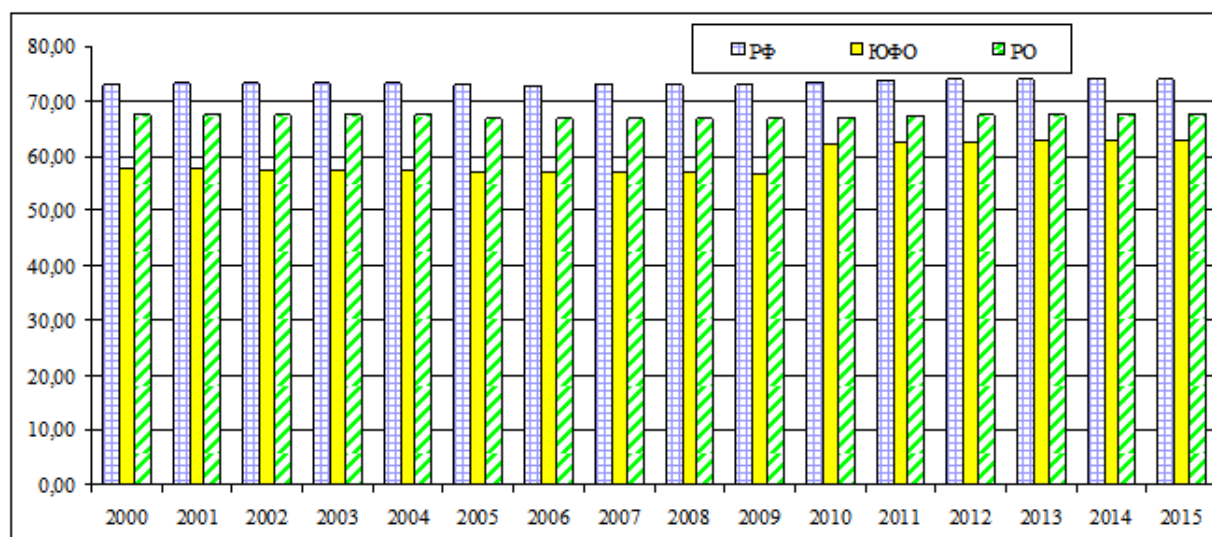


Рисунок 1.9 – Доля (%) городского населения ЮФО и РО в общей численности населения РФ на 1 января

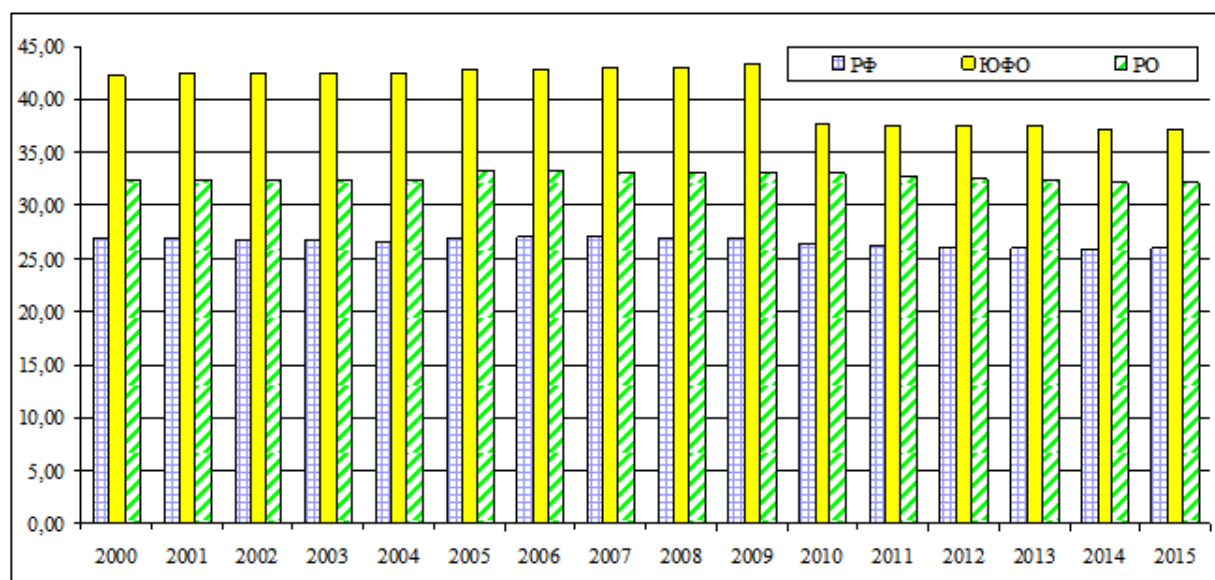


Рисунок 1.10 – Доля (%) сельского населения ЮФО и РО в общей численности населения РФ на 1 января

В последние годы весь Северо-Кавказский район и Ростовская область в частности сталкивается с серьезными экологическими проблемами. Значительное обезвоживание Дона и Кубани, оскудение рыбных ресурсов Азовского моря,

вследствие повышения его солености, загрязнение рек и притоков района, загрязнение атмосферного воздуха. Необходимы серьезные финансовые вложения (крупные инвестиции), в том числе и со стороны государства, для возможности смягчить негативность экологических явлений.

Основными направлениями и проблемами развития народного хозяйства Ростовской области, решение которых крайне актуально сейчас, являются:

- увеличение объемов производства, которые резко сократились в результате наблюдаемого экономического кризиса;
- снижение уровня безработицы и повышение уровня жизни населения, как следствие возможно уменьшение взаимных неплатежей, решение социальных проблем;
- восстановление и реконструкция ВПК;
- модернизация и реконструкция в предприятий машиностроительном комплексе, восстановление нарушенных внутриотраслевых связей;
- повышение уровня энерго- и фондовооруженности сельского хозяйства, развитие лизинговых схем для обеспечения сельского хозяйства современной техникой и минеральными удобрениями по доступным ценам;
- создание оптимальных условий для развития фермерства, в том числе путем приведения земельной реформы в действие, увеличение поголовья скота;
- развитие сектора, перерабатывающего сельскохозяйственную продукцию на месте ее производства;
- развитие туристической инфраструктуры, курортно-рекреационных комплексов и привлечения инвестиций в этом направлении;
- выработка грамотной политики в части использования природных и культурных ресурсов Ростовской области и региона в целом.

А есть ли резервы и каков потенциал устойчивого развития в Ростовской области и Южном Федеральном округе. Ответ однозначно положительный и необходимо отметить, что данный регион обладает уникальными природными ресурсами, благоприятными климатическими условиями. Желательно проводить реструктуризацию отраслей народного хозяйства региона таким образом, чтобы

несколько увеличивать долю производства оборудования для сельского хозяйства, наращивать мощности пищевой и перерабатывающей промышленности, не забывать о научном потенциале, а в регионе имеются серьезные научные школы, и инвестировать в развитие и модернизацию одного из наиболее стратегических секторов, базовую отрасль народного хозяйства как страны, так и Ростовской области – электроэнергетику. Развитие электроэнергетики обуславливает и формирование бюджета, и развитие всех сфер жизни общества.

Для решения этих и других проблем и нахождения оптимальных путей развития предлагается построить модель социально-экономической системы Ростовской области с целью проведения анализа, сценарного прогнозирования и планирования на модели, а далее - выработки эффективных управляющих решений.

Подводя *итог* проведенному анализу существующих проблем моделирования и моделей социально-экономических процессов на глобальном и региональном уровнях, отметим следующее:

- в процессе разработки модели, в рамках комплексного междисциплинарного подхода, необходимо сочетать знаний из различных областей, интеллект человека и возможности современных информационных технологий;
- в модели экономической, необходимо: разумно сочетать и условия социальные и экологические; разрабатывая механизмы выработки обоснованных управленческих решений, помнить о системе ценностей, как отдельных социальных групп, так и общества в целом;
- необходимо наряду с экономическими показателями учитывать исторические и культурные особенности регионов.

Выводы

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

1. Проведенный анализ исторической и существующей экономической ситуации определил научную проблему данного исследования, связанную с

решением проблемы комплексной безопасности социально-экономических систем.

2. В качестве основных угроз (проблем) современности можно выделить такие угрозы, как 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 угроз (проблем) могут быть: развертывание пятой информационной революции, доминирование смешанной рыночной экономики, разворачивание демократических основ в отношениях политиков, взаимопроникновение культур.

3. «Предвидеть, значит управлять», – говорил еще Блез Паскаль в 17 веке. В основу диссертационного исследования предлагается положить видение того, что в наш век применения современных формализованных методов анализа, прогнозирования и планирования, доступных в автоматизированном режиме, построение сценариев будущего становится все более реалистичным и имеется возможность научного предвидения путей развития общества в его различных аспектах: социальном, экономическом, культурном, политическом, научно-техническом, а современный уровень развития экономического моделирования и прогнозирования позволяет в известной мере делать это, хотя недостаточно учитывается влияние человека, поэтому и требуется разработка новых подходов, методов и методик моделирования.

4. 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.

5. Следует обратить внимание на то, что будущая модель должна отображать выявленные особенности СЭС. Разноуровневость опасностей и угроз, некоторые из которых еще и изменчивы во времени; качественно-количественная оценка; необходимость комплексного рассмотрения причин и следствий.

6. Теоретической основой для построения модели в данном исследовании должны быть иерархичность, учет влияния человека, взаимодействие регионов. Обобщающий вывод «причинно-следственные связи в реальном мире никто не отменял...» является подтверждением применения в данной работе когнитивного подхода, использующего структуру причинно-следственных связей. Идеология многовариантности решений и сценарное описание прогноза обосновывает выбор этого направления имитационного моделирования.

7. Выявленные проблемы, характерные как для развития отдельных регионов, так и для всей их совокупности 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.

8. Необходимо разработать такую технологию моделирования, которая позволила бы разрабатывать сценарии развития, оценивать прогнозируемый эффект, а далее – вырабатывать эффективные управляющие решения (грамотной политики) в части использования природных, трудовых, финансовых и культурных ресурсов региональной СЭС, этим требованиям отвечает когнитивный подход, который и предлагается использовать в исследовании.

Глава 2. Теоретические и методологические основы моделирования социально-экономических систем с использованием имитационно-когнитивной технологии

2.1 Технология имитационно-когнитивного моделирования иерархии социально-экономических систем

В диссертации *базовым положением* при разработке имитационно-когнитивной технологии моделирования 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 системы⁹.

Введем определение. *Имитационно-когнитивная технология* - это совокупность, включающая: комплекс когнитивных моделей логико-математического описания объекта, использование структуры причинно-следственных связей, проведение вычислительного эксперимента на основе импульсного моделирования с целью разработки многовариантности решений (прогноза) и построение пространства сценариев развития.

«Предлагается следующая технология моделирования социально-экономических систем (СЭС), рисунок 2.1, основанная на иерархических и/или многослойных четких и нечетких когнитивных моделях и позволяющая вырабатывать управленческие решения для обеспечения комплексной безопасности как отдельных подсистем, так и всей СЭС» [57, 228].

В качестве входной информации на разных этапах технологии наряду с большим массивом статистических данных используются экспертные оценки.

⁹ Работа поддержана грантом РФФИ № 13-01-00475а 2013-15 гг. и отражена в статье Гинис Л.А. Методологические основы нечеткого когнитивного моделирования иерархических проблемно-ориентированных систем // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2326>

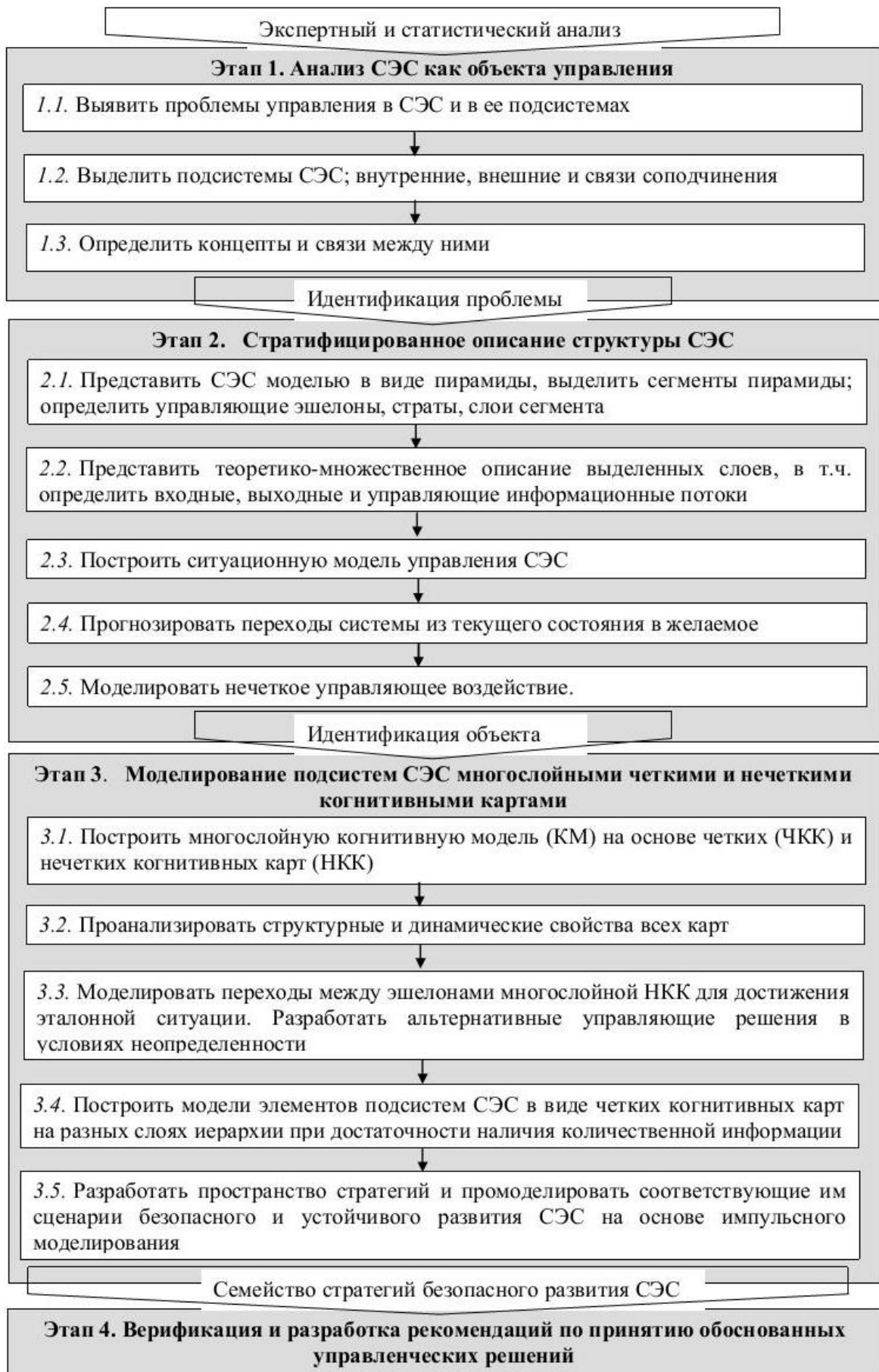


Рисунок 2.1 – Укрупненный алгоритм технологии имитационно-когнитивного моделирования организационных социально-экономических систем

В предложенной технологии заложен принцип сочетания формализованных методов моделирования и экспертных процедур, фазификация на этапе II и дефазификация на этапе III с целью повышения уровня обоснованности и коллегиальности принимаемых управленческих решений в силу принципиальной невозможности полной формализации процедур принятия решений, систем предпочтений и ценностных установок человека. Кроме того, данный подход создает возможность учета региональных исторических ценностей и локальных культур, в отличие от игнорирования данных компонентов в существующих моделях глобального уровня. В результате выполнения всех этапов ЛПР получит набор стратегий безопасного и устойчивого развития СЭС.

2.2 Мета модель социально-экономической системы

На первом шаге строится модель G_0 , которую назовем отправной, в модели отражаются полученные первоначальные визуальные знания о структуре исследуемой системы, ее внешней среде, о характере взаимодействия между вершинами. Верификация модели G_0 может осуществляться экспертными либо формализованными методами, раскрытыми в [3].

«В последнее время одним из наиболее перспективных направлений прикладных исследований в области моделирования сложных систем, неотъемлемой составляющей которых является наличие неопределенности, является метасистемный подход (System of system, SoS – «система систем»)» [98, 258]. Неопределенность, которая присутствует в силу природы сложной системы, затрудняет, а часто исключает применение точных количественных методов и подходов. Метасистемный подход позволяет идентифицировать сложную систему, использовать теоретико-множественное описание на основе нечеткой логики, уточнять модель по данным экспертных оценок, объединять количественные и качественные данные для моделирования и изучения поведения сложных многофакторных систем. Отличительной чертой SoS подхода является то, что это инструмент, позволяющий разрабатывать любую сложную систему, с

учетом критерия эффективности применяемых технических и программных средств с целью прогнозирования, планирования и управления; в рамках подхода возможно учитывать входные информационные потоки разной природы, анализировать динамику развития системы и объекта в целом [211].

При построении формализованной модели сложной системы необходимо учитывать достаточно большой перечень элементов и составляющих, выраженных как в количественной, так и в качественной формах, при условии адекватного отображения всей глубины исследования системы.

Для реализации вышеназванных требований и предлагается использовать метасистемный подход, отличительной чертой которого 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 [31], а также использование метаэвристик [250].

Предлагается когнитивная теоретико-множественная метамодель исследуемой организационной системы, основы которой заложены в работах [119, 120, 205] и развита автором в [74, 75, 76, 228, 231]:

$$M = \{M_O, M_E, M_{OE}, M_D, M_{ГИС}, Q, M_{IP}, M_U, M_H, A\} \quad (2.1)$$

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 $\subseteq \{Opt, Neitr, Pessim\}$, 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;

$M_{ПР}$ – модель принятия решений, которую можно представить в виде кортежа $M_{ПР} = \langle N_M, K_R, ЛПР \rangle$, где N_M – формализованные подходы, а K_R – критерии принятия решения, на конкретном примере рассмотрено в [71, 226];

M_U – модель управляющей системы;

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

A – правила объединения моделей и выбора процессов изменения объекта.

Элементы метамодели (2.1) 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. Следует отметить, что взаимодействия между вершинами иерархической когнитивной модели могут быть представлены системами уравнений, описанными на языке теории вероятностей и нечетких множеств, допускается использование нечеткой логики и метаэвристик для нахождения оптимального решения (пути между вершинами). Покажем это на примере ГИС. Современные геоинформационные системы являются ярким примером организационной системы и внедрены и активно применяются в самых разнообразных сферах экономики. Обобщенная метамодель геоинформационной системы может быть представлена следующим кортежем:

$$M_{ГИС} = \langle S, D, K, I, F \rangle \quad (2.2)$$

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:

$$S = \langle P, W, C, T_D \rangle, \quad (2.3)$$

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, подробно в [79]: *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* из (2.2) 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:

$$AF = \langle R_s, R_D, N, V_O, P_K, X, Y, Ob^{St}, Ob^{Dm} \rangle, \quad (2.4)$$

где R_s – отправная точка в ГИС; R_D – область поставок некоторого объекта; N – транспортная сеть; V_O – временная область; P_K – набор показателей качества объекта; X – некоторый объект для перемещения (или мониторинга); Y – набор внешних воздействий; Ob^{St} – статические объекты – $o \in Ob^{St}, St_j: x_k, x_k \leq x_k^{opt}$. Каждый объект из множества Ob^{St} характеризуется следующим набором параметров: $o \in Ob^{St}: x_k$. К статическим объектам относятся объекты, положение которых не изменяется в процессе функционирования системы: агрегаты, турбины, печи, станки, емкости и т.д.; Ob^{Dm} – динамические объекты (объекты, которые могут изменять свое положение) – $od \in Ob^{Dm}, Dm_l: x_m, x_m \leq x_m^{opt}$. Каждый объект из множества Ob^{Dm} характеризуется следующим набором параметров: $o \in Ob^{Dm}: x_m$. Подробно алгоритм рассмотрен в [60].

Такой метасистемный подход позволяет синтезировать метамодели сложных систем (2.1)-(2.4), 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 из (2.1) в свою очередь описывается кортежем:

$$M_O = \langle T, \text{Matr}, M_{\text{МАПР}}, U \rangle \quad (2.5)$$

где T – теоретико–множественное описание иерархической модели СЭС;

Matr – мета матрица модели, рисунок 2.2;

$M_{\text{МАПР}}$ – 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	0	...	+1	0	$w_{2,j+1}$	...	0	$w_{2,k}$
...	...	...	...	...	...	...	\tilde{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	...	...	...	...	\tilde{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 2.2 – Метаматрица системы [228]

Следует отметить, что вершины $V_1 \dots V_j \dots V_k$ могут быть вершинами как на одном уровне иерархии, так и на разных уровнях, где:

G – четкая когнитивная модель (ЧКМ), где $G = \langle V, E \rangle$ традиционный знаковый орграф, базовые положения теории раскрыты в [28]. В котором V – множество вершин (концептов), вершины $V_i \in V, i = 1, 2, \dots, k$ являются элементами изучаемой системы; E – множество дуг, дуги $e_{ij} \in E, i, j = 1, 2, \dots, n$ отражают взаимосвязь между вершинами V_i и V_j ; при изучении объекта, влияние концепта V_i на концепт V_j может быть: положительное «+» в случае когда увеличение (или уменьшение) одного фактора, приводит, соответственно, к увеличению (или уменьшению) другого; отрицательное «-», в этом случае, наблюдается обратная связь, увеличение (уменьшение) одного фактора, приводит к уменьшению (увеличению) другого; отсутствует «0».

\tilde{G} – нечеткая когнитивная модель (НКМ) в виде нечеткого графа. Более подробно будет описано в п.4.2.

Φ – это параметрический функциональный граф для четких моделей [120, 167, 231], это кортеж $\Phi = \langle (V, E), X, F, \Theta \rangle$, в котором $\langle V, E \rangle = G$ – и это ЧКМ в виде знакового орграфа; $X: V \rightarrow R$ – множество параметров вершин $X = \{X^{(v_i)} \mid X^{(v_i)} \in X, i = 1, 2, \dots, k\}$, а каждой вершине $v \in V$ ставится в соответствие некоторый вещественный параметр Xv ; Θ – пространство параметров; $F = F(X, E)$ – функционал преобразования дуг, как декартово произведение $F: E \times X \times \Theta \rightarrow R$ или $F = f(x_i, x_j, e_{ij})$; R – некоторое преобразование орграфа G с центром в вершине V [181]; F – преобразование может иметь или вид функции f_{ij} или представлен весовым коэффициентом w_{ij} , определенным экспертно или по статистическим данным. В любом случае, необходимо определиться со следующими параметрами характеристики f_{ij} : шкала, показатель, метод, точность, единицы измерения. В этом случае согласно [4] имеем так называемую псевдо-нечеткую модель.

\tilde{S} – когнитивная модель ситуации [130] или ситуационная модель – это набор нечетких ситуаций \tilde{S}^t , каждая из которых описывается составной лингвистической переменной

$\tilde{S}^t = \{ \langle \mu_s(y_q) / y_q \rangle \}, y_q \in Y$, где $\mu_s(y_q) = \{ \langle \mu_{s_l(y_q)}(T_q^l) / T_q^l \rangle \}, l \in L, q \in Q$. При этом:

- вершины взаимно-однозначно соответствуют базисным факторам ситуации, в терминах которых описываются процессы в ситуации. Некоторое подмножество первоначально отобранных базисных факторов может быть верифицировано с помощью технологии data mining, позволяющей отбросить «избыточные» факторы, «слабо связанные» с «ядром» базисных факторов;
- в результате анализа причинно-следственных цепочек определяются взаимосвязи между факторами, описывающие распространение влияний от каждого фактора на другие факторы. Считается, что факторы, входящие в посылку «если...» цепочки «если..., то...», влияют на факторы следствия «то...» этой цепочки, причем это влияние может быть либо усиливающим

(положительным), либо ослабляющим (отрицательным), либо переменного знака в зависимости от возможных дополнительных условий.

Представим иерархическую четкую и нечеткую когнитивную модель организационной СЭС в виде:

$$KM_{ss} = \langle IG \cup I\tilde{G} \rangle, \quad (2.6)$$

$$\text{где } IG = \langle G_k, G_{k+1}, \{E_k E_{k+1}\} \rangle, \text{ при } k \geq 2, \quad (2.7)$$

это иерархическая четкая когнитивная модель организационной системы (СЭС) [224] 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; $\{E_k E_{k+1}\}$ – множество дуг между k -ым и $k+1$ -м уровнями;

$$I\tilde{G} = \langle \tilde{G}_k, \tilde{G}_{k+1}, \{\tilde{U}_k \tilde{U}_{k+1}\} \rangle, \text{ при } k \geq 2 \quad (2.8)$$

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 установим следующие требования, рисунок 2.3.

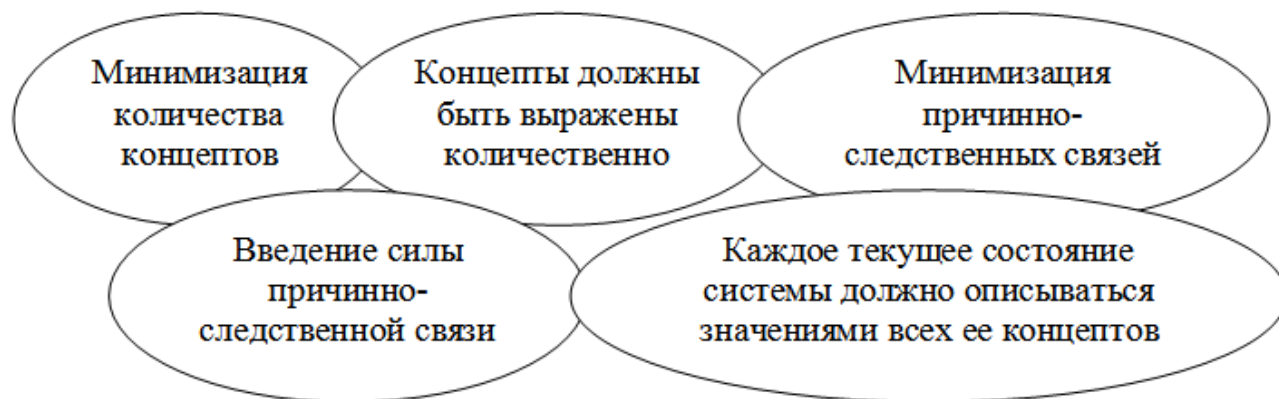


Рисунок 2.3 – перечень требований к когнитивной модели

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. упоминают: «Для описания изменений состояния системы, вызванных воздействующими внутренними и внешними управляющими решениями на нее, разрабатываются сценарии. Среди всех сценариев, ЛПР интересуют те, которые приближают систему к целевому состоянию. Для реализации сценария необходимо иметь вектор допустимых воздействий на подмножество управляемых концептов, что мы будем называть альтернативой. Множество альтернатив невелико и конечно, т.к. количество управляемых концептов конечно».

Моделирование на когнитивной модели проводится пошагово импульсами (элементарными возмущениями). Импульс – есть изменение значения вершины V в момент времени $t+1$ под влиянием множества факторов когнитивной модели при условии, что в предыдущий момент времени её значение было равно $v(t)$.

Суть этого процесса заключается в следующем: одной из вершин задается возмущение, которое влечет за собой изменение показателей на всех остальных вершинах по цепочке, причем усиливаясь или затухая.

Эта вершина актуализирует всю систему показателей, поэтому ее называют активной или активизирующей [201]. Таких вершин может быть несколько, в этом случае будем называть их *комплексным импульсом*, обычно множество активизирующих вершин и начальные изменения в них задаются экспертом. С каждым шагом имитации t , будут меняться значения во всех вершинах, и это изменение может быть описано формулой:

$$v_j^t = v_j^{t-1} + \sum_{(ij)} a_{ij} p_i^t, \quad \text{где } p_i^t = v_i^t - v_i^{t-1}. \quad (2.9),$$

где $t = 0, 1, 2, \dots$ – это дискретные моменты времени, в которые каждая вершина принимает значение v_j^t ; значение v_j^t зависит от значения в предыдущий момент времени v_j^{t-1} ; a_{ij} – вес дуги из вершины v_i в вершину v_j ; p_i^t – изменение в вершине v_i в момент времени t . Использование некоего коэффициента a в качестве веса над каждой дугой, с помощью которого описывается влияние одного показателя на другого, позволяет определять более четкую динамику развития системы.

Принято различать вектора:

$$\left. \begin{array}{l} - \text{исходных значений вершин: } V(\text{исх.}) = (v_1(\text{исх.}), v_2(\text{исх.}), \dots, v_n(\text{исх.})) \\ - \text{начальных импульсов: } P(0) = (p_1(0), p_2(0), \dots, p_n(0)); \\ - \text{значений вершин в момент времени } t: V(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t)) \end{array} \right\} (2.10)$$

С учетом этих обозначений модель развития импульсного процесса можно описать следующей матричной формулой:

$$V(t) = V(\text{исх.}) + (I + A + A^2 + A^3 + A^4 \dots + A^t)^T P(0), \quad (2.11)$$

где I – единичная матрица и A – матрица смежности орграфа размером $n \times n$;

Часто анализируется простой импульсный процесс, который «называется простым, если начальный внешний импульс распределен между всеми вершинами КМ и нормирован к 1» [181]. Но такая ситуация редко соответствует действительности. В моделях, описываемых орграфами можно выявить контуры, которые обеспечивает моделирование обратной связи и это является важнейшей особенностью графовых моделей. Как известно, контуром называется путь, начинающийся и заканчивающийся в одной вершине, т.е. начальная вершина совпадает с конечной. Наличие обратной связи является неотъемлемой составляющей любой сложной системы типа: экологической, социальной или экономической. Замечено, что контуры положительной обратной связи усиливают тенденцию, в то время как контуры отрицательной обратной связи, способствуют подавлению отклонения от исходного состояния.

Для изучения влияния изменения параметров вершин, а также учета влияния контуров обратной связи, пользуются правилом импульсного процесса, который устанавливает, как отклонения одной или нескольких переменных распространяются за некоторое время по системе, при этом согласно [115] и [121, 181] различают:

– распространение возрастающих импульсных воздействий, когда импульсное воздействие усиливается при переходе от одного элемента системы к

$$\text{другому: } w_i(t+1) = w_i(t) \prod_{j=1}^{\text{deg } v_i} \varepsilon_{ji} \text{imp}_j(t); \quad (2.12)$$

– распространение затухающих импульсных воздействий, когда импульсное

воздействие ослабевает при переходе от одного элемента системы к другому:

$$w_i(t+1) = w_i(t) \prod_{j=1}^{\text{deg } v_i} (1 - \varepsilon_{ji} \text{imp}_j(t)), \text{ где } \text{imp}_j(t), j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (2.13)$$

– внешнее импульсное воздействие; ε_{ij} – вес дуги; w_i – показатель состояния концепта.

Таким образом, аппарат когнитивных моделей позволяет формально строить прогнозы развития или траектории движения моделируемой системы в фазовом пространстве ее переменных (факторов) на основе информации о ее структуре и программах развития системы путем аппроксимации их кусками траекторий импульсных процессов на знаковых орграфах [203].

2.3. Методика структурного анализа иерархии когнитивных моделей

Любую сложную систему отличает наличие эмерджентных свойств и иерархии. По [105] любая система обладает тремя глобальными свойствами, рассмотрение которых особенно актуально для таких систем со слабоструктурированными проблемами, как социально-экономическая система (СЭС). Опишем их.

1. Сложность - свойство, рассматриваемое в двух аспектах. Структурная или статическая сложность, в рамках которой исследуется иерархическая структура системы и динамическая сложность, связанная с изменениями системы во времени и под воздействие возмущений. Именно сложность обобщает наличие в сложной системе эмерджентных свойств и иерархии. Анализ сложности рекомендуется проводить в таких направлениях как анализ математической структуры подсистем (компонент) и анализ способов связи этих компонент друг с другом.

2. Свойство «связность», предполагает, в частности, рассмотрение структурной связности, а при наличии иерархии говорят о топологической связности.

3. Устойчивость. Традиционно в задачах исследования устойчивости выделяют две группы: классическая устойчивость «по Ляпунову» и структурная

устойчивость систем. Для решения задач в каждой группе применяются «свои» математические модели внутреннего и внешнего описания объекта исследования.

В диссертации предлагается *изучить* такие вопросы как: устойчивость, связность и живучесть моделей (четких и нечетких), отображающих систему с целью проведения ее структурного анализа и последующего *исследования* системы на модели.

Наиболее многогранным и многоликим с точки зрения системного анализа является свойство устойчивости, рассмотрим его подробно. В [6] отобрано и приводится 61 определение термина «устойчивость», которые авторы обобщают следующим образом: «Устойчивость системы – это интеллектуальное свойство сохранять главные черты своего фазового портрета (динамическое равновесное состояние, структуру и функциональную деятельность), обеспечивая развитие, а также способность реагировать (осиливать, сопротивляться, противодействовать и укреплять) на возмущающие воздействия внутренней и внешней сред и восстанавливать согласованный режим функционирования после возмущений различного рода». Авторы подчеркивают, что понятие устойчивости системы должно быть отделено от таких понятий как надежность, живучесть и ряд других.

По Ляпунову [128, 185] система является устойчивой, если свободная составляющая $x_c(t)$ переходного процесса с течением времени стремится к нулю, «т.е. если $\lim_{t \rightarrow \infty} x_c(t) = 0$ и соответственно, система неустойчива, если свободная составляющая неограниченно возрастает, т.е. если $\lim_{t \rightarrow \infty} x_c(t) = \infty$. Если свободная составляющая не стремится ни к нулю, ни к бесконечности, то система находится на границе устойчивости». Все классические работы в области управления А.М. Ляпунова, А Пуанкаре и др. основаны на математическом описании динамического процесса дифференциальным уравнением.

Если свободное движение линейной или линеаризованной системы описывается однородным дифференциальным уравнением вида:

$$a_n \frac{d^n x(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x(t)}{dt^{n-1}} + a_{n-2} \frac{d^{n-2} x(t)}{dt^{n-2}} + \dots + a_0 x(t) = 0$$

где $x(t) = x_c(t)$ – свободная составляющая выходной величины системы, то, в [128, 185] авторы указывают: «общим условием, при котором такая система устойчива, является следующее: для устойчивости линейной системы управления необходимо и достаточно, чтобы действительные части всех корней характеристического уравнения системы были отрицательными. Если хотя бы один корень имеет положительную действительную часть, то система будет неустойчивой».

В современной теории управления аналогично вводится следующее понятие: система устойчива, если свободная составляющая переходного процесса $x_c(t)$ с течением времени затухает, т.е. если $\lim_{t \rightarrow \infty} x_c(t) = 0$. Свободная составляющая $x_c(t)$ является решением однородного разностного уравнения $(a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \dots + a_0)X(z) = 0$ [128].

Систему, описываемую дифференциальным уравнением вида:

$$x = f(x, t), x(0) = c \quad (2.14)$$

«называют *структурно устойчивой*, если топологический характер траекторий всех близких к ней систем такой же, как у стандартной системы» [105].

Интерес представляет «*понятие связной устойчивости*, это комбинированное понятие устойчивости, сочетающее классические идеи Ляпунова с комбинаторно-топологическим подходом. В этом случае рассматривается вопрос в постановке: останется ли состояние равновесия данной системы устойчивым «по Ляпунову» вне зависимости от двойных связей между состояниями системы» [105]. Определим формально: исходная – это система (2.14), запишем матрицу взаимосвязи $E = [e_{ij}]$, такую, что:

$$e_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если переменная } x_j \text{ оказывает влияние на переменную } x_i, \\ 0 & \text{в противном случае, } i, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

тогда по Касту [105] «состояние равновесия $x=0$ считается *связно устойчивым*, если оно устойчиво по Ляпунову для всех возможных матриц взаимосвязи E ».

Реальные сложные системы, как правило, нелинейные, в частности исследуемая СЭС нелинейна по природе, поэтому приведенное выше линейное

уравнение на практике получается в результате применения каких-то упрощений и линеаризации исходных нелинейных уравнений. В такой ситуации естественно возникает вопрос, в какой мере оценка устойчивости по линеаризованному уравнению будет справедлива для реальной системы. Ответ на этот вопрос был дан русским математиком А.М. Ляпуновым в 1882 г. в его докторской диссертации «Общая задача об устойчивости движения» следующим образом «для суждения об устойчивости линейной системы достаточно определить лишь знаки действительных частей корней характеристического уравнения».

Следует обратить внимание на то, что устойчивость системы зависит только от вида корней характеристического уравнения и не зависит от характера внешних воздействий на систему. Устойчивость есть внутреннее свойство системы, присущее ей вне зависимости от внешних условий [128].

При анализе устойчивости моделей систем и импульсной устойчивости обычно решают одну или несколько из следующих задач:

- 1) оценивают, устойчива или нет система при заданных параметрах;
 - 2) определяют допустимый по условию устойчивости диапазон изменения некоторых незадаанных параметров системы путем построения областей устойчивости [128, 184];
 - 3) с использованием условий структурной устойчивости выясняют, может ли система при заданной структуре в принципе быть устойчивой [128].
- Рассматриваются условия структурной устойчивости, зависящие от общего порядка n характеристического уравнения и от вида полиномов, описывающих «плохие» и «хорошие» звенья системы.

В диссертационной работе рассматриваются первая и третья задачи.

В математике и теории управления разработаны так называемые *критерии устойчивости* – это правила, с «помощью которых можно сделать вывод о знаке корней, не решая характеристическое уравнение и не находя числовые значения самих корней. Названные выше задачи могут быть решены с помощью критериев устойчивости» [128], среди которых выделяют следующие группы.

Алгебраические критерии устойчивости, перечисленные в [128, 184] базируются на анализе характеристического уравнения системы и устанавливают необходимые и достаточные условия отрицательности корней в форме ограничений, накладываемых на определенные комбинации коэффициентов характеристического уравнения:

- критерий Гурвица;
- критерий Рауса или критерий Рауса-Гурвица;
- критерий Лъенара-Шипара, применяется для систем автоматического управления, имеющих порядок характеристического уравнения $n \geq 5$.

Известные частотные критерии устойчивости определяют связь между устойчивостью системы и формой частотных характеристик системы:

- критерий Михайлова или в западной литературе критерий Михайлова-Леонарда-Кремера;
- критерий Найквиста в отличие от Гурвица, Рауса и Михайлова позволяет судить об устойчивости замкнутой системы по амплитудно-фазовой характеристике (АФХ) ее разомкнутого контура.

Логарифмически-частотные характеристики (ЛЧХ) устойчивости также используют критерий Найквиста применительно к ЛЧХ.

С точки зрения системного анализа и теории управления в данной диссертационной работе под устойчивостью будет подразумеваться комбинированное понятие, обобщающее классическую устойчивость по Ляпунову и структурную устойчивость, в основе которой лежит комбинаторно-топологический подход.

Обобщая [105], уточним понятие структурной устойчивости следующим образом. Система структурно устойчива, если достаточно малые изменения структуры самой системы приводят к достаточно малым изменениям в динамике и тенденции ее поведения. В этом случае, цель анализа и исследования заключается в выявлении качественных изменений в траектории движения системы, которые могут возникнуть при изменении структуры самой системы.

Живучесть - это чувствительность графа к повреждениям [197]. Мерой *живучести* для модели в виде орграфа служит минимальное число элементов графа, выход из строя которых под влиянием внешних воздействий приводит к нарушению связности структуры системы. В [116, 176, 197] различают вершинную связность и реберную связность.

Впервые в России в монографии Черкесова Г.Н. были раскрыты логико-вероятностные модели живучести (в отличие от надежности) [202]. Продолжение этой работы находит отражение в [116], где определено, что «Изучение живучести систем возможно с помощью вероятностных моделей, в рамках современной математической теории надежности, и детерминистическими, в рамках механики катастроф». В [121] от живучести переходят к надежности и вводится теорема о предельной надежности.

Алгоритм повышения стойкости системы со структурой в виде четкого орграфа (ЧКМ) приведен в [116], а алгоритмы повышения живучести для НКМ в [21].

В результате проведенного анализа выявлены две проблемы.

Классическое определение устойчивости по Ляпунову предполагает описание системы в виде дифференциальных уравнений. В данной работе используется *принципиально другой подход*, в основу моделирования СЭС положено теоретико-множественное и графовое описание, поэтому разрабатывать и применять к анализу классической устойчивости известные алгебраические и/или частотные критерии не всегда представляется возможным.

Также следует отметить, что задача о структурной устойчивости в общем виде не решена и в наши дни, и требует в каждом конкретном случае отдельного исследования и решения, в том числе и по причине отсутствия определения «малые изменения структуры».

Для решения этих проблем в данной работе предлагается методика структурного анализа иерархии когнитивных моделей сложной системы типа СЭС на связность, устойчивость и живучесть, включающая четыре этапа исследования.

Введем определение 1. Основываясь на [30, 105, 138, 185] будем считать, что модель организационной системы (далее будем употреблять просто термин «система») типа СЭС устойчива, если она способна сохранять требуемые свойства в условиях действия возмущений.

В результате проведенного анализа работ, посвященных данной тематике считаем, что *определение 1* необходимо расширить следующим образом:

Определение 2. Модель организационной системы (далее будем употреблять просто термин «система») типа СЭС устойчива, если она способна сохранять требуемые свойства при реагировании на изменения окружающей среды (например, действия возмущений или случайные помехи) и в определенной степени обладает свойствами надежности и живучести.

Опишем нашу методику.

Этап 1. Структурный анализ когнитивной модели.

На данном этапе проверяется устойчивость когнитивной модели (G), находящейся под воздействием импульсных процессов.

Шаг 1.1. Провести проверку устойчивости когнитивной модели (четкой или нечеткой) в виде орграфа G , которая «сводится к исследованию простых вопросов об его собственных значениях» с учетом следующих критериями устойчивости, в качестве которых выступают теоремы 4.6–4.8 по [167]. В [167] Ф.С. Робертс пишет:

«Теорема 4.6 в обратной формулировке: «Если взвешенный орграф G имеет хоть одно собственное значение $|\lambda_i| > 1$, то G импульсно неустойчив для некоторого простого импульсного процесса».

«Теорема 4.7: «Пусть все ненулевые собственные значения λ_i взвешенного орграфа G различны и не превосходят по абсолютной величине единицы. Тогда G импульсно устойчив для всех простых импульсных процессов». Т.е., если все $|\lambda_i| \neq 0$ между собой неравны и $|\lambda_i| \leq 1$, то G импульсно устойчив»».

«Теорема 4.8: Взвешенный орграф G абсолютно устойчив для любого простого импульсного процесса тогда и только тогда, когда G импульсно устойчив для любого простого импульсного процесса и среди $|\lambda_i|$ нет $= 1$ ».

Не требует доказательства утверждение, что комплексный вектор (импульс) есть *композиция* (как дизъюнкция по отдельным разрядам) простых (единичных) векторов (импульсов). Тогда, применяя для доказательства метод математической индукции, можем утверждать, что то, что справедливо для двух векторов и т.д. для $N-1$ векторов, то и справедливо для N векторов, т.е. теоремы 4.6-4.8 справедливы и для комплексных импульсных процессов.

Замечание. Возможность применения подхода Робертса (шаг 1.1) к исследованию структурной устойчивости на НКМ показана в [208]. Кроме этого, автор предлагает собственный подход, который называет «анализ устойчивости объекта с интервальной неопределенностью» [208], в том случае если вес дуги оценивается с помощью интервала.

Шаг 1.2. Проанализировать орграф G на наличие отрицательных и положительных контуров (циклов) по [167, 198, 259]. Учте утверждение [259]: «Контур усиливает отклонение тогда и только тогда, когда он содержит четное число отрицательных дуг (в противном случае это контур, противодействующий отклонению)».

Имеем в виду [85]: «что цикл является контуром положительной обратной связи (положительный), если он содержит четное число отрицательных дуг. Такой цикл усиливает тенденцию к отклонению, а контур отрицательной обратной связи (отрицательный), в котором нечетное число отрицательных дуг и он подавляет тенденцию к отклонению, система стабилизируется. Таким образом, можно сделать вывод, что система устойчива, если в ней нечетное число отрицательных контуров».

Шаг 1.3. Проанализировать орграф G на наличие некоторых структур с целью выяснения типа необходимых изменений, приводящих к устойчивости структуры. Такой структурой является орграф типа «роза» [167и 181].

Если такие структуры найдены, то модель можно перенастроить и привести к наличию устойчивой структуры.

Этап 2. Исследование связности.

ЧКМ в виде орграфа G сильно связана тогда и только тогда, когда в нем имеется полный замкнутый путь, доказательство приведено в [167]. Известны критерии односторонней и слабой связности по [167]: орграф односторонне связан тогда и только тогда, когда в нем имеется полный путь; орграф слабо связан тогда и только тогда, когда в нем имеется полный полупуть.

НКМ в виде нечеткого орграфа $\tilde{G} = (X, \tilde{\Gamma})$ будем называть сильно связанной по [18], если выполняется условие: $(\forall x_i \in X)(S_{\tilde{\Gamma}(x_i)} = X)$, где $S_{\tilde{\Gamma}(x_i)}$ – носитель нечеткого множества $\tilde{\Gamma}(x_i)$. А $\tilde{\Gamma}(x_i)$ – это нечеткое множество на множестве вершин X , достижимых из вершины x_i по некоторому нечеткому пути с соответствующей конъюнктивной прочностью.

Таким образом, НКМ является сильно связанной, если между любыми двумя вершинами существует нечеткий путь с конъюнктивной прочностью, не равной нулю. Это положение будет рассмотрено в п. 4.2 работы.

Этап 3. Исследование живучести.

В данной диссертационной работе предлагается исследовать степень живучести для НКМ, что будет продемонстрировано в п.4.4.2 работы. Для ЧКМ достаточно использовать традиционный подход, описанный в [197].

Этап 4. Исследование устойчивости иерархии моделей.

В диссертационной работе (гл.3, п.3.1.3) описываются условия полной и устойчивой стратификации по [137]. Устойчивая отличается тем, что для нее не требуется независимости любой пары «воздействие – обратная связь», достаточным является локализация некоторых откликов системы в соответствующей страте.

Введем утверждение. Иерархия моделей системы структурно устойчива, если структурно устойчива каждая из ее отдельных моделей подсистем и присутствует связность системы, что вытекает из следующих постулатов:

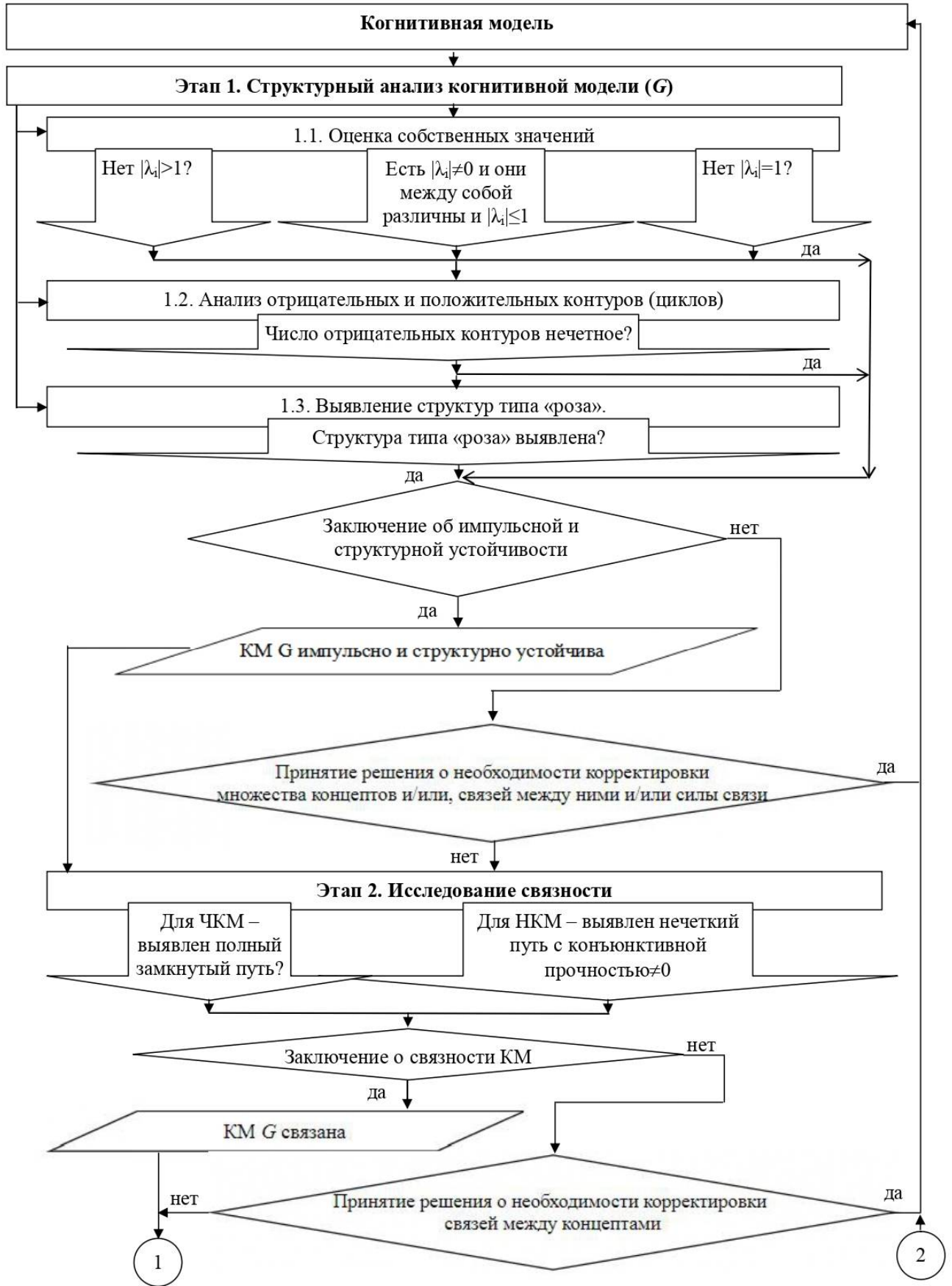
- иерархическая система обладает свойством структурной связности, т.к. отдельные элементы находятся в причинно-следственных связях друг с другом;

- иерархический подход влечет за собой следующее: поведение системы L-го уровня объясняется свойствами подсистем непосредственно нижележащего (L-1)-го уровня и особенностями их взаимосвязей.

Тогда для анализа иерархии моделей принять отдельные подсистемы за вершины, и определить граф переходов (или ситуационную модель), у которого веса над ребрами (дугами) описывают интенсивность (силу взаимодействия) перехода из состояния в состояние, что позволяет записать систему дифференциальных уравнений, либо систему алгебраических уравнений, затем применить один из классических критериев Гурвица или исследовать матрицу смежности и вид ее собственных значения λ_i . Вернуться на этап 1 и провести структурный анализ.

Заметим, что более важным и актуальным является исследовать существующую структуру (структуру модели, отображающей СЭС), а не стремиться построить устойчивую модель, что может быть и не реальным в жизни и неадекватно отображать действительность.

Описанную выше методику структурного анализа иерархии когнитивных моделей представим в виде алгоритма, рисунок 2.4



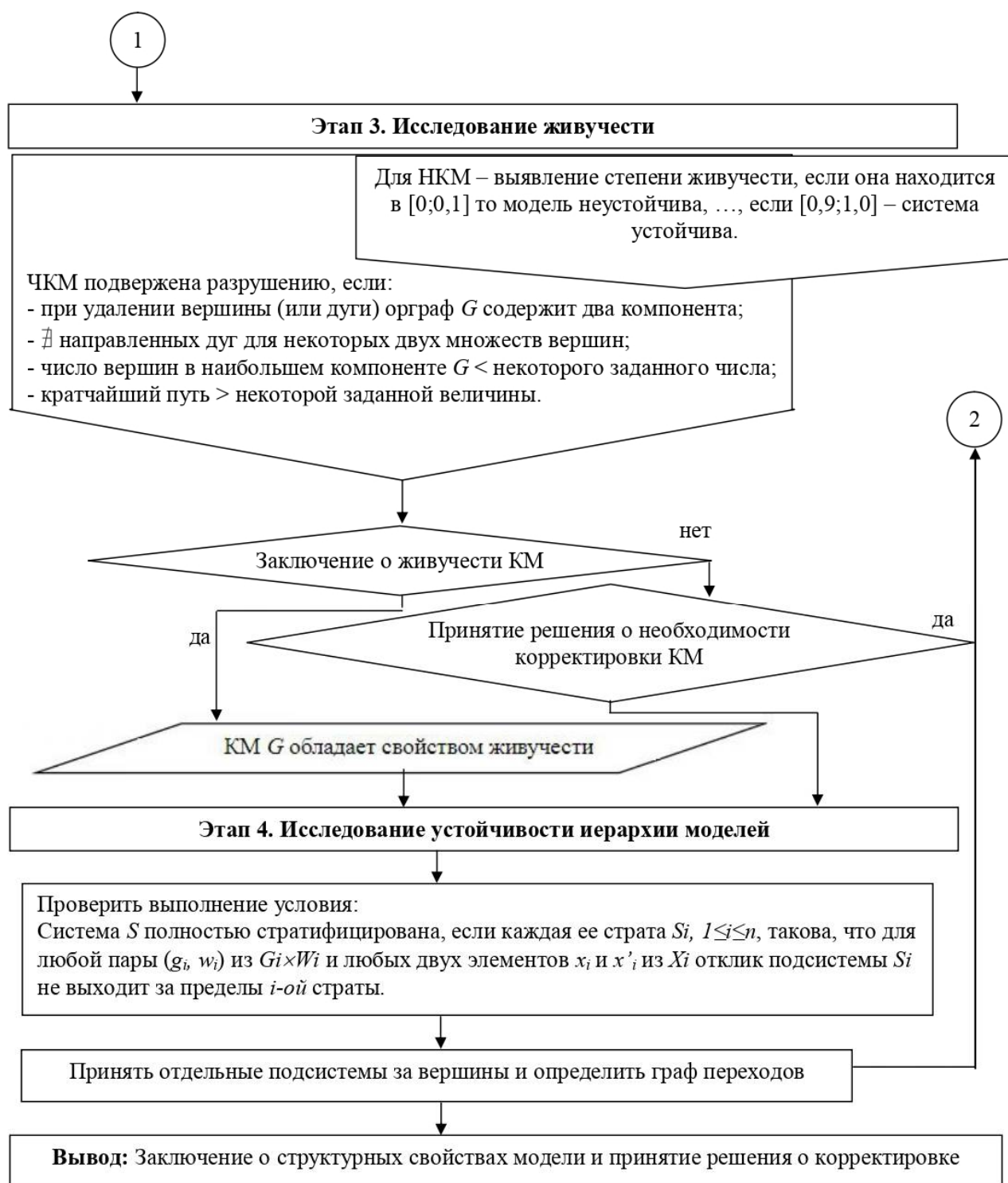


Рисунок 2.4 – Алгоритм структурного анализа иерархии когнитивных моделей

Представленный алгоритм отражает многомодельный подход, подход раскрыт в [147].

2.3.1 Анализ свойства чувствительность

Одной из наиболее важных характеристик СЭС является ее чувствительность к различного рода возмущающим воздействиям окружающей среды. Эта характеристика и сегодня остается досконально не изученной, и поэтому наиболее актуальной для исследования, если мы хотим понять, как построить устойчивую модель системы для возможности прогнозирования ее развития с целью оптимального управления. Подобные вопросы часто поднимаются в современных исследованиях [221, 237, 262]. Поэтому проблема анализа чувствительности в СЭС очевидна.

Под *анализом чувствительности* будем понимать некоторый круг задач, связанный с анализом влияния изменения исходных параметров некоторой модели на ее конечные характеристики. В частности, при исследовании чувствительности математической когнитивной модели, будем применять процедуру поиска ответа на вопрос: «Что произойдет с результатом моделирования, если параметры модели изменят свои исходные значения под влиянием возмущений?» Задача состоит в построении робастной модели, обладающей малой чувствительностью к случайным возмущениям своих параметров.

Чаще всего для проведения анализа чувствительности используют имитационное моделирование. В качестве интегральных показателей, характеризующих результат моделирования, используются расчетные значения основных технических или эксплуатационных характеристик. Тогда, изменяя значения одного из параметров с некоторым шагом при постоянных значениях других, и каждый раз пересчитывая результат, получаем функцию зависимости модели по этому параметру, ее первая производная по параметру – чувствительность модели.

Пусть результат моделирования представляется функцией общего вида: $\Psi = \Psi(b, z(b))$, где b - варьируемые параметры; $z(b)$ - решение уравнений состояния системы. Цель анализа чувствительности определить полную производную таких

функций от варьируемых параметров, т.е. найти $\frac{d\Psi}{db}$. Используя правило дифференцирования сложной функции получаем:

$$\frac{d\Psi}{db} = \frac{d\Psi}{db} + \frac{d\Psi}{dz} \cdot \frac{dz}{db} \quad (2.15)$$

Принято уравнение состояния системы записывать в следующем виде:

$$K(b) \cdot z(b) = F(b) \quad (2.16)$$

где $K(b)$ - матрица отклика, а $F(b)$ - матрица внешнего воздействия.

Дифференцируя обе части уравнения состояния (2.16), находим выражение для: $\frac{dz}{db} = K^{-1}(b) \cdot \left[\frac{\partial F(b)}{\partial b} - \frac{\partial}{\partial b} (K(b) \cdot \tilde{z}) \right]$,

где \tilde{z} - обозначает переменную, которая должна быть в процессе частного дифференцирования постоянной.

Подставляя это выражение в уравнение для чувствительности (2.15) получаем общий вид основной формулы задачи анализа чувствительности:

$$\frac{d\Psi}{db} = \frac{d\Psi}{db} + \frac{d\Psi}{dz} \cdot K^{-1}(b) \cdot \left[\frac{\partial F(b)}{\partial b} - \frac{\partial}{\partial b} (K(b) \cdot \tilde{z}) \right] \quad (2.17)$$

Такой подход был бы применим к нашей модели СЭС, если бы не ее разнородность, необходимость учета неопределенности и риска человеческого фактора. Поэтому для решения задачи исследования чувствительности нечеткой модели *предлагается использовать теорию нечетких множеств* ввиду невозможности применения классического дифференциального подхода к анализу чувствительности.

Пусть функция принадлежности – это степень удовлетворения целевых системных параметров. В условиях неопределенности понятно, что функция принадлежности на входе линейна, а на выходе – нелинейна.

Дифференциальная чувствительность S некоторой функции F исследуемой системы относительно ее характеристики K это процентное изменение F из-за изменений K , в идеале равна нулю и может быть описана уравнением:

$$S_K^F = \frac{d \ln F}{d \ln K} = \frac{dF / F}{dK / K}, \quad (2.18)$$

где $F=Y(s)/X(s)$, $X(s)$ и $Y(s)$ – входная и выходная характеристики.

Понятно, что в этом случае чувствительность изучается только относительно частотных границ нашей функции.

Для того, чтобы расширить границы определения чувствительности введем функцию принадлежности. В этом случае нечеткий анализ будет определяться во времени, не ограничен частотными границами и линейностью функции.

Функция нечеткой чувствительности может быть выражена следующим образом [145]:

$$\mu_Y(y;t) = \Phi[\mu_{X_1}(x_1), \mu_{X_2}(x_2), \dots, \mu_{X_n}(x_n); t], \quad (2.19)$$

где $\bar{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^t$ - n компонентный вектор нечеткой выходной переменной $y(t)$, которая характеризуется функцией принадлежности $\mu_Y(y;t)$ и может быть интегралом или скалярной функцией. В системе учитывается n параметров.

Φ – это нелинейная алгебраическая функция времени t , тогда отображение $X \rightarrow Y$, где X – прямое произведение $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$, $X_i \in R^1$ и $Y \in R^1$

Тогда следуя (2.15), определим нечеткую чувствительность целевой функции y относительно n нечетких параметров x_1, x_2, \dots, x_n следующим образом:

$$\begin{aligned} S_{x_1, x_2, \dots, x_n}^y(t; \mu_Y(y), \mu_{X_1}(x_1), \mu_{X_2}(x_2), \dots, \mu_{X_n}(x_n)) &= \\ &= \frac{1 - \mu_Y(y)}{1 - w_1 \mu_{X_1}(x_1) - w_2 \mu_{X_2}(x_2) - \dots - w_n \mu_{X_n}(x_n)} \end{aligned} \quad (2.20)$$

где $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$ весовые коэффициенты и $0 \leq w_i \leq 1$ для всех i .

При этом именно величина $1 - \mu(\cdot)$ оценивает процентное отклонение текущего значения от желаемого.

Предлагается использовать симметричную функцию принадлежности [13, 95] $\mu_{X_i}(x_i)$, $i=1, 2, \dots, n$ и для параметров x_i и для выходной переменной y , рисунок 2.5. Некоторый параметр β_i и константа γ_i задаются экспертом, при $\beta_i=1$ и $\gamma_i=1$ имеем линейную зависимость, при $\beta_i > 1$ и $\gamma_i > 1$ происходит растяжение, а при $\beta_i < 1$ и $\gamma_i < 1$ – сжатие функции.

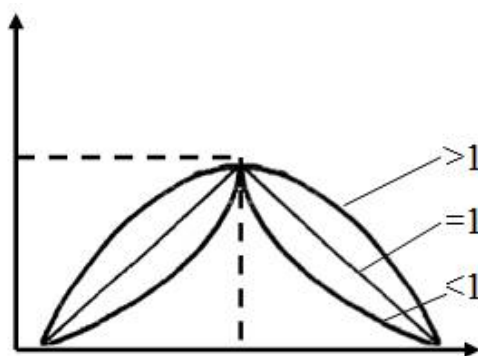


Рисунок 2.5 – Функция принадлежности нечеткой переменной

Функция на входе и выходе может быть выражена следующим образом:

$$\mu_X(x_i) = \begin{cases} 1 - (d_i / D_i)^{\beta_i} = 1 - (|x_i - x_i^*| / D_i)^{\beta_i}, & \text{где } d_i \leq D_i \\ 0 & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (2.21)$$

$$\mu_Y(y) = \begin{cases} 1 - (e / F)^{\gamma} = 1 - [(y - y^*) / F]^{\gamma}, & \text{где } y \geq y^* \\ 1 - (e / F)^{\gamma} = 1 - [(y^* - y) / E]^{\gamma}, & \text{где } y \leq y^* \\ 0 & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

Константы D_i назначаются разработчиком системы – экспертом, константы y^* , E и F определяются объективно, например, в рамках целевой функции и выступают в качестве ограничений.

Применение теории нечетких множеств к формализации анализа нечеткой чувствительности модели системы позволяет исследовать чувствительность в случае многомерных параметрических вариаций. Можно сказать, что этот подход это некая форма шкалирования и нормализации за счет ввода функции принадлежности с областью значений $[0, 1]$ и ввода параметров β и γ . Использование интервальных значений позволяет получать более близкие к реальности описания изменяющихся ситуаций в СЭС в условиях неопределенности разного рода и риска человеческого фактора.

2.4 Комплекс моделей для логико-математического блока принятия решения¹⁰.

Предлагается следующий подход к построению модели сложной организационной системы со слабоструктурированными проблемами [34].

При принятии решения, например, в сферах социологии и экономики, большинство лиц, принимающих решение (ЛПР) не используют весь спектр возможностей количественного анализа, практика проверять свои решения и анализировать их последствия с помощью вычислительного эксперимента используется редко. Об этом отмечал еще Саати [170].

Обычно, при принятии решений в сложной системе (или ситуации) со слабоструктурированными проблемами, эксперт (ЛПР) выстраивает собственную модель проблемной области, на основе которой он пытается объяснить происходящие в реальности процессы. При этом объективные закономерности реального мира представляются субъективными экспертными оценками.

Следует помнить, что в социально-экономических системах в задаче устойчивого развития в настоящее время существуют количественно представленные критерии, т.н. индикаторы устойчивого и безопасного развития, некоторые из них перечислены в таблице 4.1. Многие из них напрямую связаны с наличием или отсутствием, например, ресурсов, это могут быть требования к охране окружающей среды, площади земель по категориям и т. п., но также ряд индикаторов измеряется бинарно: «да»/«нет» или качественно.

Следовательно, в процесс разработки системы поддержки принятия решения должна быть заложена модель принятия решения в нечетких условиях. Активные научные исследования по разработке таких моделей ведутся давно. Но чаще всего, исследователи идут по пути формализации отдельных процессов и/или этапов принятия решения, а встретить обобщенную модель, которая включала бы все этапы затруднительно. Решением этой проблемы может быть

¹⁰ Материал п.2.4 отражен в Гинис Л.А., Гордиенко Л.В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 160 с.

применение комплекса согласованных между собой моделей, работающих в условиях неопределенности и отражающих различные стороны функционирования системы.

Для решения задач моделирования и анализа таких систем как раз и предназначен предлагаемый комплекс взаимодействующих моделей, включающий [82]: модели динамики нарастания показателя; игровые модели; применение ситуационной модели и положений нечетких множеств.

Комплекс имеет следующие характеристики: многогранность оценивания, наличие жестких стандартов, что влечет за собой формализацию оценки, иерархичность структуры оценивания, например, принимаемого решения [56].

В известной работе «Новая парадигма развития России (комплексные проблемы устойчивого развития)» под. ред. В.А. Коптюга, В.М. Матросова и др. [146] предлагается логико-математический подход с использованием элементов искусственного интеллекта к решению стратегических проблем безопасности и устойчивого развития СЭС. В рамках подхода описана структурная схема процесса принятия решения, в которой центральным звеном является совокупность таких блоков как «генерация альтернатив», «задание предпочтений» и «логико-математические модели», рисунок 2.6.

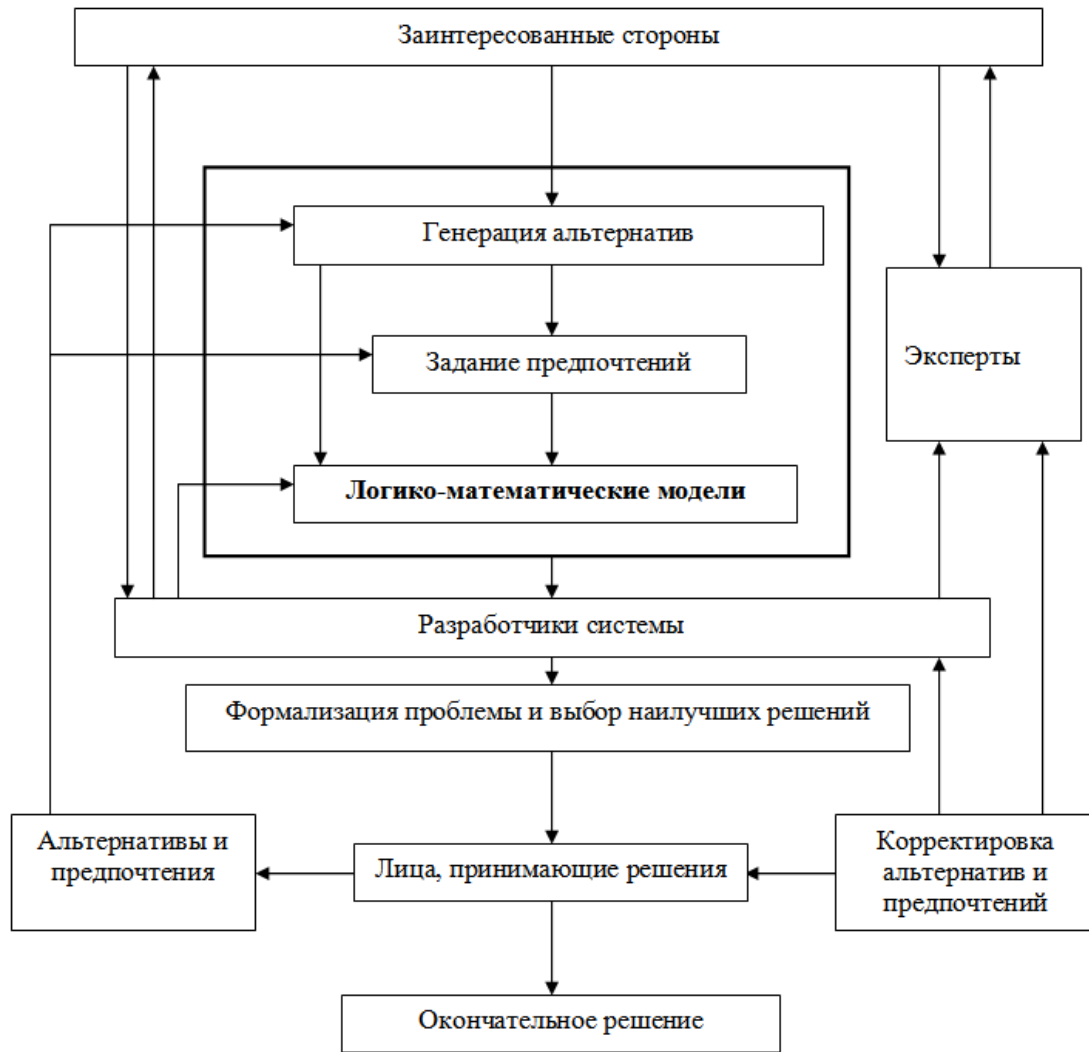


Рисунок 2.6 – Структурная схема процесса принятия решений

Однако остается открытым вопрос, чем заполнить блок «логико-математические модели». Для его наполнения предлагается следующий комплекс моделей, базирующийся на когнитивном подходе, теории иерархических структур, графовых моделях и нечетких множествах.

Четкая когнитивная карта описывает общее представление простых подсистем модели на одном уровне иерархии и использует математический аппарат ориентированных графов. Иерархические когнитивные карты строятся по принципу иерархических структур с использованием эшелонов и стратифицированного описания. Нечеткие иерархические когнитивные карты описываются аппаратом нечетких орграфов. Нормативное и изыскательное технологическое прогнозирование положено в основу научной подготовки стратегии исследований и развития НИОКР. Статистические трендовые модели

необходимы для сопоставления со сценариями, выявленными в ходе импульсного моделирования; многомерные методы статистики, такие как факторный анализ, выявляют степень значимости между факторами, а полученные коэффициенты корреляции используются для назначения весов над дугами в нечетком графе, кластерный анализ может быть применим для определения наиболее значимых вершин, в которые надо «запускать» импульс или для выявления слоев иерархической структуры. Импульсное моделирование на графовой модели используется с целью выявления перспективных направлений развития системы.

Такой комплекс моделей строится с учетом законов поведения сложных иерархических структур, достаточно нагляден, прост для понимания, отвечает требованиям полноты системы и возможности масштабирования. Как результат, можно говорить о формализации выработки и оценивания принимаемого решения.

2.5 Классификационная схема методов моделирования и прогнозирования¹¹ [60, 62, 67]

Известно несколько видов моделирования, рисунок 2.7.

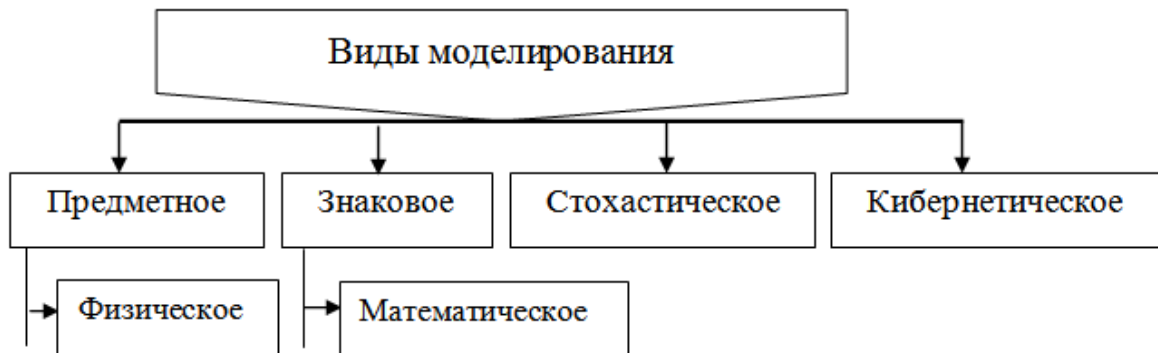


Рисунок 2.7 – Виды моделирования

Широко известна модель системы в виде черного ящика, этот подход используется при кибернетическом моделировании, при этом черный ящик,

¹¹ Гинис Л.А. Научное предвидение в современном мире. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – 172 с.; Гинис Л.А. Обзор методов научного прогнозирования // Известия ЮФУ. – 2009. – №3 (92). – С. 231-236.; Гинис Л.А., Гордиенко Л.В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 160 с.

описывается как некоторые соотношения между входами (внешние воздействия на изучаемую систему) и выходами (реакция на воздействия, поведение) системы.

При прогнозировании развития социально-экономической системы сегодня применяется достаточно разно образный арсенал научных методов, методологий, включая искусственный интеллект. В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. упоминают, что: «Известный ученый Эрих Янч, более 50 лет назад насчитывал около двухсот методов [210], и этот перечень не является исчерпывающим, однако на практике, как правило, используется лишь 15-20».

Как известно под методами прогнозирования понимается «совокупность приемов и способов мышления, позволяющих на основе анализа ретроспективных данных, экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) связей объекта прогнозирования, а также их измерений в рамках рассматриваемого явления или процесса выводить суждения определенной достоверности относительно его (объекта) будущего развития» [199].

В числе общих принято выделять: исторический, комплексный, системный, структурный и системно-структурный методы. Специфические методы экономического прогнозирования предполагают использование инструментов экономической прогностики, например, методы экономико-математического моделирования, статистической экстраполяции и др.

Эвристические и экономико-математические методы, объединенные в одну группу описаны в [12]. Эвристические напрямую связаны с интуицией, опытом, творчеством. Экономико-математические методы, как правило, применяются при наличии достаточной статистической базы или количественных данных, полученных в результате объективного наблюдения и измерения и их можно представить следующим образом, таблица 2.1 [10].

Таблица 2.1 – Классификация ЭММ

По оптимальности По точности решения	Оптимизационные	Неоптимизационные
Точные (единственное решение по заданному критерию)	Оптимизационные точные: методы теории оптимальных процессов, некоторые методы математического программирования и методы исследования операций	Неоптимизационные точные: методы элементарной математики и классические методы математического анализа, эконометрические.
Приближенные	Оптимизационные приближенные: отдельные методы математического программирования, методы исследования операций, методы экономической кибернетики и математической теории планирования экстремальных экспериментов, эвристические методы.	Неоптимизационные приближенные: методы математической статистики

Объединив вышеназванные две группы, т.е. качественный и количественные подходы, мы получим метод сценариев – эффективное средство для организации прогнозирования. Как известно, под сценарием подразумевается модель будущего в изыскательном прогнозе, в которой описывается возможный ход событий с указанием вероятностей их реализации.

В сценарии определяются основные факторы, которые должны быть приняты во внимание, и указываются, каким образом эти факторы могут повлиять на предполагаемые события [12].

На рисунке 2.8 приведена авторская графическая интерпретация сценарного планирования [62], за основу было взято изображение модели сценариев немецким исследователем Х. Гешка.

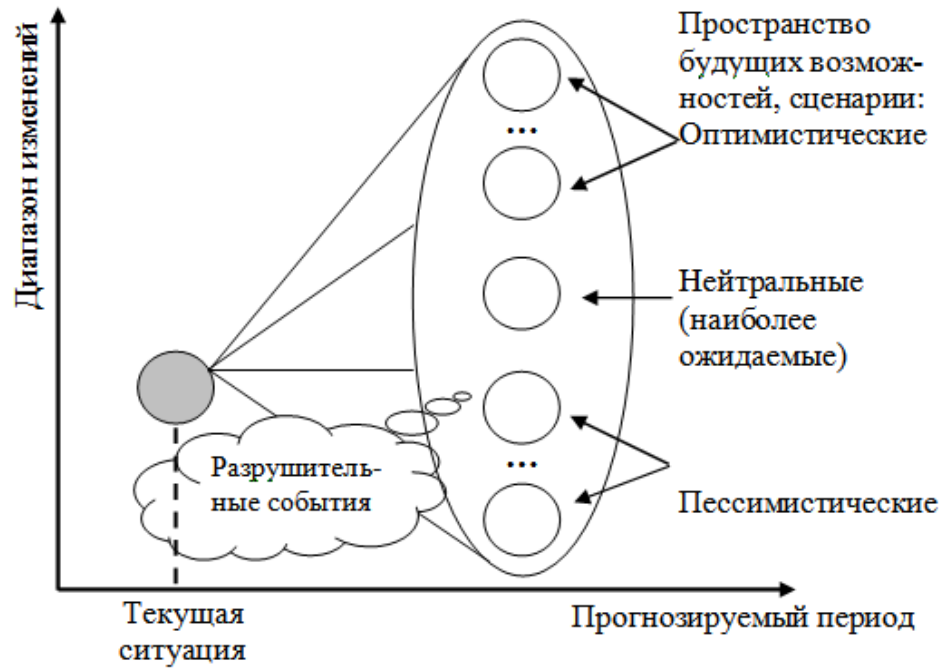


Рисунок 2.8 – Сценарный подход

В результате проведенного анализа различных группировок методов моделирования и прогнозирования, представленных в научной литературе [7, 79, 85, 90, 106, 154, 163, 165, 183, 200] и с учетом вышеописанного, предлагается следующая классификационная схема методов прогнозирования и моделирования, рисунок 2.9 [62, 67].

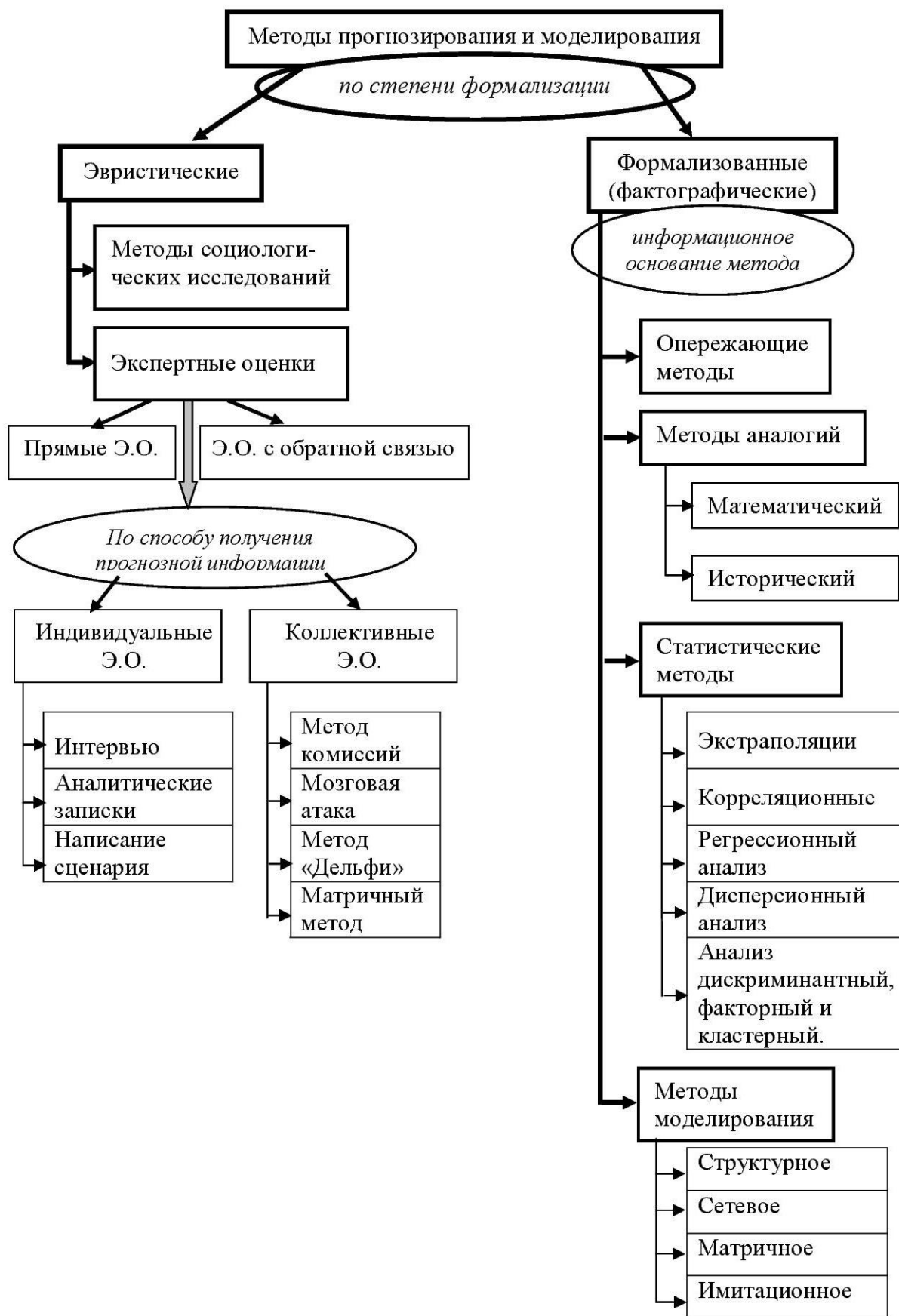


Рисунок 2.9 – Классификационная схема методов прогнозирования

2.5.1 Принципы социально-экономического моделирования

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. пишут: «Известный специалист по марксоведению д. филос. наук, проф. Г.А. Багатурия (1929) в своей статье «О специфических особенностях научного предвидения будущего в работах Маркса и Энгельса» [8] говорит о том, что и К.Маркс и Ф.Энгельс высказывали одну общую мысль: представления о будущем являются результатом познания существующего общества, тенденций его развития. Эта мысль сводится к пониманию того фундаментального факта, что основой любого прогнозирования является историческая экстраполяция. Родоначальником этой идеи были сенсимонисты, которые еще в начале XIX века высказывали, что основа всякого предвидения (социального прогнозирования) – есть выявление тенденций развития общества и экстраполяции их в будущее. И подводя итог, проф. Багатурия говорит: «всеобщей методологической основой познания будущего является историческая экстраполяция, опирающаяся на познание закономерностей исторического развития, экстраполяция закономерностей прошлого исторического развития в будущее». Такая современная методология моделирования, прогнозирования и планирования развития социально-экономических систем, определяющая основные принципы, подходы, методы проведения прогнозных и плановых исследований должна опираться на четыре уровня знаний, частично раскрытых в [147], и которые можно представить в виде иерархии эшелонов, рисунок 2.10».

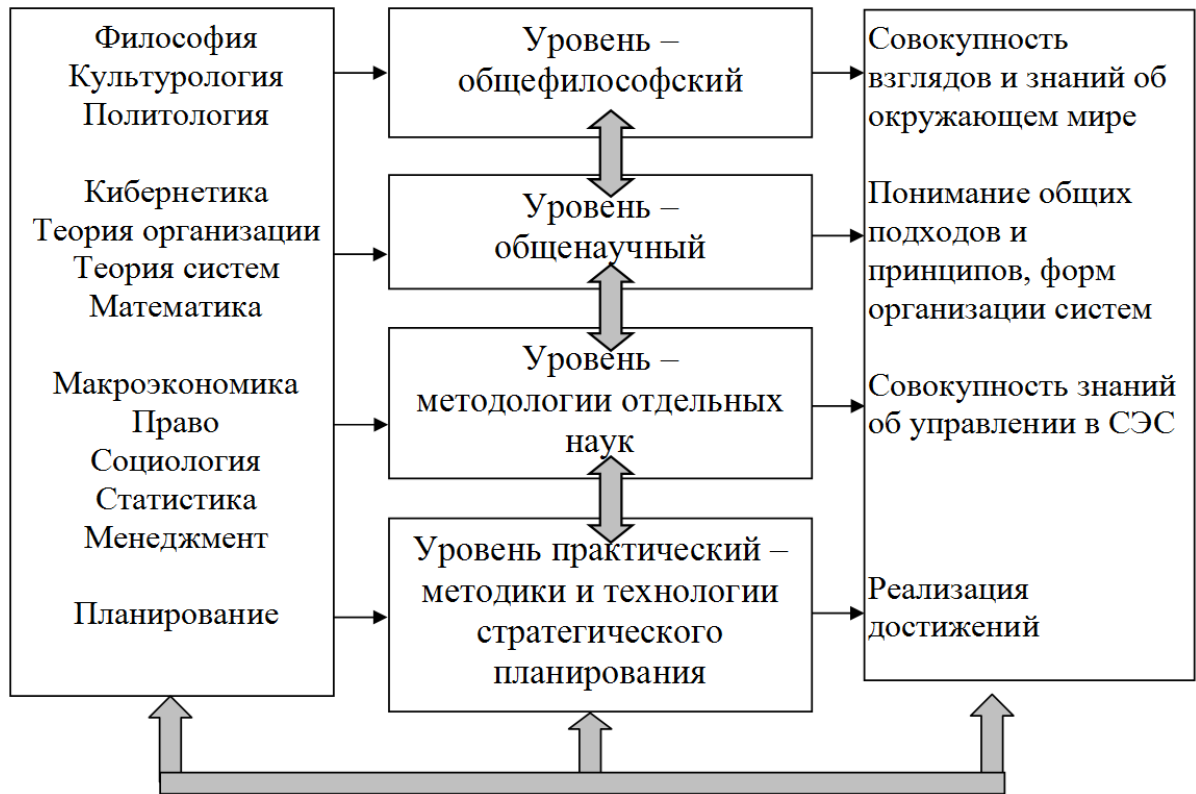


Рисунок 2.10 – Методология моделирования в виде иерархии уровней знания

К характерным особенностям социально-экономического моделирования и прогнозирования необходимо отнести следующее: наличие больших и быстро обновляющихся массивов ретроспективных данных; отсутствие единства в форме представления исходных и выходных данных; необходимость использования трех групп сценариев, причем обоснованно адекватных; требование четкости и наглядности к представлению прогнозной информации.

Согласно [31, 164, 173, 174] социальное и экономическое прогнозирование основывается на ряде принципов и имеет определенные функции, их сопоставление приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Сопоставление принципов и функций прогнозирования

Принцип	Сущность	Требует
Системность	Построение прогнозов на основе системы методов и моделей, характеризующейся определенной субординацией и последовательностью, с целью разработки согласованных и непротиворечивых прогнозов экономического развития	Использовать современные ИТ-технологий, взаимоувязанность и соподчиненность прогнозов объекта прогнозирования и прогнозного фона их элементов
Единство политики и экономики	Следует исходить из совокупности экономических интересов всех субъектов хозяйствования	Учитывать такие общегосударственные вопросы как устойчивость финансовой системы, обеспечение целостности страны, ее обороноспособности и т.д.
Научной обоснованности	Необходим всесторонний учет требований объективных экономических и других законов развития общества, использование научного инструментария	Разрабатывать модели с использованием законов общественного развития, анализа тенденций и прогнозов социально-экономического функционирования общества
Адекватность	Характеризует и процесс выявления, и оценку устойчивых тенденций и взаимосвязей в развитии народного хозяйства	Полную и точную имитацию теоретического аналога реальных экономических процессов
вариантности	Учитывает развитие народного хозяйства и его отдельных звеньев по разным траекториям, при разных взаимосвязях и структурных соотношениях	Проведения многовариантных прогнозных разработок
Целенаправленность	Предполагает активный характер прогнозирования с целью предвидения путей достижения целей путем активных действий органов государственной власти и управления	Первоочередной учет интересов человека и общества
Рентабельность и повышение эффективности производства	Планирование роста производительности труда, снижение расходов материалов и энергоемкости, повышение фондоотдачи, рентабельности и т.д.	Превышения экономического эффекта от использования прогноза над затратами на его разработку
Пропорциональность и сбалансированность	Рост производства должен сопровождаться улучшением структуры хозяйства, уменьшением доли отсталых производств, расширением применения высоких технологий и др.	Увеличения объемов продукции, имеющей максимальный спрос на мировом рынке и сокращение сырьевых поставок другим странам
Приоритет общественного развития	Правительство определяет первоочередные направления в развитии страны	Приоритета принципа при составлении планов
Согласованность	Задаваемые результаты планов должны согласовываться со стратегическими целями общества	Согласованности нормативных и поисковых прогнозов различных аспектов и периодов упреждения, согласованность краткосрочных и долгосрочных целей
Непрерывность и верифицированность	Определение достоверности, точности и обоснованности модели прогнозирования	Корректировки прогноза по мере поступления новых данных о системе

В заключение, следует отметить, что для эффективного моделирования и прогнозирования социально-экономических процессов оптимальным подходом является интеграция двух ключевых методологических принципов. 1) Учет объективных закономерностей. Признание объективной природы социальных процессов, определяемой экономическими, политическими и другими факторами. 2) Приоритет разумной деятельности: Подчеркивание роли осознанной и целенаправленной деятельности людей в социальном развитии, основанной на научном прогрессе и нравственно-этических ценностях. Этот синтез подразумевает признание способности людей выбирать, определять приоритеты общественного развития и разрабатывать стратегии для достижения поставленных целей, учитывая как объективные факторы, так и субъективные ценности.

2.5.2 Применение когнитивного подхода к анализу слабоструктурированных проблем принятия решений

В настоящее время математические модели, используемые для изучения социально-экономических систем, претендуют на роль универсального средства решения любых проблем и позиционируются как модели, отражающие существующую реальность объективно.

В этих моделях описывается поведение организационной системы с допуском того, что коллективы людей в системе ведут себя предсказуемо, по заранее рационально описанным правилам, что в реальности встречается редко. Нельзя сказать, что в таких моделях отсутствуют проблемы, связанные с адекватным отображением существующей реальности.

В таких системах существуют различные типы проблем. Наиболее подходит для целей диссертационной работы известная классификация, предложенная Г.А. Саймоном, согласно которой все проблемы можно сгруппировать в три класса [171].

1) Хорошо структурированные (well-structured or structured) или количественно сформулированные. В проблеме выделены структурированные данные, имеется информация с высокой степенью организованности, для работы с

которой существуют хорошие поисковые алгоритмы, можно сказать, что модель проблемы дает ответ путем применения соответствующего алгоритма.

2) Неструктурированные (unstructured) проблемы чаще всего встречаются на верхнем уровне менеджмента, менеджер не имеет определенности ни в решении, ни в оценке решения, и если в проблеме удастся выявить зависимости, то они выражаются качественно. Это сфера действия эвристических методов.

- 3) Слабоструктурированные (ill-structured) или неточные – это проблемы, которые содержат преимущественно качественные характеристики, плохо поддающиеся количественному анализу, при этом, чаще всего, неточно определенные стороны проблем имеют тенденцию доминировать.

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. предлагают: *«Основопологающим предположением является следующее, когнитивные модели наиболее применимы к системам, проблемы которых слабо структурированы, а их основное достоинство заключается в возможности сочетать их с другими моделями и методами на разных стадиях исследования»*, в частности в комплексе моделей для логико-математического блока принятия решения, п.2.4.

Поэтому и считаем, что применение методов имитационно-когнитивного моделирования позволит решить слабоструктурированные проблемы, возникающие при принятии решений в социально-экономической системе.

Выводы

1. В результате выявленных особенностей социально-экономического моделирования и прогнозирования сделан вывод о необходимости применения традиционных методов моделирования в совокупности с общенаучными и социальными методами, на основе междисциплинарного подхода и теории систем, особенно для исследования организационных систем.

2. Учтены теоретические особенности и тенденции развития когнитивного подхода при применении его к моделированию организационных систем.

Проанализированы методологические аспекты построения моделей систем типа СЭС; описаны принципы и функции научного прогнозирования.

3. Учет как эвристических так и формализованных подходов к методам моделирования и прогнозирования развития организационных систем потребовал разработки их новой классификационной схемы; соответствующая классификационная схема методов моделирования и прогнозирования развития систем была разработана на основе когнитивного подхода, которая отличается учетом междисциплинарности.

4. Для моделирования слабоструктурированных проблем организационных систем эффективным является применение когнитивных моделей, так как адекватно выстроенная структурная схема причинно-следственных связей позволяет понять и проанализировать поведение социально-экономической системы, которая является типичным примером такой организационной системы.

5. Для принятия обоснованных управленческих решений необходима разработка соответствующего инструментария; в основу которого предлагается положить комплекс моделей для наполнения логико-математического блока принятия решения.

6. Предложена и разработана технология имитационно-когнитивного моделирования организационных социально-экономических систем.

7. Разработаны и описаны метамодель и метаматрица СЭС в теоретико-множественном представлении.

8. Разработана и описана методика структурного анализа иерархии когнитивных моделей, представленная в виде алгоритма. 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.

Глава 3. Иерархия моделей организации социально-экономических систем для управления комплексной безопасностью

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 методики (п.2.1).

3.1 Стратифицированное описание организации социально-экономической системы¹²

3.1.1 Обобщенное представление модели социально-экономической системы¹² [100, 60]

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. пишут: «Для изучения процессов принятия решений в СЭС, представим ее обобщенную модель в виде совокупности взаимосвязей следующих подсистем. Перечень подсистем был определен в результате анализа зарубежной и отечественной литературы по проблемам моделирования применительно к СЭС [27, 43, 44, 53, 85, 101, 102, 146, 150, 163, 173, 182, 186]. Не располагая их в какой-либо иерархии или строгой последовательности, кратко представим номенклатуру таких подсистем в виде моделей и/или секторов народного хозяйства с целью последующего включения их, как составным компонентом проектируемой количественной модели СЭС».

«А) Сектор населения.

В) Сектор капитала.

С) Сектор загрязнений.

Д) Сектор производственных ресурсов. Модели для исследования

¹² Работа выполнена в рамках проекта РГНФ №05-02-02199а и отражена в: [100] Информационное обеспечение процесса управления экономическими системами. Научное издание. / А.В. Бабико-ва, И.С. Богомолова, М.А. Боровская, Л.А. Гинис, А.В. Игнатъев, С.А. Сенченко, Л.Г. Матвеева, И.К. Шевченко; Под ред. проф. М.А. Боровская; доц. И.К. Шевченко. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – 267с. С. 81-89., [60]: Гинис Л.А., Гордиенко Л.В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 160 с. С.54-60

производственных и технологических процессов. Это и задачи распределения ресурсов внутри конкретной отрасли и между отраслями. Задачи составления смесей. Модели оптимизации технологических операций.

Е) Сектор политической напряженности.

Ф) Сектор динамики биомассы.

Г) *Экономическая безопасность*».

«Н) *Национальная безопасность*. Наиболее сложный объект для моделирования в силу природы самого понятия, имеется в виду устойчивое и прогрессивное развитие страны, невзирая на вооруженные конфликты, финансовые кризисы, политические проблемы, природные катаклизмы.

И) Сектор развития материального производства для прогнозирования: научно-технического прогресса, интеграции производства, развития межотраслевых комплексов, темпов роста, структуры и эффективности производства. *Технологическая безопасность*.

Ж) Прогнозирование экологических процессов, в частности модели *экологической безопасности*. Моделирование в этой сфере сегодня становится весьма популярным. Экологические объекты характеризуются большим числом параметров и значений, и постоянным развитием. Модель, описывающая экологическую безопасность должна увязывать в единый комплекс социальные, экономические и экологические составляющие, возникающие во взаимодействии общества и природы, в глобальном, национальном, региональном и локальном масштабах. Особое внимание уделяется моделям социальной защиты населения регионов, пострадавших от природных катаклизмов; рассматривающим вопросы социоэкологической реабилитации населения, социальной реабилитации граждан, социальной адаптации вынужденных мигрантов. Популярными становятся модели восстановления экосистемы, модели, нацеленные на создание экологически безопасных производств. В эту подсистему относят и модели, оценивающие здоровье населения в условиях экологической опасности, модели взаимодействия общества и природы.

К) Подсистема объединяющая два современных направления: развитие и

использование новых информационных и телекоммуникационных технологий для предупреждения и ликвидации последствий *чрезвычайных ситуаций*, техногенных катастроф.

L) Моделирование развития базовых социальных условий (или модель социальной системы). В качестве проблемных подмоделей могут быть:

- уровень благосостояния населения и пенсионного обеспечения, уровень жизни пенсионеров (в ближайшие 5 – 10 лет), уровень бедности и безработицы;
- состояние бюджетов семей, разделенных по группам и составам;
- оценка состояния вузовского образования и его тенденции;
- духовно-нравственное поведение личности в условиях рыночных отношений;
- модель доходов населения и оплата труда;
- переквалификация работников из различных социальных групп;
- экономика здоровья человека (когда экономический эффект будет рассматриваться во взаимосвязи с влиянием на здоровье человека);
- профессиональная и нравственная модель социального работника;
- краткосрочный прогноз преступности в регионе;
- демографическое развитие уровня жизни населения (рождаемость, смертность).

M) Достаточна интересна по своей формулировке и объекту прогностическая модель «Студенческая экономика».

N) Модель образования как сектора экономики. Основоположник работ в этом направлении Теодор В. Шульц считает, что с экономической точки зрения образование есть не что иное, как "капитал". Это означает, что затраты на образование следует рассматривать как инвестиции в человеческий капитал, что совпадает с современной точкой зрения на образование, как на особый сектор экономики. Один из критериев: максимизация экономической эффективности затрат в системе образования. Заказчиками – пользователями таких моделей выступают обычно региональные и муниципальные органы управления образованием, руководители крупных (в том числе и негосударственных)

образовательных учреждений. Особыми характеристиками моделей такого типа являются масштабность и сложность, и их применимость в стабильной экономике и стабильном обществе.

О) Модели эффективного распределения ресурсов (капитала) в пределах систем образования с учетом соображений политического, социального и экономического характера. Этого вида модели [150], как и вышеназванная подсистема «N», предназначены, преимущественно, для муниципальных и региональных образовательных систем. Однако, в современных условиях Российских реалий, с появлением и усилением тенденций к созданию достаточно сложных образовательных комплексов типа «общеобразовательные школы – колледж – ВУЗ» или федеральные университеты, и развертыванием их «дочерних» договорных подструктур, оказывающих образовательные услуги, спектр возможностей сферы влияния и функционирования этих моделей расширяется. Разумеется, при попытках их использования встает проблема адаптации моделей к конкретной локальной образовательной ситуации.

Р) Модели распределения кадров с учетом степени занятости. Критерий: оптимальное количество тех или иных кадров в конкретной отрасли. Модели такого типа, управленческие по своей природе, ориентированы, в первую очередь, на руководство образовательных учреждений и вышестоящие органы управления системой образования. Наиболее дискуссионным элементом в них является эмпирически (или а priori) устанавливаемое соотношение обучаемых и обучающихся (а также – необходимого для поддержания образовательного процесса вспомогательного персонала и соответствующего менеджерского звена). Усиление тенденций дифференциации и индивидуализации образования, изменение ряда информационных функций педагогов (с развитием компьютеризации обучения и мультимедиа-педагогике) требуют пересмотра многих исходных положений этих моделей, их структурных составляющих. К тому же обязывает и появление в образовательных учреждениях новых, значимых для образовательного процесса «сервисных» служб – психологических, социологических, валеологических, служб технического (особенно

информационно-компьютерного обеспечения) [27]. Усиление в высшей, и вообще профессиональной школе, роли дистанционного обучения, расширение прав родителей и учащихся пользоваться экстернатом также требует пересмотра ключевых позиций подобных моделей (вплоть до того, что от некоторых из них остается один замысел).

Q) Модели комплексного проектирования учебных заведений. Образовательные учреждения, как известно, выполняют не только преподавательскую, но и воспитывающе-развивающую функции. В случае комплексного проектирования необходимо, уже на стадии замысла, закладывать в проекты адекватную этим функциям социокультурную сферу, что и требует нынешнее Российское законодательство. К тому же образовательные учреждения связаны с более или менее соответствующей их функциям системой обеспечения жизнедеятельности (управляющие и сервисные службы), с социально-бытовой подсистемой для обучающихся и персонала. Необходим учет факторов среды, например, для определения оптимального размещения учащихся в общежитиях. Критерий: минимум затрат приемлем с экономической точки зрения, но противоречит дидактическим требованиям создания оптимальных условий для обучения. От решения этой задачи, во многом зависят и условия восстановления работоспособности обучающихся в ВУЗах, колледжах, и условия микросреды, позволяющей усиливать или ослаблять весьма значимые для образовательного процесса микросоциальные факторы.

R) Система здравоохранения. Известны как микро-, так и макромоделли данной системы, применительно к решению таких проблем как: проектирование и эксплуатация больниц, планирование средств по оказанию медицинской помощи, распределение трудовых ресурсов, создание информационных систем вплоть до единого информационного пространства, контроль и мониторинг качества медицинского обслуживания.

S) Подсистема административного управления является одной из самых распространенных видов моделей – и наименее математизированными. В основном она представлена статичными двумерными схемами административной

иерархии и координационных связей в различных оргструктурах управления – от федерального и регионального уровней до муниципального уровня. При всей конкретности и полезности таких моделей они имеют весьма ограниченную сферу применения. Сюда же можно отнести и задачу составления расписания, являющуюся на данном этапе наиболее распространенной и актуальной.

Т) Модели системы городской сферы обслуживания, уделяющие внимание следующим вопросам: создание и работоспособность экстренных городских служб реагирования; охрана окружающей среды, в том числе утилизация бытовых отходов и контроль за загрязнением атмосферы.

У) Организация досуга: туризм, спорт, развлечения. Под «отраслью организации досуга» понимается экономическая деятельность, направленная на создание возможностей и условий для проведения свободного времени вне дома. Подобную деятельность могут осуществлять государственные, общественные и частные организации. Вопросы, которые затрагиваются при исследовании данной модели это: распределение потоков туристов, принятие решений, определение состава спортивных команд и многие другие.

В) *Геоинформационные системы*, транспорт. В век скоростей, транспортная сеть представляется как сложнейший организм, требующий большого внимания и контроля, возрастает проблема обеспечения надежности. Широко известны модели прогнозирования потребностей в пассажиро– и грузоперевозках; распределения видов транспортных средств.

W) *Энергетическая подсистема*. Выделяют модели для прогнозирования пиковых значений и общего количества генерируемой электро– и атомной энергии, необходимой для удовлетворения будущих потребностей. Эти величины могут быть использованы как для разработки долгосрочных программ капитальных затрат, так и для принятия решений по текущему управлению режимами энергосистем».

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. пишут: «В свою очередь, каждая из этих 23 подсистем как видно из анализа может разбиваться на множество взаимосвязанных подмоделей и блоков.

Отмеченные исследователями проблемы моделирования в экономике недостатки вышеперечисленных моделей в опытно-экспериментальной работе выступают, в одних случаях, как естественное ограничение, возможности и целесообразности их применения, в других – как средство профилактики повторения этих ошибок.

Данная совокупность приведенных выше подсистем описывает СЭС только с ее внутренней стороны, и не отвечает принципу полноты. Но на данном этапе исследования упор делается на представление СЭС в виде взаимосвязи иерархических подсистем, реагирующих на влияние внешней среды, а не на описание «внутренности». В целом, глубина описания совокупности зависит от целей исследования».

3.1.2 Графическая интерпретация модели социально-экономической системы [53, 60]

«Прежде чем переходить к вопросу о графическом представлении, хотелось бы вспомнить высказывание немецкого философа Гегеля (1770-1831), лежащее в основе общей теории систем [43]: «...Целое определяет природу частей. Части не могут быть познаны при рассмотрении их вне целого. Части находятся в постоянной взаимосвязи и взаимозависимости». Эти же положения и лежат в основе предлагаемого целостного подхода к анализу и моделированию СЭС. И только понимая условность, относительную самостоятельность отдельных подструктур целостной СЭС, выстраиваются графически представленные модели всех его аспектов».

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. пишут: «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. Вертикальную линию XZ примем за ось, вокруг которой объединяются подсистемы, рисунок 3.1. Назовем [53] такие вложенные n -угольные пирамиды с

общей вершиной Z – подпирамидами».

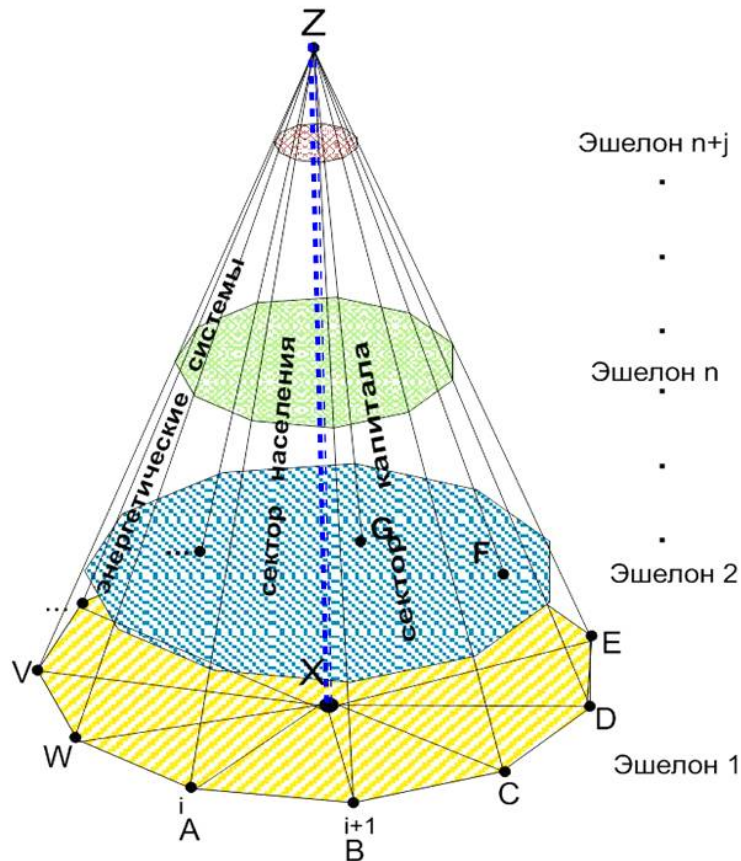


Рисунок 3.1 – Графическое представление модели СЭС

«Значение числа n зависит от конкретно поставленной задачи и глубины ее исследования. Например, обобщенная структура национальной безопасности, приведенная на рисунке 1.1, отображается подпирамидами: $WVXZ$, $GHXZ$, $HIXZ$, сегментами JXZ , что позволяет анализировать структуру взаимосвязей на разных уровнях иерархии. Можно детализировано изучать отдельно взятую модель, например, энергетическую подсистему, как элемент безопасности, это будет сегмент $WAXZ$; можно рассматривать объединение нескольких моделей или вычленив их пересечение. Значение $n=23$ – это не конечное число, а совокупность наиболее типичных подсистем СЭС, названных в п.3.1.1 и в [60]. Вложенные пирамиды отражают все многообразие подсистем обобщенной СЭС. По причине разнообразия распределения приоритетов на каждой грани, подсистемы жестко не привязаны к i -му уровню (основанию), они "прорезают" всю пирамиду системы снизу вверх, важен принцип иерархии. Усеченные основания это управленческие эшелоны, ребра пирамид отражают прямые и

обратные связи, взаимосвязи и все многообразие информационных потоков, циркулирующих внутри СЭС плюс информационно-справочные и административно-управляющие потоки, циркулирующие между различными подразделениями внутри СЭС. Базой для определения оптимального решения в некотором классе оптимизационных задач становится матрица выявленных общих взаимосвязей как в границах одного эшелона, так и между ними, описывающая логическую сеть, представленную с помощью графической интерпретации.

Необходимость точного определения взаимодействия подсистем по вертикали является особенностью формального описания предлагаемой пирамидальной иерархии. Множество $(\varphi, >)$ принято называть 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 в иерархии принятия решений легко осуществляется с помощью строгого (частичного) отношения порядка $>$, описывающего приоритет действия следующим образом: множество $\varphi^k = \{S_i: i \in I_k \subset I\}$ называется k -м эшелоном, где $I_k = \{i - \text{минимальный элемент множества } I - [I_1 \cup I_2 \cup \dots \cup I_{k-1}]\}$.

Представление в виде пирамиды полностью отвечает требованиям системного анализа и предлагается для описания многоуровневой структуры социально-экономической системы».

3.1.3 Иерархическое теоретико-множественное описание модели социально-экономической системы [60, 100]

Общая теория систем предоставляет язык для междисциплинарного обмена научными результатами, поскольку она достаточно широка для того, чтобы не вносить своих собственных ограничений [49, 190]. Разрабатывая менее структуризованную модель, опирающуюся лишь на ключевые факторы, т.е. на модель общей теории систем теоретико-множественного или алгебраического типа, мы можем существенно повысить эффективность анализа поведения

системы или же просто обеспечить возможность такого анализа. Поэтому, для описания так называемых больших, сложных систем следует использовать с математической точки зрения более абстрактное и менее структуризованное описание [138].

Принято считать, что формализация – это процесс представления информации об объекте, процессе, явлении в виде определенных структурных и логико-математических исчислений. Представим формализованный подход к построению модели в рамках теории систем: Исходя из словесного описания некоторого интуитивного понятия, даем точное математическое определение этого понятия, используя минимум аксиом, т.е. происходит формализация понятий. Отправной точкой нашего описания послужит определение системы в теоретико-множественных терминах [138].

Если $X = \times\{Vi: i \in Ix\}$ – входные параметры; $Y = \times\{Vi: i \in Iy\}$ – выходные параметры; $Ix \subset I$ и $Iy \subset I$, при условии $Ix \cap Iy = \emptyset$ и $Ix \cup Iy = I$; Vi – подсистемы, имеющие также входные X и выходные Y объекты, причем $i = 1, \dots, 23$ – количество подсистем, описанных выше; тогда СЭС – это $S \subset X \times Y$.

Система эволюционирует и связана во времени переходами состояний, что дает нам право обозначить ее как динамическую (временную). Определим функции времени на множествах моментов времени T если каждая функция $v \in V$ является отображением T в A : $v: T \rightarrow A$, где T – упорядоченное множество моментов времени; A – алфавит объекта V ; элемент $v_i \in Vi$.

Понятие многоуровневой иерархической структуры нельзя определить одной краткой и сжатой формулировкой [137]. Перечислим наиболее существенные характеристики, присущие всем иерархическим структурам: вертикальная декомпозиция; приоритет действий или право вмешательства подсистем верхнего уровня по отношению к нижним; зависимость действий подсистем верхнего уровня от фактического исполнения нижними уровнями своих функций; сложность принятия решений на разных уровнях; взаимодействие между уровнями – как взаимодействие между эшелонами, составляющими обобщенную модель СЭС.

Право вмешательства. На деятельность подсистем любого уровня непосредственное и явно выраженное воздействие оказывают вышерасположенные уровни, чаще всего ближайший старший уровень. Это воздействие носит для нижележащих уровней обязывающий характер и в нем находит свое выражение приоритет действий и целей более высоких уровней. Такое воздействие старших уровней на более низкие и называют вмешательством.

Взаимозависимость действий. Успешность действия системы в целом и ее подсистем любого уровня зависит от поведения (функционирования и взаимодействия) всех элементов системы. Так как само понятие приоритета подразумевает, что вмешательство (например, организованное) предшествует действиям более низких уровней, успешность работы верхнего уровня зависит не только от осуществляемых им действий, но и от соответствующих реакций нижних уровней, точнее от их суммарного эффекта. Просчеты на любом предшествующем эшелоне СЭС сразу ухудшает стартовые возможности реализации поставленных целей и государственных стандартов на последующих эшелонах. Поэтому справедливо считается, что качество работы всей системы обеспечивается обратной связью, т.е. реакциями на вмешательство, информация о которых направляется снизу вверх.

Ослабление или задержка обратной связи, а также – нередкая в СЭС ее недоброкачественность, например, непрофессионально разработанный диагностический инструментарий, технологические ошибки в сборе и обработке, примитивность анализа, фальсификация данных, резко снижает оперативность и качество управления (и самоуправления) СЭС, и приводит к малопродуктивному внешнему управлению экономическими процессами «в полуслепую», по интуиции и случайно замеченным отклонениям, но отнюдь не к целенаправленному процессу.

На каждом из эшелонов вводится два понятия уровней. Уровень описания, или абстрагирования, определяемый как «страта» и уровень сложности принимаемого решения, называемый «слой».

Каждая из страт (как процесс и результат определенной специфической

деятельности) может быть, при необходимости, представлена в виде относительно самостоятельных подструктурных моделей (как в статике, так и в динамике). Стратификация связана с тремя основными свойствами иерархических систем: вертикальной декомпозицией, приоритетом действий и взаимосвязью характеристик качества функционирования системы.

Представим стратифицированное описание системы S [137]. 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 существует пара (X_i, Y_i) , $1 \leq i \leq n$ такая, что:

$$S_i: \begin{cases} X_i \times G_i \rightarrow Y_i & \text{если } i = 1 \\ X_i \times G_i \times W_i \rightarrow Y_i & \text{если } 1 < i < n \\ X_i \times W_i \rightarrow Y_i & \text{если } i = n \end{cases} \quad (3.1)$$

где $g_i \in G_i$ – вмешательство (воздействие); $w_i \in W_i$ – обратная связь.

Семейство S_i (3.1) называется стратификацией 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 $\forall y \in S(x)$:

$$\begin{cases} y_1 = S_1(x_1, c_2(y_2)); \\ y_i = S_i(x_i, c_{i+1}(y_{i+1}), h_{i-1}(y_{i-1})); \\ y_n = S_n(x_n, h_{i-1}(y_{i-1})). \end{cases}$$

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 (сверху и снизу).

Систему S называют полностью стратифицированной [137], если каждая ее страта S_i , $1 \leq i \leq n$, такова, что для любой пары (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:

$$\begin{cases} h_i(S_i(x_i, g_i, w_i)) = h_i(S_i(x'_i, g_i, w_i)) \\ c_i(S_i(x_i, g_i, w_i)) = c_i(S_i(x'_i, g_i, w_i)) \end{cases} \quad (3.2)$$

И при этом необходимо задавать не только страты, но и взаимные связи

между ними. Такое требование полной локализации откликов каждой страты является сильным условием. Более слабым является понятие устойчивой стратификации.

Предлагается исследовать *устойчивость стратификации* по [137], 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 $\forall i: 1 \leq i \leq n$ выполняется равенство (3.2). 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.

Согласно [137 и 138] выделим некоторые характеристики стратифицированного описания систем:

1. Выбор страт, в терминах которых описывается данная система, зависит от эксперта, его знания и заинтересованности в деятельности системы.

2. Аспекты описания функционирования системы на различных стратах в общем случае не связаны между собой, поэтому принципы и законы, используемые для характеристики системы на одной страте, в общем случае не могут быть выведены из принципов, используемых на других стратах.

3. Требования, предъявляемые к работе системы на любой страте, могут выступать в качестве условий или ограничений деятельности системы на нижестоящих стратах.

4. На каждой страте имеется свой собственный набор терминов, концепций

и принципов. То, что является объектом рассмотрения на *i-ой* страте, более подробно раскрывается на *(i-1)-ой* страте; элемент становится набором; подсистема на *i-ой* страте является системой для *(i-1)-ой* страты.

5. Понимание системы возрастает при последовательном переходе от одной страты к другой: чем ниже мы спускаемся по иерархии, тем более детальным становится раскрытие системы, чем выше поднимаемся, тем яснее становится смысл и значение всей системы.

Стратификация подразумевает сокращение объема информации, идущей вверх по иерархии: для вышерасположенных страт многие стимулы, поступающие от нижних страт, несут сходную информацию.

Слои – это уровень сложности принимаемого решения. Почти в любой реальной ситуации принятия решения существует две предельно простые особенности: когда приходит время принимать решения, и когда принятие и выполнение решения нельзя откладывать, а неясность относительно последствий различных альтернативных действий и отсутствие необходимых знаний об имеющихся связях препятствуют достаточно полному формализованному описанию ситуации, необходимому для рационального выбора действий. Эти два фактора приводят к основной дилемме принятия решения: с одной стороны необходимо действовать немедленно, с другой же – столь же необходимо, прежде чем приступить к действиям, попытаться лучше понять ситуацию.

При принятии решения в сложных ситуациях разрешение этой дилеммы ищут в иерархическом подходе: определяют семейство проблем, которые пытаются разрешить последовательным путем в том смысле, что решение любой проблемы из этой последовательности определяет и фиксирует какие-то параметры в следующей проблеме, так что последняя становится полностью определенной и можно приступить к ее решению. Решение первоначальной проблемы достигнуто, как только решены все подпроблемы. Сложная проблема принятия решения разбивается на семейство последовательно расположенных более простых подпроблем, так что решение всех подпроблем позволяет решить и исходную более простыми моделями и методами. Это возможно за счет разбиения

первоначально высокого уровня неопределенности информации, необходимой для решения проблемы, к множеству более мелких неопределенностей.

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. пишут: «Систему принятия решений, представленную таким образом, будем называть *многослойной системой принятия решений*, которую предлагается реализовывать через следующую иерархию приоритетов: парадигма СЭС; общие цели системы на выбранном эшелоне; конкретные цели развития СЭС; принципы, правила, инструментарий. В модели СЭС принято такую иерархию вводить на каждом из эшелонов у всех лиц, принимающих решения (ЛПР)».

В соответствии с основными положениями системного подхода для эффективного использования многоуровневой структуры существенно, чтобы решающим элементам была предоставлена некоторая свобода действий. Такая свобода действий – безусловно отличительная черта СЭС. В созданных человеком системах, используемых для принятия решений затрачиваемые ресурсы могут быть сэкономлены только в том случае, если элементам нижних уровней предоставлена такая свобода действий; только при этом условии будет оправдано само существование иерархии.

Как известно, *иерархию слоев*, можно представить как совокупность вертикально расположенных решающих подсистем (или ситуаций) S_i , рисунок 3.2, которую также можно назвать и иерархической когнитивной картой.

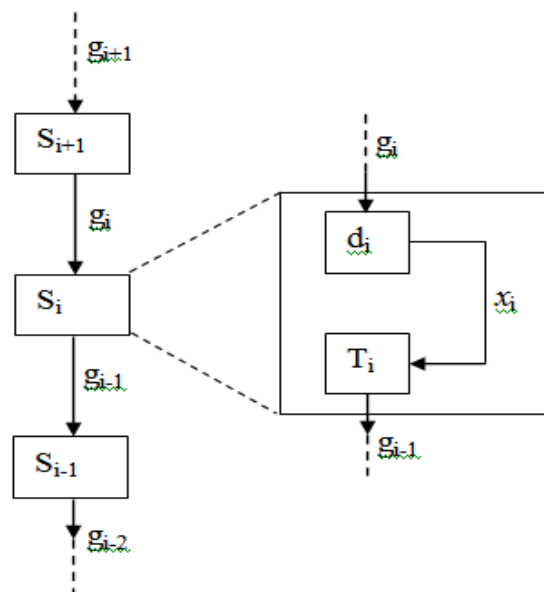


Рисунок 3.2 – Многоуровневое представление решающих подсистем

Возможны два вида иерархии: элементы нижестоящего уровня строго различимы и подчиняются лишь вышестоящему элементу, и элементы нижестоящего уровня могут пересекаться между собой, т.о. рассматриваются так называемые сильные и слабые иерархии.

В этих случаях каждая из таких ситуаций может быть и отображением $S_i: G_i \rightarrow G_{i-1}$, и решающим элементом. А именно, заданы множество решаемых задач $D_i(g_i)$, $g_i \in G_i$ и преобразование T_i , такое, что для любого входа g_i выход $g_{i-1} = S_i(g_i)$ определяется функцией $g_{i-1} = T_i(x_i)$, где x_i – решение задачи $D_i(g_i)$. Т.е., входы g_i выступают в качестве параметров (задаваемых непосредственно вышестоящим элементом), конкретизирующих решаемые задачи в S_i ; соответственно выходы g_{i-1} , получающиеся после применения преобразования T_i , являются в свою очередь параметрами, задаваемыми непосредственно нижестоящему элементу [260].

Возможны четыре варианта соотношения решаемых задач (ситуаций) между собой на смежных уровнях иерархии:

- 1) полное вхождение всех решаемых задач нижнего уровня во множество задач верхнего уровня: $\{S_i\} \subset \{S_{(i+1)}\} = \emptyset$, где $i, (i+1) = \overline{1, n}$; $\{S_i\} \cap \{S_{(i-1)}\} = \{S_i\}$, где $i = \overline{2, n}$;
- 2) полная автономия (независимость) задач каждого уровня иерархии: $\{S_i\} \cap \{S_{(i+1)}\} = \emptyset$, где $i, i+1 = \overline{1, n}$, $i \neq (i+1)$;
- 3) частное пересечение задач по уровням иерархии: $\{S_i\} \cap \{S_{(i-1)}\} = \emptyset$ и $\{S_i\} \cap \{S_{(i-1)}\} < \{S_i\}$, где $i = \overline{2, n}$;
- 4) некая комбинация всех вышеперечисленных вариантов.

Отметим, что с точки зрения теории иерархических многоуровневых систем важными являются следующие замечания. Обратная связь, существующая между слоями, может быть, как постоянной, так и временной, т.е. появляющейся лишь при определенных обстоятельствах. Например, если какой-нибудь слой не решил свою задачу в заданное время, он посылает сигнал обратной связи на вышележащие слои, и они определяют ему новую подзадачу. В СЭС обеспечение оперативности такой связи, ее точности и полноты возлагается на подсистему

контрольных функций управленческого звена (внешний контроль), так и (в меньшей степени) – на самого «исполнителя». Чем более методологически обоснованы и диагностично поставлены цели и задачи, тем выше и оперативное качество информации, необходимой для принятия обоснованных управленческих решений. Чаще всего все слои подвергаются (и притом одновременно) влиянию внешней среды.

3.1.4 Нечеткая ситуационная модель управления социально-экономической системой

Как было отмечено выше, графическое представление модели СЭС в виде пирамиды представляет собой логическую сеть, естественным является построение на ее основе ситуационной модели управления. Особенности построения нечеткой ситуационной модели управления СЭС, позволяющей анализировать и сильные, и слабые связи в иерархии описаны в [260]. Для построения ситуационной модели управления СЭС опишем каждое состояние, в котором она может находиться 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 как $\langle y_q, T_q, D_q \rangle$. Для описания некоторого l -го термина T_q^l согласно [33] можно использовать тройку $\langle T_q^l, D_q, \tilde{C}_q^l \rangle$ с нечетким множеством $\tilde{C}_q^l = \{ \langle \mu_{C_q^l}(d) / d \rangle, d \in D_q \}$.

Тогда ситуационная модель \tilde{S} – это набор нечетких ситуаций \tilde{S}^t , каждая из которых описывается составной лингвистической переменной $\tilde{S}^t := \{ \langle \mu_S(y_q) / y_q \rangle, y_q \in Y, \text{ где } \mu_S(y_q) = \{ \langle \mu_{\mu_s(y_q)}(T_q^l) / T_q^l \rangle, l \in L, q \in Q \}$.

В зависимости от конкретных значений $\{y_q\}$, СЭС более приближена или удалена от промежуточной цели своего функционирования в момент t , и описывается нечеткой ситуацией \tilde{S}^t .

Воспользуемся традиционным логико-лингвистическим описанием переходов ситуации, в которой находится система, 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, обозначим, что вершины ситуационной модели характеризуются значением $v_i(t) \in R$, а время t принимает дискретные значения $t = 0, 1, 2, \dots, N$. Вершина характеризуется q признаками, каждый из которых можно представить значениями n лингвистических переменных $\rho_{nq} \in v_{iq}(t)$, которым соответствуют нечеткие множества $B_{n(q)}$ с функциями принадлежности $\mu_{B_{nq}} \in F(v_{iq}(t))$. Признаки, которыми описывается исходная ситуация, будем обозначать символом q , а признаки последующей ситуации $q+1$. Последующей ситуации соответствуют лингвистические переменные $\varphi_{n(q+1)}$, которым в свою очередь соответствуют нечеткие подмножества $B_{n(q+1)}$ с функциями принадлежности $\mu_{B_{n(q+1)}} \in F(v_{i(q+1)}(t+1))$, где под $F(v_{iq}(t))$, $F(v_{i(q+1)}(t+1))$, вводятся, в свою очередь, множества нечетких подмножеств, определенных на базовых множествах $v_{i_q}(t), v_{i_{(q+1)}}(t+1)$.

Введем понятие силы управляющего воздействия τ , которое может принимать три значения:

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

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

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

Для процедуры моделирования с силой τ возможно использовать нечеткое отображение $\Phi^{\tau(t)}: F(v_{iq}^t) \xrightarrow{H} F(v_{i(q+1)}^{t+1})$, которое получается нечетким

соответствием для всех $\mu_{B_{nq}} \in v_{iq}(t), \mu_{B_{n(q+1)}} \in v_{i(q+1)}(t+1)$.

Управление с силой воздействия τ можно представить как декартово произведение:

$$\Phi^{\tau(t)} = \mu_{\rho_n} \times \mu_{\varphi_n} \quad (3.3),$$

где $\mu_{\rho_n} = \times_{q \in Q} \mu_{\rho_{nq}}$, $\mu_{\varphi_n} = \times_{(q+1) \in G} \mu_{\varphi_{n(q+1)}}$ и использовать для моделирования силы других классов управлений $\Phi^{\tau(t)} \in \Phi$. С помощью выражения (3.3) возможен учет неопределенности в силе воздействия среди различных классов управления.

Применим операцию композиции управляющих воздействий с некоторой силой управления для моделирования силы управления на оставшиеся моменты $(N-t-1)$: $\Phi^{\tau(N-t-1)} = \Phi^{\tau(t=t+2)} \circ \Phi^{\tau(t=t+3)} \dots \circ \Phi^{\tau(t=N)}$.

Тогда прогноз перехода системы из текущего состояния в желаемое можно описать как вектор 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 $\Phi^{\tau(t)}$ и нечеткие подмножества $\mu_{\rho_i} : v_{iq}(t) \rightarrow [0,1]$.

Основа моделирования применения нечеткого управляющего воздействия описана в [260]. 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 контроля $t = 0, 1, 2, \dots, N$. 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 того, чтобы достичь \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.

Для определения возможности достижения цели G^t на шкале Ω_N^2 в условиях существования предыстории Z^{t-1} на шкале Ω_N^1 и при применении одного из управлений с $\Phi^{(t)}$, моделируемого (3.3), предлагается:

$$POSS(G^t | Z^{t=t-1} \circ \Phi^{(t)}) = \sup_{\omega_2 \in \Omega_N^2} \min(\mu_{Z^{t=t-1} \circ \Phi^{(t)}}(\omega_2), \mu_{G^t}(\omega_2)), \quad (3.4)$$

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

Описанная процедура позволяет: наглядно моделировать силу управляющего воздействия при разных типах связей между предшествующей и последующей целями функционирования; при различных типах связей на каждом этапе единообразно (с помощью композиционного подхода) получать прогнозы состояний СЭС для сопоставления с промежуточной целью функционирования и «подтягивания» к запланированной цели [260].

3.2 Методика построения и анализа многослойных когнитивных моделей [69]

Целью разработки когнитивной модели является структуризация и выявление наиболее существенных (базисных) факторов, характеризующих «пограничный» слой взаимодействия объекта и внешней среды, установление качественных (причинно-следственных) связей между ними, т.е. какие взаимовлияния оказы-

вают факторы друг на друга в ходе их изменения.

В [69] Гинис Л.А. предлагает: «методику, синтезирующую системный и когнитивный подходы, которая может быть применена как универсальный научный инструмент для изучения и понимания поведения социально-экономической системы, как представителя организационной системы. Основы методики заложены в научных работах сотрудников Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской Академии Наук (ИПУ РАН) [2, 130, 131, 146] и применяются как российскими, так зарубежными исследователями [89, 129, 168, 209, 220, 244]».

Методика была развита и представлена в [69]. В ее развитие, определено пять этапов для построения модели в виде многослойных когнитивных карт, опишем их подробно.

I этап. Анализ объекта управления.

На этом этапе необходимо выполнить следующие действия: обследовать объект моделирования; проанализировать существующую организационную структуру объекта, применяемые технологии, систему документооборота (как источник информации), связи с внешними организациями и системами; сформировать требования к создаваемой модели, методам и технологиям работ, инструментальным средствам создания модели.

II этап. Когнитивный анализ сложной ситуации (погружение в проблему, идентификация проблемы) предполагает следующие действия.

1. Сформулировать задачи и цели исследования.
2. Изучить анализируемую ситуацию, процесса или объекта (например, социально-экономического) с позиций поставленной цели.
3. Собрать, систематизировать, проанализировать существующую статистическую и качественную информацию по проблемам; в качестве источников информации выступают: статистические отчеты, документы, опросы, СМИ, собственные источники и др.
4. Выделить основные характеристические признаки изучаемого процесса (исследуемой ситуации) и выявить взаимосвязи между ними; определить действия

основных объективных законов развития исследуемой ситуации (экономических, социальных, политических, экологических), для выделения объективных зависимостей и тенденций, происходящих в процессах.

5. Определить требования, условия и ограничения, присущие исследуемой ситуации.

6. Выделить основные социально-политические субъекты, связанные с ситуацией, определить их субъективные интересы в развитии данной ситуации, что позволит выявить возможные изменения в объективном развитии ситуации, выделить факторы, на которые реально могут влиять субъекты ситуации.

7. Определить пути, механизмы действия, реализации экономических и политических интересов основных социально-политических субъектов, что позволит в дальнейшем определить стратегии поведения и предотвращения нежелательных последствий развития ситуации.

III этап. Построение иерархической когнитивной модели проблемной ситуации.

1. Выделить факторы, характеризующие проблемную ситуацию, в т.ч. работа экспертов, использование SWOT-анализа, статистического анализа:

1.1. Выделить базисные (основные) факторы, описывающие суть проблемы, например, с помощью PEST анализа.

1.2. Выделить в совокупности базисные факторы целевых факторов.

1.3. Определить управляющие факторы, влияющие на целевые факторы. Эти факторы в модели будут являться входными координирующими сигналами воздействия на ситуацию.

1.4. Определить факторы-индикаторы, отражающие и объясняющие развитие процессов в проблемной ситуации и их влияние на различные сферы (экономическую, социальную, политическую и др.).

2. Сгруппировать факторы по блокам. Объединяются в один блок факторы, характеризующие данную сферу проблемы и определяющие процессы в этой сфере. Возможно пересечение блоков в зависимости: от специфики проблемы, целей анализа, количества объектов в системе и т.д. (например, геополитический

блок, макро– и микроэкономический блок, социальные, демографические, отраслевые, федеральные, региональные и городские блоки и т.д.).

2.1. Выделить в блоке группы интегральных показателей (факторов), по изменению которых можно судить об общих тенденциях в данной сфере.

2.2. Выделить в блоке показатели (факторы), характеризующие тенденции и процессы в данной сфере более детально (например, фактор «государственный заказ» конкретно характеризует ситуацию в бюджетной сфере).

3. Определить связи между факторами:

3.1. Определить связи и взаимосвязи между блоками факторов. Это позволит определить основные направления влияния факторов разных блоков друг на друга.

3.2. Определить непосредственные связи факторов внутри блока:

3.2.1. Определить направления влияний и взаимовлияний между факторами (т.е. выявление цепочки: «причина-следствие»).

3.2.2. Определить позитивность влияния (положительное или отрицательное).

3.2.3. Определить степень влияния и взаимовлияния факторов (слабо, сильно).

3.3. Определить связи между факторами различных блоков.

4. Построить множество когнитивных моделей на разных уровнях иерархии в виде четких и нечетких когнитивных моделей, в виде параметрического функционального графа и разработать ситуационную модель.

По мере накопления знаний о процессах, происходящих в исследуемой ситуации, становится возможным более детально раскрывать характер связей между факторами.

5. Уточнить целевые факторы, выделенных экспертами.

6. Объединить ситуационные модели в иерархическую структуру.

Для построения многослойных когнитивных карт параллельно когнитивному подходу на III этапе *предлагается* выстраивать иерархическую структуру принятия решений с позиций теории систем. Рассмотрим двухуровневую систему принятия решений на примере известной структуры, предложенной Месаровичем М. и Такахарой И. [137]. Отдельные блоки

изображают подсистемы, а их взаимное расположение отражает иерархическую структуру всей системы, рисунок 3.3.

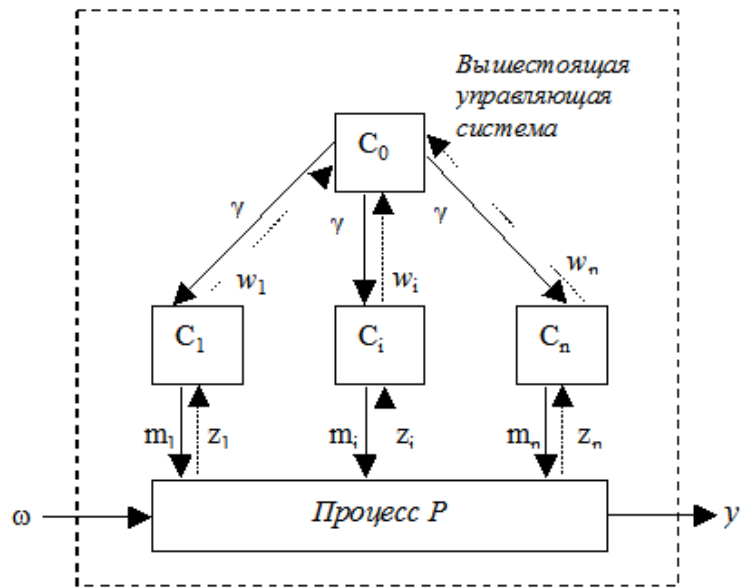


Рисунок 3.3 – Двухуровневая система принятия решений

На приведенной схеме изображен управляемый процесс P , вышестоящая управляющая система C_0 , n нижестоящих управляющих систем C_1, \dots, C_n . Два вида вертикального взаимодействия между подсистемами. Один – это передача входных сигналов вниз, причем от C_0 к C_1, \dots, C_n – это координирующие сигналы или вмешательство, а от C_1, \dots, C_n к P – это управляющие воздействия. Другой вид – это передача вверх информационных сигналов, или сигналов обратной связи (представлены пунктиром). Рассмотрим уровни.

Процесс P представляет собой некий управляемый процесс (например, бизнес-процесс), к которому поступают входные сигналы двух видов: управляющие входы m , $m \in M$, где M – множество управляющих сигналов, и сигналы (входы) ω , $\omega \in \Omega$, представляющие собой внешние возмущения, поступающие из окружающей среды. Символом y , $y \in Y$ обозначим «выход» процесса P и соответственно множество Y – это множество выходов процесса P . Тогда процесс P можно представить в виде отображения: $P: M \times \Omega \rightarrow Y$. Соответственно множество управляющих сигналов M можно представить в виде декартова произведения n множеств: $M = M_1 \times \dots \times M_n$, причем i -ая локальная управляющая система C_i имеет полномочия выбирать i -ю компоненту m_i управляющего сигнала

m , оказывая тем самым соответствующее воздействие на процесс.

Теперь остановимся на уровне систем управления нижнего уровня C_i . К системе C_i поступают информационные сигналы z_i , $z_i \in Z$ от процесса P и координирующий сигнал γ , поступающий от вышестоящей управляющей системы. Тогда $C_i : \gamma \times Z_i \rightarrow M_i$. Управляющую систему C_0 называют координирующей, для которой w_i – обратная связь. Считается, что управляющая система C_0 осуществляет отображение: $C_0 : W \rightarrow \gamma$, где W – множество информационных сигналов, с помощью которых реализуется обратная связь.

Если предположить, что сигналы z_i содержат информацию относительно поведения процесса P и связаны функциональной зависимостью: с управляющими сигналами m_i , внешним возмущением ω и выходом y , то эту зависимость можно представить в виде отображения: $f_i : M \times \Omega \times Y \rightarrow Z$. Аналогично, сигнал w содержит информацию относительно поведения нижестоящих управляющих систем, поэтому для него возможно отображение: $f_0 : \gamma \times Z \times M \rightarrow W$.

Таким образом, имея в наличии четкую иерархическую структуру достаточно просто можно перейти к многослойным когнитивным картам.

IV этап. Анализ и моделирование.

Как известно, социально-экономическое моделирование — это процесс выявления экономических, политических и социальных закономерностей предупреждения и предотвращения негативных тенденций, получения теоретических и практических знаний о проблеме и формулирования на этой основе практических выводов. Как правило, моделирование представляет собой циклический процесс, в котором знания об исследуемой проблеме расширяются и уточняются, а исходная модель постоянно совершенствуется.

Когнитивное моделирование включает сценарный анализ. Сценарий – это модель будущего, состоящее из согласованных, логически взаимоувязанных событий и последовательности шагов, с определенной вероятностью ведущих к прогнозируемому конечному состоянию (образу организации в будущем). В сценарии определяются наиболее значимые факторы и их влияние на

предполагаемые события. Принято разрабатывать три группы альтернативных вариантов сценария: оптимистичный, наиболее вероятный, пессимистичный. Можно сказать, что сценарий – это описание будущего в изыскательском прогнозе.

Сценарий может моделироваться по трем основным направлениям:

1. Прогноз развития ситуации без всякого воздействия на процессы в ситуации (ситуация развивается сама по себе);
2. Прогноз развития ситуации с выбранным комплексом мероприятий (управлений) – прямая задача;
3. Синтез комплекса мероприятий для достижения необходимого изменения состояния ситуации – обратная задача.

Исследования, связанные с процессом моделирования, также проводятся поэтапно, т.е. можно выделить следующие этапы моделирования:

- определение начальных условий, тенденций, характеризующих развитие ситуации на данном этапе. Это необходимо для придания адекватности модельного сценария реальной ситуации, что усиливает доверие к результатам моделирования;
- задание целевых, желаемых направлений (увеличение, уменьшение) и силы (слабо, сильно) изменения тенденций процессов в ситуации;
- выбор комплекса мероприятий (совокупности управляющих факторов), определение их возможной и желаемой силы и направленности воздействия на ситуацию;
- выбор комплекса возможных воздействий (мероприятий, факторов) на ситуацию, силу и направленность которых необходимо определить;
- выбор наблюдаемых факторов (индикаторов), характеризующих развитие ситуации, осуществляется в зависимости от целей анализа и желания пользователя.

V этап. Реализация, внедрение и верификация.

Этап реализации обеспечивает программную и техническую (по мере необходимости) реализацию проектных решений по моделированию. По мере разработки отдельных программных компонентов осуществляется их

тестирование, интеграция и внедрение. Осуществляется загрузка первичной нормативно-справочной информации. И, собственно развитие модели. В процессе эксплуатации модели осуществляется регистрация ошибок, проводится экспертиза управленческих решений, формулируются требования к модификации модели в связи с изменениями объекта и функций управления. Как результат – проверка адекватности модели реальной ситуации, т.е. сопоставление полученных результатов с характеристиками системы, которые при тех же исходных условиях были в прошлом, если результаты сравнения — неудовлетворительны, то модель корректируется и переходят к п. III.1.

Описанный порядок построения модели предлагается использовать для моделирования социально-экономической системы. Модель строится на основе положений теории иерархических многоуровневых систем и когнитивного моделирования, что позволяет анализировать причинно-следственные связи в рассматриваемой системе; проводить анализ ее устойчивости; и выработать управляющие решения.

Обобщенная схема описанной методики представлена на рисунке 3.4.

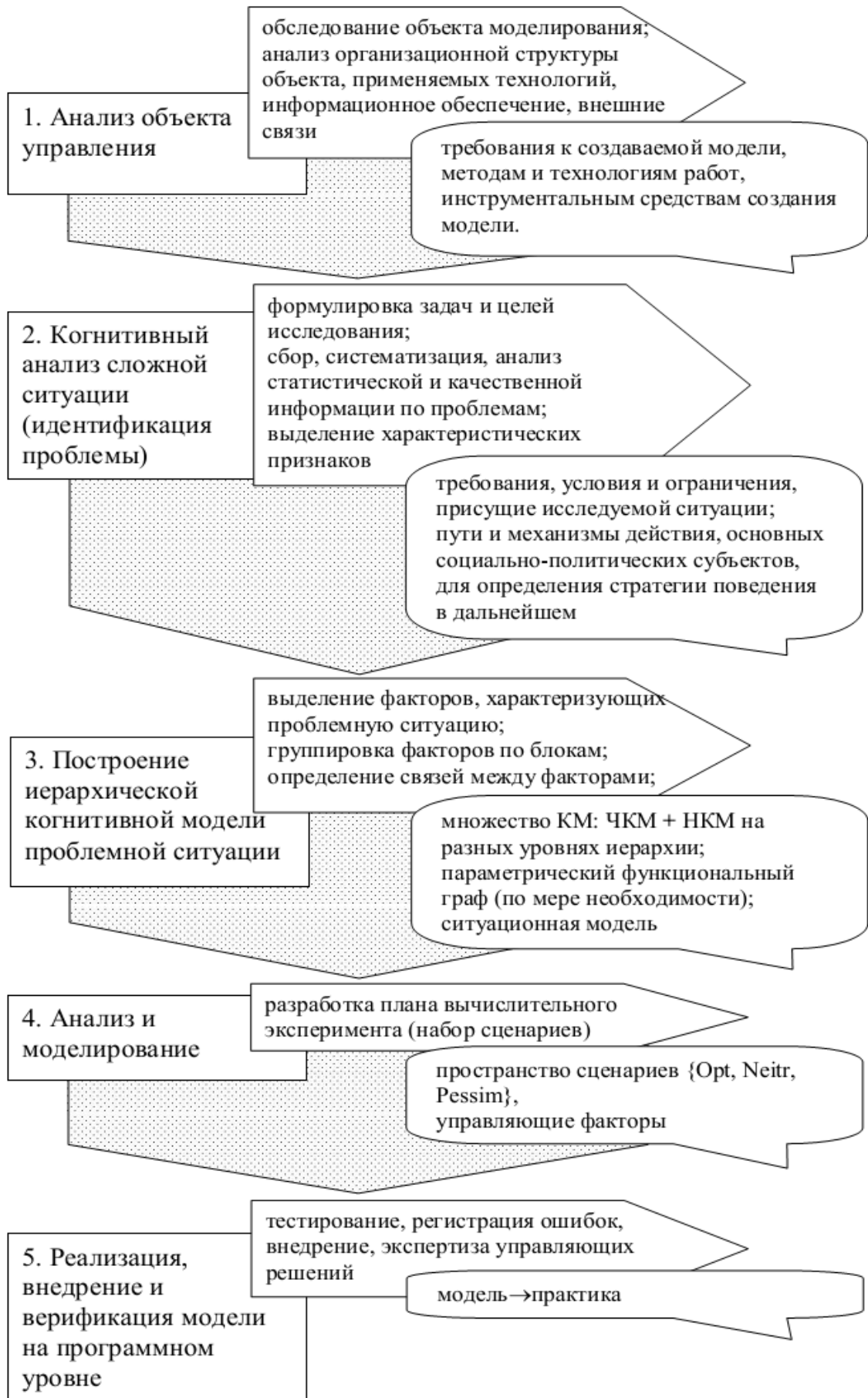


Рисунок 3.4 – Обобщенная схема методики

3.3 Принятие решения на основе нечеткой когнитивной модели¹³ [60, 65]

В XXI веке для поддержки принятия решений, широко применяются специализированные программные платформы, позволяющие моделировать сценарии и оценивать их потенциальные последствия. Принятие решений остается критически важным и сложным этапом деятельности человека, в любой сфере народного хозяйства. Развитие вычислительной техники и информационных технологий, основанных на интеграции системного и когнитивного анализа, и особенно бурный прогресс в области искусственного интеллекта (ИИ), открывают новые горизонты для оптимизации процесса принятия решений. ИИ позволяет лицам, принимающим решения (ЛПР), лучше понимать сложные и слабоструктурированные системы, а также предоставляет инструменты для автоматизации рутинных задач и выявления скрытых закономерностей. В связи с этим, все чаще автоматизации подвергаются этапы управления, связанные с принятием решений в реальных сложных объектах, где формализация затруднена. Этому способствуют следующие факторы. 1) Повышение вычислительной мощности и доступность. Современные методы, инструменты и программное обеспечение для анализа данных и моделирования стали мощнее и доступнее для широкого круга пользователей. 2) Увеличение сложности управляемых объектов: Объекты управления становятся все более сложными, затрагивая даже управленческую деятельность человека, включая экспертное принятие решений.

Все больше внимания исследователей привлекают непроизводственные сектора экономики, включающие такие отрасли, как здравоохранение, социальное обеспечение, экология, образование, управленческий консалтинг, информационное обеспечение и другие. В этих областях, применение новых технологий для поддержки принятия решений может значительно повысить эффективность и качество управления.

¹³ Гинис Л.А. Об одном подходе к моделированию процесса принятия решений // Сб. докл. II-й Межд. научно-практ. конф. Днепропетровск: ИПК ИнКомЦентра УГХТУ, 2004. – 215с., С. 105-108. Гинис Л.А. Гордиенко Л.В. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 160 с. §2.4.

Управление в непроизводственных секторах характеризуется низкой степенью формализации систем управления, значительным объемом нечетких данных и наличием индикаторов, которые могут быть описаны только качественно. Перечисленное является ограничением к применению традиционных методов оптимизации и моделирования. Что приводит исследователей к необходимости выявлять и/или разрабатывать новые подходы и инструменты, позволившие бы анализировать как качественную, так и количественную информацию одновременно, и принимать решения в условиях неопределенности. В качестве основы предлагается использовать модель принятия решений, опирающуюся на нечеткие когнитивные карты (Fuzzy Cognitive Maps - FCM), разработанные экспертами с учетом системного подхода и их профессиональных знаний об объекте и закономерностях развития анализируемого процесса. В работе [65] «Об одном подходе к моделированию процесса принятия» автор описывает элементы построения такой модели и возможность ее применения для моделирования слабо формализуемых проблем.

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. пишут: «В то время как большинство исследований посвящено построению "плоских" когнитивных карт, реальные задачи принятия решений в основном относятся к многоуровневым системам, что требует создания иерархических когнитивных карт, отражающих эту структуру. Для их построения предлагается использовать аппарат теории иерархических многоуровневых систем, позволяющий моделировать и описывать процессы принятия решений в виде многоэшелонной многоцелевой системы (так называемые организационные иерархии) [49]. Представим иерархию принятия решений в двухуровневой системе с точки зрения ее координации, рисунок 3.5».

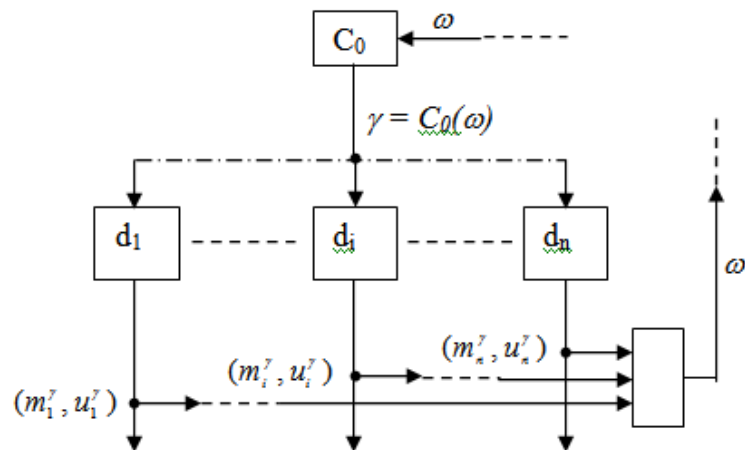


Рисунок 3.5 – Двухуровневая карта иерархии принятия решений

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. пишут: «Координатор C_0 получает информацию ω от локальных решающих элементов d_i , выбирает координирующий сигнал γ , основанный на данной информации, и посылает его каждому из элементов d_i . Получив определенный координирующий сигнал γ , каждый локальный решающий элемент d_i «принимает» то решение, которое является оптимальным решением конкретной задачи $D_i(\gamma)$, при условии, что такое решение существует, и посылает определенную информацию об этом координатору. Можно синтезировать блок координации C_0 , выбрав ту или иную стратегию координации $s_0: \mathcal{E} \times \mathcal{W} \rightarrow \mathcal{E}$, которая будет использоваться для получения оптимального координирующего сигнала [137]».

«Для двухуровневой карты иерархии принятия решений, как примера НКМ, введем следующие положения:

- влияние внешней среды либо отсутствует (или мы его игнорируем), либо полностью известно заранее, т.е. система в целом работает в условиях определенности;
- влияние различных возмущений рассматривается отдельно;
- задача, определенная как глобальная и задачи, решаемые на нижестоящем уровне, являются оптимизационными».

«Цель – структурировать проблему и выявить такие свойства двухуровневой карты, которые не зависят от технических особенностей, учитываемых при более детализированных описаниях всей системы в целом.

Обозначим некоторые положения, используемые для построения иерархических карт принятия решений:

- система карт состоит из семейства четко выделенных взаимодействующих подсистем (эшелонов), причем каждая из них имеет свою внутреннюю структуру, также являющуюся картой;
- решающие элементы располагаются иерархически в том смысле, что некоторые из них находятся под влиянием или управляются другими решающими элементами;
- на каждом из эшелонов анализируется уровень описания, или абстрагирования (страта), и уровень сложности принимаемого решения (слой)».

Предлагаемая иерархия карт обладает рядом положительных черт: наглядность, простота понимания, полнота системы, возможность дополнений и реконструкции, адекватность, децентрализованность. Причем, данное иерархическое представление достаточно хорошо описывает слабоструктурированные системы, а «работая» на одной из подсистем может быть применено и ко всей системе в целом.

В [60] Гинис Л.А. и Гордиенко Л.В. подчеркивают: «Достоинством представляемой иерархической когнитивной модели является то, что она позволяет разрабатывать системы поддержки решений системно, с единых методических позиций, с использованием когнитивных методов и систем управления знаниями для различных элементов социальной и экономической систем: экономика, здравоохранение, образование, экология и др. Когнитивная модель может быть названа простым и полезным инструментом, который позволит исследователю выявлять, анализировать и согласовывать представления, характеризующие мнения, взгляды всех лиц, вовлеченных в данный социальный процесс и лиц, принимающих решение; углубленно оценить проблему, как результат уточнить постановку задачи и найти пути решения. Когнитивная модель позволяет анализировать неформализуемые факторы, учитывать мнения экспертов, их опыт, знания, интуицию, имитировать рассуждения».

Современные достижения в вычислительной технике и программном

обеспечении открывают широкие возможности для создания адекватных автоматизированных когнитивных моделей. В частности, когнитивное моделирование как инструмент изучения и поддержки принятия решения, основанное на последних достижениях искусственного интеллекта (ИИ), кибернетики, математики может стать фундаментом для разработки автоматизированных интеллектуальных систем нового поколения. Именно интеграция этих дисциплин, с использованием возможностей ИИ для автоматизации и оптимизации, позволит создавать системы, способные имитировать когнитивные процессы человека и принимать решения в сложных, динамически меняющихся условиях.

Выводы

1. Представлено описание формализации исследования социально-экономической системы, основанное на применении принципов, положений и правил общей теории систем, теории иерархических многоуровневых систем и когнитивного моделирования.

2. Выделены и описаны 23 подсистемы обобщенной социально-экономической системы, среди которых: экономическая безопасность (G), национальная безопасность (H), технологическая безопасность (I), экологическая безопасность (J), энергетическая подсистема (W), геоинформационные системы (V) составляют основу государственной безопасности, схема которой отображена на рисунке 1.1. Предложена графическая интерпретация в виде пирамиды для описания многоуровневой структуры СЭС. Введено определение подпирамиды. Выделение таких подпирамид, например как WVXZ, GHXZ, HIXZ позволяет анализировать структуру взаимосвязей аспектов безопасности на разных уровнях иерархии.

3. Дано стратифицированное описание структуры СЭС с учетом полной и устойчивой стратификации, многоуровневого представления решающих подсистем.

4. Предложено использование нечеткой ситуационной модели управления СЭС для проведения процедуры прогнозирования перехода системы из текущего состояния в желаемое с учетом силы управляющего воздействия, данная модель позволяет отслеживать реакцию системы на управляющие воздействия в условиях динамично меняющейся среды.

5. Подробно описана методика когнитивного анализа и построения многослойных когнитивных моделей, приведена ее графическая интерпретация. Предложенная методика, синтезирующая системный и когнитивный подходы, может быть применена как универсальный научный инструментарий для изучения и понимания поведения социально-экономической системы, как представителя организационной системы.

6. Сделан вывод, о том, что нечеткие когнитивные карты представляют собой структуру логического вывода, способную объединить данные для обработки каузальных рассуждений в системах поддержки принятий решений как качественного, так и количественного характера, в отличие от четких когнитивных карт и традиционных моделей.

Глава 4. Построение нечетких когнитивных моделей и методы их анализа

4.1 Построение многослойной когнитивной модели

Представим подробно 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. Т. е. это будет совокупность иерархии управляющих воздействий в социально-экономической сфере, рисунок 4.1.

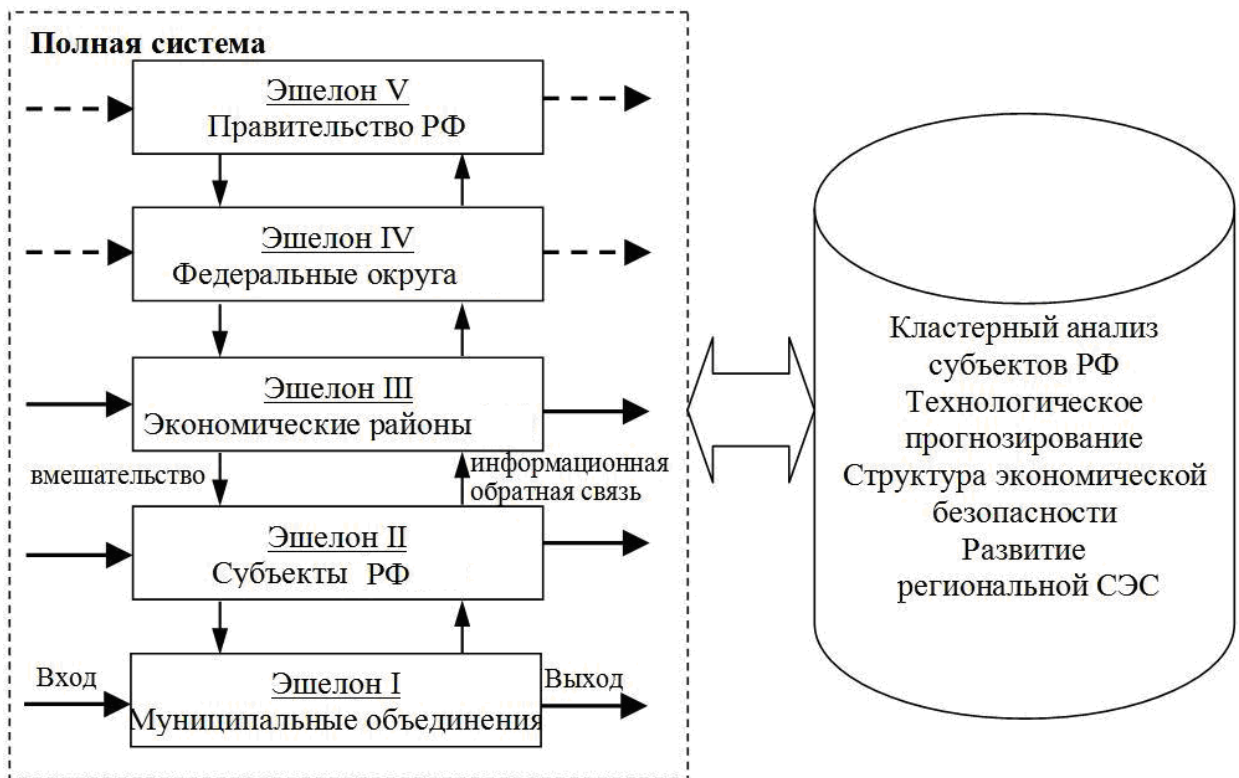


Рисунок 4.1 – Вертикальное взаимодействие между эшелонами управленческой иерархии с соответствующими задачами

Каждый эшелон, как уже упоминалось в главе 3, имеет два уровня: уровень описания, или абстрагирования (страта) и уровень сложности принимаемого решения (слой). Например, на эшелоне II страта – это совокупность всех 89

субъектов РФ (на 2020 год, Конституция РФ). В рамках страты может быть выделено *n* слоев.

Представим обобщенную модель в виде двухуровневой когнитивной модели регионального социально-экономического механизма, разработанную на основании известной структуры, предложенной видным Российским экономистом А.Г. Гранбергом [87]. В модели объединены процессы, которые могут осуществляться в любом регионе, это производство, сохранность природных ресурсов, воспроизводство энергоресурсов и т.д. Также в модели отражается движение материальных и финансовых потоков между основными субъектами региональной экономики: юридическими и физическими лицами, центральными и местными органами исполнительной власти, государственными учреждениями, предприятиями и т.д.. При этом значительная часть стандартных финансовых потоков проходит через региональный и местный бюджеты и через внебюджетные фонды. Некоторыми составляющими дохода бюджета любого субъекта федерации являются доходы от региональных и федеральных налогов и сборов; доходы от использования имущества; штрафы. Внебюджетные фонды формируются за счет таких источников, как заемные средства, социальные сборы (страховые и т. п.), добровольные взносы, поступления из федеральных внебюджетных фондов и др. Не следует забывать и об инвестициях, государственных программах.

Применяя метод декомпозиции, модифицируя ее и приводя к двухслойности, в результате получим обобщенную двухуровневую когнитивную модель регионального социально-экономического механизма, рисунок 4.2.

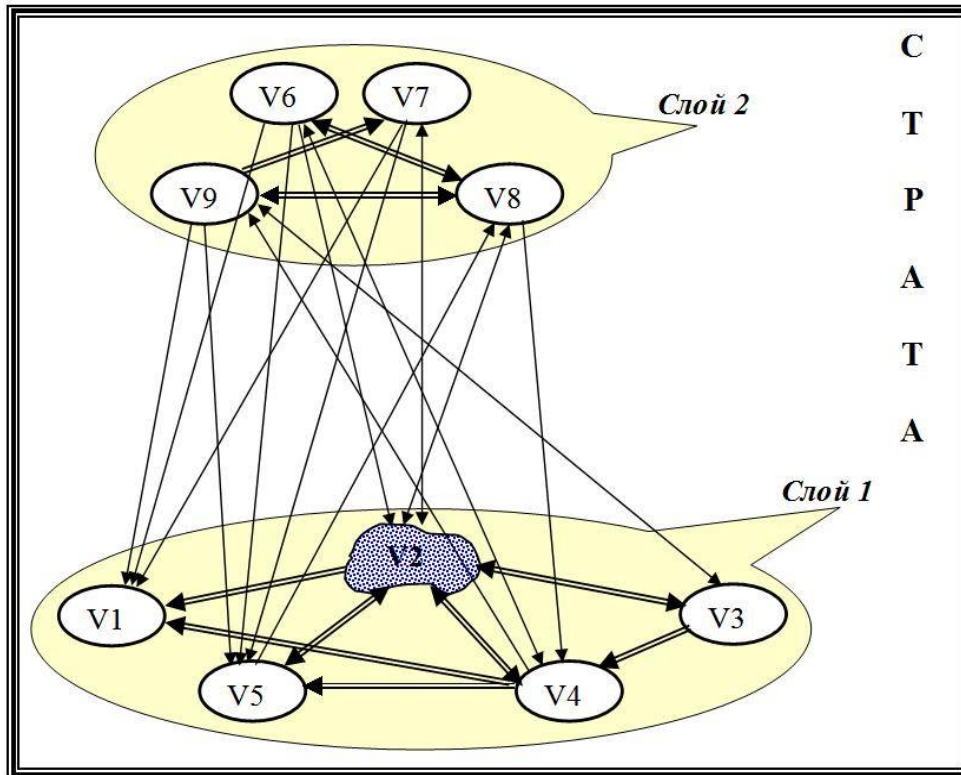


Рисунок 4.2 – Двухуровневая когнитивная модель регионального социально-экономического механизма

Каждая из страт, как процесс и результат определенной специфической деятельности, может быть, при необходимости, представлена в виде относительно самостоятельных подструктурных моделей (как в статике, так и в динамике). Концепты (вершины) V_i данной когнитивной карты могут быть интерпретированы как блоки региональной инфраструктуры, совокупность блоков – это слой иерархической региональной СЭС. Тогда первый слой объединяет концепты: V1 – потребление конечное; V2 – производство; V3 – занятость; V4 – доходы населения; V5 – валовое накопление. Вторым слоем объединяет концепты: V6 – федеральные регулирующие структуры (банковские, фискальные организации и др.); V7 – внешнеэкономический и межрегиональный обмен; V8 – окружающая среда; V9 – население.

Стрелками отражено направление влияния между выделенными блоками (производство, доходы, население и т.д.). Например, развитие производства – V2 влечет за собой увеличение конечного потребления – V1 (связь 1) и взаимосвязано с уровнем занятости – V3 (двусторонняя связь 3), от последнего, зависят доходы населения – V4 (связь 5); уровень дохода населения – V4, в свою

очередь, влияет на валовое накопление – V5 (связь 8) и на объемы производства – V2 (двусторонняя связь 4) и т.д.

Для упрощения процедуры определения силы влияния, все взаимосвязи нумеруются: W – «слабая связь», M – «средняя связь», S – «сильная связь». Чтобы не загромождать рисунок эти связи описываются отдельно в соответствующих таблицах. Если связь является двусторонней, то ее принято обозначать через дробь, в числителе прописывается сила связи в направлении слева направо по таблице, а в знаменателе – справа налево. Кроме того, связи можно объединять, группируя по следующему принципу: внутренние связи нижнего и отдельно высшего слоя, связи исходящие сверху вниз и связи снизу вверх.

В результате проведенного анализа существующей количественной и качественной информации о состоянии региональной системы в условиях социально-экономической и экологической среды на примере субъекта Ростовская область сложилась следующая совокупность факторов и показателей, с помощью которых можно охарактеризовать различные задачи, проблемы, ситуации. В совокупность включены переменные, выбранные из официальных документов, статистических отчетов и предложенные экспертами. Данные были предварительно сгруппированы с точки зрения отнесения ко внутренним и внешним факторам различных типов в соответствии с представленной картой. Отметим, что переменные перечислены без уточнения степени важности, предлагается последовательность.

Выделим группы факторов, внутренние – это последовательность переменных X , внешние факторы обозначим как Z , которые влияют на показатели социальной и экономической сферы Y , определяющиеся из групп X и Z в соответствии с целями когнитивного моделирования [84, 233].

Внутренние факторы X :

- удельный вес субъекта в общероссийских основных социально-экономических показателях: $X_1, x_1^i \in X_1, i = \overline{1, k_1}$;
- численность населения: $X_2, x_2^i \in X_2, i = \overline{1, k_2}$;

- численность экономически активного населения и безработных:
 $X_3, x_3^i \in X_3, i = \overline{1, k_3}$;
- кадровое обеспечение государственных органов и органов местного самоуправления: $X_4, x_4^i \in X_4, i = \overline{1, k_4}$;
- динамика реальных денежных доходов населения: $X_5, x_5^i \in X_5, i = \overline{1, k_5}$;
- структура социальных выплат: $X_6, x_6^i \in X_6, i = \overline{1, k_6}$;
- потребление продуктов питания: $X_7, x_7^i \in X_7, i = \overline{1, k_7}$;
- жилищные условия населения, структура жилищного фонда:
 $X_8, x_8^i \in X_8, i = \overline{1, k_8}$;
- уровень образования населения: $X_9, x_9^i \in X_9, i = \overline{1, k_9}$;
- мощность амбулаторно-поликлинических организаций: $X_{10}, x_{10}^i \in X_{10}, i = \overline{1, k_{10}}$;
- число зарегистрированных преступлений, по видам: $X_{11}, x_{11}^i \in X_{11}, i = \overline{1, k_{11}}$;
- региональные и национальные особенности: $X_{12}, x_{12}^i \in X_{12}, i = \overline{1, k_{12}}$.

В соответствии со статистическим сборником: «Регионы России. Социально–экономические показатели» определен список внешних факторов Z:

- демографические показатели: $Z_1, z_1^i \in Z_1, i = \overline{1, l_1}$;
- показатели здравоохранения: $Z_2, z_2^i \in Z_2, i = \overline{1, l_2}$;
- экологические показатели: $Z_3, z_3^i \in Z_3, i = \overline{1, l_3}$;
- показатели жизнеобеспечения: $Z_4, z_4^i \in Z_4, i = \overline{1, l_4}$;
- инфраструктурные показатели: $Z_5, z_5^i \in Z_5, i = \overline{1, l_5}$;
- экономические и финансовые показатели: $Z_6, z_6^i \in Z_6, i = \overline{1, l_6}$;
- социальные показатели: $Z_7, z_7^i \in Z_7, i = \overline{1, l_7}$;
- объемы научных исследований и инновации: $Z_8, z_8^i \in Z_8, i = \overline{1, l_8}$;
- показатели развития информационных и коммуникационных технологий:
 $Z_9, z_9^i \in Z_9, i = \overline{1, l_9}$;

- правовые показатели: $Z_{10}, z_{10}^i \in Z_{10}, i = \overline{1, \ell_{10}}$;
- природные ресурсы: $Z_{11}, z_{11}^i \in Z_{11}, i = \overline{1, \ell_{11}}$;
- региональная политика в образовании: $Z_{12}, z_{12}^i \in Z_{12}, i = \overline{1, \ell_{12}}$;
- показатели промышленности: $Z_{13}, z_{13}^i \in Z_{13}, i = \overline{1, \ell_{13}}$;
- показатели сельского хозяйства: $Z_{14}, z_{14}^i \in Z_{14}, i = \overline{1, \ell_{14}}$.

В зависимости от целей когнитивного моделирования, обозначенная совокупность показателей может изменяться. Очевиден вывод, для конкретной слабоструктурированной системы может быть разработано несколько когнитивных моделей (карт), что подтверждается анализом принятых правил построения и существующих примеров когнитивных карт. Поэтому и предлагается многослойная система когнитивных карт.

Для построения системы многослойной иерархии когнитивных карт, одного из субъектов ЮФО была собрана и обработана статистическая информация за первое 10-тилетие XXI в. для всех блоков $V_1 - V_9$ многослойной когнитивной карты. При построении карты также проводились серии экспертных опросов. Целью проводимого когнитивного моделирования становится выявление сценариев, ведущих к устойчивому развитию региона в целом.

Кроме того, при исследовании региональной системы был проведен анализ причинно-следственных связей, распространения возмущений по карте, сложности и связности, а также устойчивости системы. Основной особенностью исследования является то, что решение названных задач производится взаимосвязано на всех рассматриваемых слоях системы.

Показатели социальной и экономической сферы Y , среди прочего включают базовый набор индикаторов [146] устойчивого и безопасного развития организационной СЭС, часть из них представлена в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Индикаторы устойчивого и безопасного развития

Показатели по укрупненным группам	
Экономические отношения	Демографическая ситуация
Уровень падения ВРП по отношению к базовому уровню	Коэффициент депопуляции
Уровень падения промышленного производства	Суммарный коэффициент рождаемости
Снижение объема продукции сельского хозяйства	Средняя продолжительность жизни населения
Уровень продовольственной зависимости	Темпы роста и миграции населения
Доля в экспорте продукции обрабатывающей промышленности	
Доля в экспорте высокотехнологичной продукции	Земельные ресурсы
Ассигнования на науку, в % к ВВП	Использование земли
	Орошаемые земли
Социальная сфера	Земли, затронутые опустыниванием
Соотношение минимальной и средней заработной платы	
Децильный коэффициент	Организационные индикаторы
Доля населения, живущего за чертой бедности	Телефонная плотность
Уровень безработицы	Наличие национальной стратегии устойчивого развития
Экологическая ситуация	Девиянтное поведение
Предохранительные затраты на экологию, в % к ВРП	Уровень преступности

Сравнение значения показателей устойчивого и безопасного развития с пороговыми дает возможность делать вывод о текущем состоянии как всей СЭС в контексте безопасного и устойчивого развития.

4.2 Метод описания нечеткой когнитивной модели

В отличие от существующих разновидностей НКМ в виде нечетких нейронных сетей, карт Силова или нечетких реляционных когнитивных карт (FRM), автором было введено понятие в [22, 23, 45] и описаны возможности задания нечеткой когнитивной модели (НКМ) в виде нечеткого орграфа в рамках аппарата нечетких графов согласно [17, 111, 135, 205, 249, 251, 261].

Нечеткая когнитивная модель – НКМ (или допускается «карта») – это нечеткий орграф, 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 $\tilde{U} = \{ \langle \mu_u \langle x_i, x_k \rangle / \langle x_i, x_k \rangle \rangle \}$ будем принимать нечеткое множество ребер (или дуг), где $\langle x_i, x_k \rangle \in X^2$, а $\mu_u \langle x_i, x_k \rangle$ – есть степень принадлежности ориентированного ребра $\langle x_i, x_k \rangle$ нечеткому множеству ориентированных ребер \tilde{U} , т.е. от концепта x_j к концепту x_k проводится дуга, если изменение x_j оказывает непосредственное существенное воздействие на x_k .

Связность в НКМ будем представлять при помощи матрицы смежности $W^T = \{w_{ij}\}$, $w_{ij} \in \{-1, 0, 1\}$, где w_{ij} – вес ребра от вершины i к вершине j .

$$W^T = \begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & w_{ij} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

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, т.е. $\tilde{\Gamma} : X \rightarrow X$, задаваемое в виде системы нечетких образов элементов $x \in X$ при этом отображении, т.е. $\tilde{\Gamma}(x_i) = \{ \langle \mu_{\Gamma}(x_j) / x_j \rangle \}$, $x_j \in \Gamma(x_i)$, здесь $\Gamma(x_i)$ – четкое множество образов концепта $x_i \in X$ [23]¹⁴.

Примем, что нечеткую когнитивную модель можно задать и в виде нечеткого орграфа второго 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 $\tilde{U} = \{ \langle \mu_u \langle x_i, x_k \rangle / \langle x_i, x_k \rangle \rangle \}$, $\langle x_i, x_k \rangle \in X^2$, с функцией принадлежности $\mu_u : X^2 \rightarrow [0, 1]$ [21]. Отметим, что нечеткий ориентированный граф 2-го рода при необходимости можно однозначно преобразовать в нечеткий ориентированный граф 1-го рода, как и наоборот, но в этом случае мы получим бесконечно много нечетких графов второго рода, что не оптимально.

¹⁴ Работа поддержана грантом РФФИ: № 11-01-00011а 2011-13гг. и отражена в [23]

В качестве концептов (вершин, объектов, суждений) НКМ могут выступать, любые объекты политической, экономической, социальной, экологической системы или их совокупность, например, социально-экономические показатели, политические решения и их эффекты, инвестиции в здравоохранение и демография, цели и необходимые средства их достижения и т.д. Выявленные связи между вершинами и ее значимости будут являться нечеткими дугами.

Каждый из вышеназванных блоков V_1-V_9 разворачивается в систему взаимосвязанных когнитивных карт. Приведенная на рисунке 4.2 двухуровневая когнитивная модель описывает укрупненную структуру элементов, формирующих систему региональную экономики, и с ее помощью можно определить основные направления моделирования и анализа поведения региональной СЭС. Например, концепт V_2 – производство, в свою очередь, также может быть представлен в виде нечеткой когнитивной модели одного уровня (далее нечеткой когнитивной карты, НКК), концепты которой обозначены следующим образом: V_{21} – добыча полезных ископаемых; V_{22} – сельское хозяйство; V_{23} – инвестиции; V_{24} – транспорт, телекоммуникации и связь; V_{25} – обрабатывающие производства; V_{26} – производство и распределение электроэнергии (подсистема).

Продолжая процесс погружения в проблему, собственно проводя когнитивный анализ сложной системы согласно этапу III методики когнитивного анализа (п.3.2) и выстраивая многослойную нечеткую когнитивную модель, покажем, как описать концепт V_{26} – «энергетическая подсистема» с помощью двухслойной НКК, рисунок 4.3.

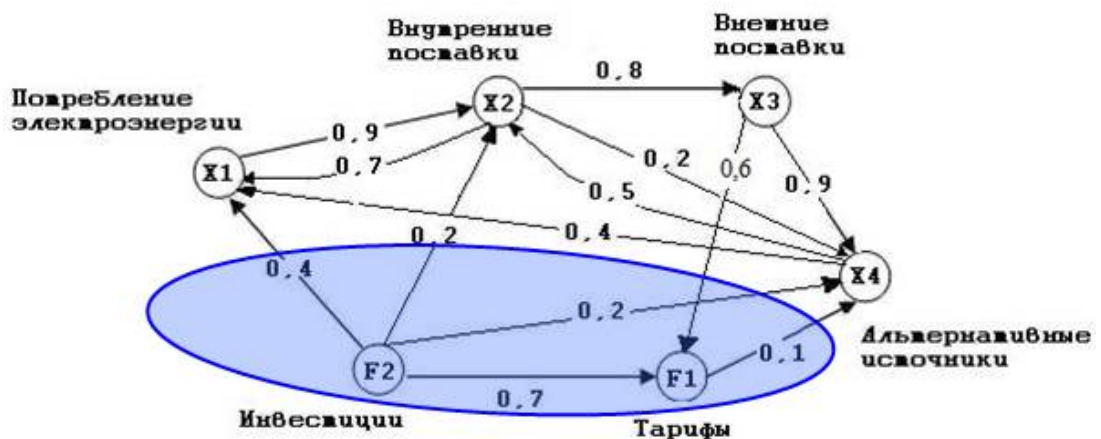


Рисунок 4.3 – Модель энергетической подсистемы (V_{26}) в виде двухслойной НКК

Для проведения анализа структуры НКК, выделим один слой следующим образом, вершины F1 и F2 объединим в единую карту, 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 веса, рисунок 4.4.

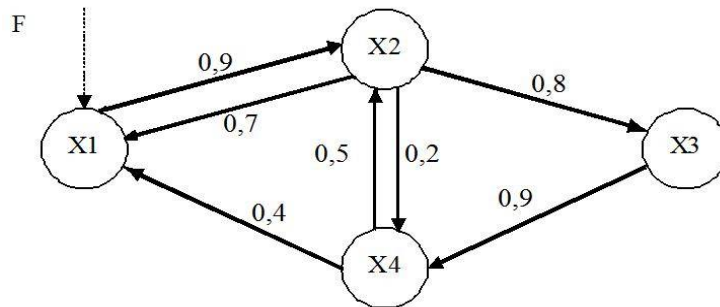


Рисунок 4.4 – НКК энергетической подсистемы (V26) на одном слое

Как уже упоминалось, сила связи может определяться из множества: связь {S: сильная; M: средняя, W: слабая}. Предлагается вместо представленного множества и целесообразнее, описывать силу связи с помощью лингвистических термов, например: «очень малое влияние», «малое влияние», «большое влияние», «очень большое влияние» и т.п., которые могут принимать любое значение из интервала $[0, 1]$. При этом, будем понимать, что 0 – это отсутствие связи; $[0.1, 0.3]$ – связь слабая, $[0.4, 0.6]$ – связь средняя, $[0.7, 1]$ – связь сильная. Построим сравнительную таблицу связей для рассматриваемого нечеткого графа, таблица 4.2.

Таблица 4.2 – Сопоставление описаний силы связи

Номера связей	Сила связи: {W, M, S}	Сила связи: $[0, 1]$
1 – X1↔X2	S/S	0.9/0.7
2 – X2→X3	M	0.8
3 – X3→X4	S	1
4 – X4→X1	M	0.4
5 – X2↔X4	W/W	0.2/0.5

Согласно теории нечетких графов [18, 111, 249, 261] нечетким ориентированным путем $\tilde{L}(x_i, x_m)$ из вершины x_i в вершину x_m нечеткого ориентированного графа $\tilde{G} = (X, \tilde{U})$ называют направленную последовательность нечетких дуг, ведущую из вершины x_i в вершину x_m , в которой конечная вершина всякой дуги, отличной от последней, является начальной вершиной следующей дуги и записывают так:

$$\tilde{L}(x_i, x_m) = \langle \mu_U \langle x_i, x_j \rangle / \langle x_i, x_j \rangle \rangle, \langle \mu_U \langle x_j, x_k \rangle / \langle x_j, x_k \rangle \rangle, \dots \quad (4.2)$$

$$\dots, \langle \mu_U \langle x_l, x_m \rangle / \langle x_l, x_m \rangle \rangle .$$

Для пути $\tilde{L}(x_i, x_m)$ определяется его конъюнктивная прочность следующим образом: $\mu_{\&}(\tilde{L}(x_i, x_j)) = \bigwedge_{\langle x_\alpha, x_\beta \rangle \in \tilde{L}(x_i, x_j)} \mu_U \langle x_i, x_j \rangle$ [18], где операция конъюнкции $\&$ может интерпретироваться в различных нечетких базисах, мы будем использовать минимаксный базис. Например, для НКК, представленной на рисунке 4.4, 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 $\tilde{L}(x_1, x_2)$ из вершины x_1 в вершину x_2 . Исходя из предположения, что каждый концепт $x_i \in X$ в нечетком орграфе $\tilde{G} = (X, \tilde{U})$, достижим сам из себя запишем степень достижимости как $\gamma(x, x) = 1$. 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 4.4, 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 4.3.

Таблица 4.3 – Определение уровня прочности взаимосвязи

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

С целью изучения структуры НКК предлагается определять *уровень прочности взаимосвязи* между концепциями и степень их достижения.

Подход для определения максимальной и минимальной прочности в нечетких оргарфах, описанный в [18] не подходит в силу природы и физического смысла НКК для СЭС. Поэтому, опираясь на базовую шкалу принятия решения при нечеткой исходной информации [20], предлагается использовать интервальную экспертную оценку, таблица 4.3.

Вопрос о пересечении или вхождении границ интервала в данной работе не рассматривается.

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 $\gamma_{ij} = \gamma(x_i, x_j)$, $x_i, x_j \in X$. (4.3)

Для рассматриваемой НКК, представленной на рисунке 4.4, матрица достижимости будет иметь вид:

$$N = \begin{pmatrix} 1 & 0,9 & 0,8 & 0,8 \\ 0,7 & 1 & 0,8 & 0,8 \\ 0,5 & 0,5 & 1 & 0,9 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{pmatrix}$$

Для НКК процедура импульсного процесса в виде (2.9-2.11) не работоспособна в виду природы нечеткого графа. Поэтому для проведения вычислительного эксперимента *предлагается* постановка и использование импульсного процесса в условиях нечеткости согласно (4.4), а для исследования

динамики развития модели лицом принимающим решение (ЛПР) использовать набор продукционных правил (4.5). [191]

$$V(t) = V(ucx) + (I \vee N \vee N^2 \vee N^3 \vee N^4 \vee \dots \vee N^t)^T \& P(0),$$

где N – матрица достижимости.

или

$$V(t) = V(ucx) + (I \vee \tilde{L} \vee \tilde{L}^2 \vee \tilde{L}^3 \vee \tilde{L}^4 \vee \dots \vee \tilde{L}^t)^T \& P(0),$$
} (4.4)

где $\tilde{L}(x_i, x_m)$ - нечеткий путь по (4.2),

$$\left. \begin{array}{l} \Pi_{r1} : \text{если } x'_{1i} \text{ есть } A_{r1} \text{ и } x'_{2i} \text{ есть } A_{r2} \text{ и } \dots \text{ и } x'_{l2i} \text{ есть } A_{rl2}, \\ \text{то } y_i = \sum_{j=1}^l p_{rj} y_{i-j} + \sum_{j=l+1}^{l+l_1} p_{rj} u_{i-j+(l+1)}, \\ \Pi_{r2} : \text{если } x_{l+l_1+1i} \text{ есть } A_{r1} \text{ и } x_{l+l_1+2i} \text{ есть } A_{r2} \text{ и } \dots \text{ и } x_{l+l_1+l_2i} \text{ есть } A_{r2}, \\ \text{то } y_i = \sum_{j=1}^l p_{rj} y_{i-j} + \sum_{j=l+1}^{l+l_1} p_{rj} u_{i-j+(l+1)}, \end{array} \right\} (4.5)$$

где $r=1, 2, \dots, m$ – номера нечетких продукционных правил, $\bar{x}' = x'_1, x'_2, \dots, x'_{l_2} \frac{\bar{T}}{\bar{}} , A_{rj}$ – заданные нечеткие числа, p_{rj} – заданные параметры.

На основании вышеизложенного материала предлагается следующий алгоритм описания нечеткой когнитивной модели (карты), рисунок 4.5.

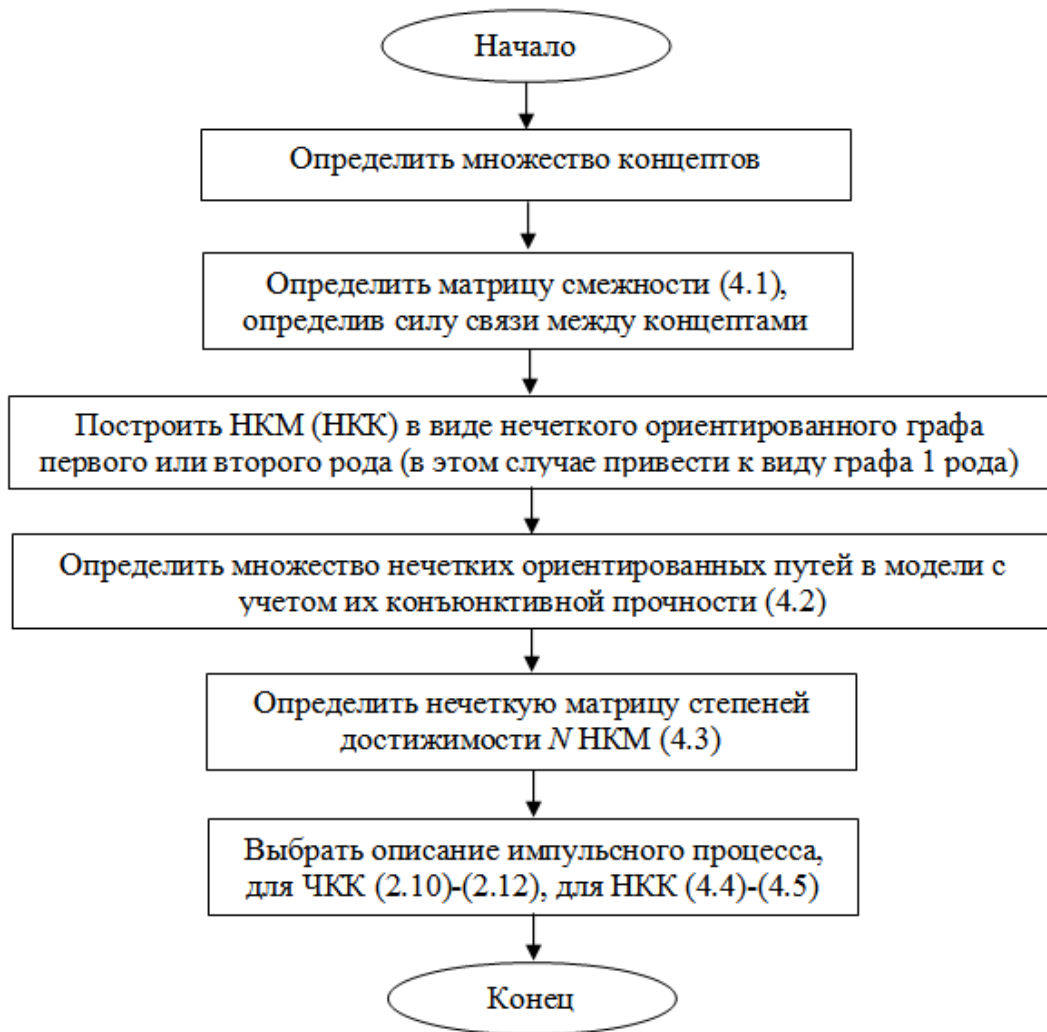


Рисунок 4.5 – Алгоритм описания нечеткой когнитивной модели

4.3 Вычисление ценности концептов нечеткой когнитивной модели

Изобразим нечеткую познавательную модель (далее карту, НКК) моделирующую систему как сеть с одним слоем, рисунок 4.6, за основу возьмем слой 1 (рисунок 4.2) страты эшелона II (рисунок 4.1) Опишем процедуру вычисления ценности концептов НКК [52, 59], что может быть оценено как вычисление значений нечетких концептов для НКК, описанной нечетким орграфом второго рода.

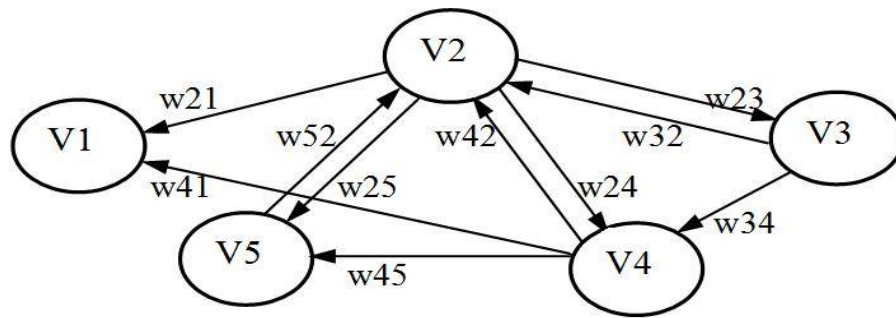


Рисунок 4.6 – Общее представление FCMs

Узлы $V_1 - V_5$ обозначают концепты, представляющие основные объекты или характеристики системы; это также могут быть события, действия, цели, ценности, тенденции системы. Для каждого концепта вводится число A_i , представляющее его ценность, которое назначается экспертом и лежит в интервале $[0, 1]$. Как известно причинно-следственная связь между концептами изображена с помощью ориентированных дуг (или ребер) графа. Каждая дуга характеризуется весом W_{ij} , позволяющим оценить степени причинной связи, причем веса взаимосвязей могут изменяться в интервале $[-1, 1]$.

Отношения между концептами могут быть одним из трех возможных типов и определяются значением связи: положительная причинная связь $W_{ij} > 0$, отрицательная причинная связь $W_{ij} < 0$ или отсутствие отношений $W_{ij} = 0$. Вес W_{ij} указывает, насколько концепт V_i влияет на концепт V_j . Направление дуги указывает, являются ли отношения между концептами V_i и V_j прямыми или обратными. В [215] предложена следующая формулировка для вычисления ценности концептов нечеткой познавательной карты:

$$A_i^t = f\left(k_1 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n A_j^{t-1} W_{ji} + k_2 A_i^{t-1}\right). \quad (4.6)$$

Для возможности оценки пропорции вклада предыдущей ценности концепта в вычисление новой ценности введен коэффициент k_2 , а коэффициент k_1 выражает влияние связанных концептов в конфигурации новой ценности концепта A_i . Такая формулировка предполагает, что концепт связывается с собой с весом $W_{ii} = k_2$.

Пусть влияние ценности каждого концепта настолько высоко, что можно предположить следующее $k_1 = k_2 = 1$. Это означает, что ценность каждого

предыдущего концепта имеет большое влияние в определении ценности каждого последующего концепта. В этом случае, ценность A_i для каждого концепта V_i рассчитывается в соответствии со следующей формулой:

$$A_i^t = f\left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n A_j^{t-1} W_{ji} + A_i^{t-1}\right), \text{ где } A_i^t \text{ и } A_i^{t-1} - \text{ценность концепта } V_i \text{ в моменты времени } t$$

и $t-1$ соответственно, и вес W_{ji} взаимосвязи концептов от V_j к V_i . f - пороговая функция, результат которой лежит в интервале $[0, 1]$. Понятно, что нечеткие когнитивные карты по своей природе дискретны, поэтому необходимо при каждом внешнем возмущении повторно рассчитывать ценности всех концептов согласно последней формуле. Эту процедуру принято называть бегущим циклом в НКК.

Предлагается использовать два вида пороговой функции f .

$$f(x) = \begin{cases} 1/(1 + e^{-\lambda x}) \\ th(x) \end{cases}$$

$\lambda > 0$ определяет крутизну непрерывной функции f ;

$th(x)$, если значение концепта становится отрицательным в процессе импульса, (т.к. значение меняется на каждом шаге и каждом такте), и $A_i^t \in [-1, 1]$.

Пусть НКК состоит из n концептов, т.е. это вектор $A:1 \times n$ и матрица весов $W:n \times n$. Каждый элемент e_{ij} матрицы W есть ценность веса W_{ij} между концептами V_i и V_j , тогда матричная диагональ из нулей дает нам симметричную матрицу, для которой $W_{ii} = 0$. Формула для расчета A_i^t может быть преобразована и тогда расчет ценности концепта в НКК представляется более компактной математической моделью: $A^t = f(A^{t-1}W + A^{t-1})$. В этой формуле вычисляется новый базовый вектор- A^t , который следует из умножения предыдущих, в момент времени $t-1$ на базовый вектор A^{t-1} с матрицей весов W . Тогда последнее представление может быть записано так: $A^t = f(A^{t-1}W^{new})$, где W^{new} -это новая матрица весов W НКК с полными диагональными элементами, равными единице, это означает, что для каждого концепта вес $W_{ii} = 1$. Такой подход для вычисления ценности концептов НКК, вместо экспертных оценок, использующий два вида пороговой функции для

учета положительной и отрицательной динамики в изменении концепта, можно считать достаточно новым.

4.4 Инструментарий анализа нечеткой когнитивной модели

4.4.1 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 графов [22]. Согласно [18, 97, 117] нечеткой базой со степенью α называется такое подмножество концептов $B_\alpha \subset X$, из которого достижим любой концепт графа со степенью достижимости не менее $\alpha \in [0, 1]$ и которое является минимальным в том смысле, что не существует подмножества $B' \subset B_\alpha$, обладающего таким же свойством достижимости. Известны свойства нечетких баз и их взаимосвязь с нечеткими сильно связными подграфами. Тогда множеством *активизирующих вершин* для НКК назовем множество нечетких баз $\tilde{B}_X = \{ \langle \alpha_{X_1}^{\max} / 1 \rangle, \langle \alpha_{X_2}^{\max} / 2 \rangle, \dots, \langle \alpha_{X_n}^{\max} / n \rangle \}$.

Рассмотрим пример нахождения множества активизирующих вершин для НКК V26, показанной на рисунке 4.4.

Теоретическая база формализации метода нахождения нечетких баз описана в [18], адаптирована и применена на примере в [22], следуя правилам, найдем множество нечетких баз:

$$\begin{aligned} \Phi_B = & (p_1 \vee p_2, 0,7 \vee p_3, 0,5 \vee p_4, 0,5) \& (p_1, 0,9 \vee p_2 \vee p_3, 0,5 \vee p_4, 0,5) \& \\ & (p_1, 0,8 \vee p_2, 0,8 \vee p_3 \vee p_4, 0,5) \& (p_1, 0,8 \vee p_2, 0,8 \vee p_3, 0,9 \vee p_4) = \\ & [(p_1, 0,9 \vee p_1 p_2 \vee p_1 p_3, 0,5 \vee p_1 p_4, 0,5) \vee (p_1 p_2, 0,7 \vee p_2, 0,7 \vee p_2 p_3, 0,5 \vee p_2 p_4, 0,5) \vee \\ & (p_1 p_3, 0,5 \vee p_2 p_3, 0,5 \vee p_3, 0,5 \vee p_3 p_4, 0,5) \vee (p_1 p_4, 0,5 \vee p_2 p_4, 0,5 \vee p_3 p_4, 0,5 \vee p_4, 0,5)] \& \\ & [(p_1, 0,8 \vee p_1 p_2, 0,8 \vee p_1 p_3, 0,8 \vee p_1 p_4, 0,8) \vee (p_1 p_2, 0,8 \vee p_2, 0,8 \vee p_2 p_3, 0,8 \vee p_2 p_4, 0,8) \vee \\ & (p_1 p_3, 0,8 \vee p_2 p_3, 0,8 \vee p_3, 0,9 \vee p_3 p_4) \vee (p_1 p_4, 0,5 \vee p_2 p_4, 0,5 \vee p_3 p_4, 0,5 \vee p_4, 0,5)] = \\ & [p_1, 0,9 \vee p_1 p_2 \vee p_2, 0,7 \vee p_3, 0,5 \vee p_4, 0,5] \& [p_1, 0,8 \vee p_2, 0,8 \vee p_3 \vee p_4, 0,5] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (p_1 0,8 \vee p_1 p_2 0,8 \vee p_1 p_3 0,9 \vee p_1 p_4 0,5) \vee (p_1 p_2 0,8 \vee p_1 p_2 0,8 \vee p_1 p_2 p_3 p_4 \vee p_1 p_2 p_4 0,5) \vee \\
& (p_1 p_2 0,7 \vee p_2 0,7 \vee p_2 p_3 0,7 \vee p_2 p_4 0,5) \vee (p_1 p_3 0,5 \vee p_2 p_3 0,5 \vee p_3 0,5 \vee p_3 p_4 0,5) \vee \\
& (p_1 p_4 0,5 \vee p_2 p_4 0,5 \vee p_3 p_4 0,5 \vee p_4 0,5) = \\
& p_1 0,8 \vee p_1 p_3 0,9 \vee p_1 p_2 p_3 p_4 \vee p_2 0,7 \vee p_2 p_3 0,7 \vee p_3 0,5 \vee p_4 0,5 = \\
& p_1 0,8 \vee p_1 p_3 0,9 \vee p_1 p_2 p_3 p_4 1,0 \vee p_2 0,7 \vee p_3 0,5 \vee p_4 0,5.
\end{aligned}$$

где p_i – булева переменная, соответствующая каждой вершине $x_i \in X$.

Откуда получаем, что рассматриваемая НКК имеет следующие нечеткие базы: $V_1 = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, $V_{0,9} = \{x_1, x_3\}$, $V_{0,8} = \{x_1\}$, $V_{0,7} = \{x_2\}$, $V'_{0,5} = \{x_3\}$, $V''_{0,5} = \{x_4\}$, а множество активизирующих вершин для описываемой НКК:

$$\tilde{B}_X = \{ \langle 1/4 \rangle, \langle 0,9/2 \rangle, \langle 0,8/1 \rangle \}.$$

Итак. Нахождение множества нечетких баз в НКК может быть применимо для нахождения активизирующих вершин импульсного процесса. Отметим, что импульс может быть как простым, так и комплексным. Для приведенного примера имеет смысл в качестве простой активизирующей вершины выбрать концепт x_1 , и это значит, что импульс распространится во все остальные вершины со степенью достижимости не менее 0,8. Комплексным импульсом может быть множество из двух вершин $x_1 x_3$ или из всех четырех вершин $x_1 x_2 x_3 x_4$, и если мы запустим комплексный импульс, то это будет означать, что он распространится со степенью достижимости всех концептов не менее 0,9 и 1,0 соответственно. Данная методика применена для проведения вычислительного эксперимента, ряд которых описан в главе 5 для нахождения простых и комплексных активизирующих вершин при импульсном моделировании.

4.4.2 Анализ структурной устойчивости нечеткой когнитивной модели

В [149] Д.А. Новиков отмечает: «Важным требованием, предъявляемым к моделям, является требование их устойчивости при возможных изменениях внешних и внутренних условий, а также устойчивости по отношению к тем или иным возможным изменениям параметров самой модели проектируемой системы». В процессе изучения влияния внешних факторов на развитие системы можно выделить несколько акцентов. Во-первых, это изучение возможности

идентификации чувствительности системы к таким воздействиям, как на каждом уровне иерархии, так и в отдельной подсистеме. Во-вторых, это изучение природы и характера таких воздействий, их разновидностей. И, в третьих, это исследование робастности системы, в смысле структурной устойчивости, и в том числе – способность противостоять таким воздействиям и сохранять заранее заданную траекторию развития, способность системы адаптироваться к новым ситуациям, не прекращая «выполнять» полностью или частично свою целевую функцию. Это, безусловно, сложное интегральное свойство, которое оценивается как количественно, так и качественно [23].

Структурная устойчивость в четкой когнитивной модели может быть оценена, как уже отмечалось, например, с помощью теоремы о рогах и вычисления собственных значений [167]. В моделях, описываемых четкими орграфами под устойчивостью, понимается ее чувствительность к повреждениям с точки зрения удаления некоторых ребер или вершин [197]. Но эти методы не работают на нечетких когнитивных моделях. В теории нечетких графов, в зависимости от поставленных задач, под устойчивостью (более используется термин «живучесть») могут пониматься разные понятия, в том числе и степень сильной связности нечеткого графа [21].

Достаточно распространенным подходом для нахождения степени живучести нечеткого графа является метод Мальгранжа, который раскрыт в [111], а его обобщение на нечеткие графы дано в [18], поэтому описывать подробно в данной работе его не имеет смысла.

Адаптация данного алгоритма для исследования структурной устойчивости НКК разработана и описана в [23].

Под *структурной устойчивостью НКМ* будем понимать 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.

Покажем нахождение степени живучести, рисунок 4.7 для НКК, представленной на рисунке 4.4.

	X1	X2	X3	X4	$\hat{\Gamma}(x1)$
X1	0	0,9	0	0	1
X2	0,7	0	0,8	0,2	0,9
X3	0	0	0	0,9	0,8
X4	0,4	0,5	0	0	0,8
$\hat{\Gamma}^-(x1)$	1	0,7	0,5	0,5	

Рисунок 4.7 – Результат расчетов

Видно, что нечеткое транзитивное замыкание для концепта $x1 = \{ \langle 1/x1 \rangle, \langle 0,9/x2 \rangle, \langle 0,8/x3 \rangle, \langle 0,8/x4 \rangle \}$, обратное нечеткое замыкание для $x1 = \{ \langle 1/x1 \rangle, \langle 0,7/x2 \rangle, \langle 0,5/x3 \rangle, \langle 0,5/x4 \rangle \}$. Найдем пересечение $\tilde{C}(x1) = \hat{\Gamma}(x1) \cap \hat{\Gamma}^-(x1) = \{ \langle 1/x1 \rangle, \langle 0,7/x2 \rangle, \langle 0,5/x3 \rangle, \langle 0,5/x4 \rangle \}$, откуда следует, что степень живучести нашей НКК $= 0,5$, т.е. между двумя любыми концептами НКК существует нечеткий путь с конъюнктивной прочностью не менее 0,5. Рассмотренный 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.

Как уже отмечалось выше, 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.

4.5 Инструментарий поддержки принятия решений

Стремление к разработке современных методов моделирования и изучения функционирования сложных систем не угасает у ученых и исследователей разного уровня и стран. К категории таких систем можно отнести такие крупные организационные системы, как социально-экономические, энергетические или производственные комплексы с управлением в автоматическом режиме, вычислительные комплексы для поддержки работы глобальных сетей и т.п. Отличительной и неотъемлемой характеристикой таких систем является, во-первых, иерархичность, т.е. наличие соподчиненных подсистем различных уровней; а во-вторых, наличие эмерджентных свойств, свойств, которые присущи самой системе в целом, но которыми могут не обладать ее составляющие, и которые являются следствием эффекта целостности системы; в-третьих, для сложных систем характерны катастрофы, скачкообразные изменения некоторых переменных, возникающие в ответ на плавное изменение внешних условий. Выявление таких характеристик и свойств является наиболее важной, но достаточно затруднительной задачей, поэтому говорят об изучении косвенных проявлений системы.

4.5.1 Методика перехода между уровнями нечеткой когнитивной модели для достижения эталонной ситуации¹⁵

Первичная нечеткая когнитивная модель как правило является многослойной (иерархической) и может состоять из большого числа концептов/вершин и сложных связей, однако мы помним требования, предложенные в п.2.2: минимизация количества концептов и причинно-следственных связей, что требует или упрощения модели (а это может привести к потере адекватности) или проведения процедуры расслоения, показанной на рисунках 4.3. и 4.4., второе предпочтительно. В этом случае возникает вопрос: может ли быть достигнуто определенное (эталонное) состояние в принципе, и за

¹⁵ Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 11-01-00011а. 2011-13гг и отражена в [35]

какое число шагов, и этот вопрос является важной проблемой анализа и разработки управляющих решений.

В этом случае мы получаем объединение нескольких подсистем, но в виде иерархии. В сложных системах, подсистемы могут как согласованно взаимодействовать, стремясь к общей цели, так и конфликтовать, препятствуя её достижению. В любом случае, ключевым является динамика улучшения целевого показателя или приближение к желаемому (эталонному) состоянию. Для разработки эффективной модели принятия управленческих решений в таких системах, необходимо учитывать интересы всех заинтересованных сторон (подсистем), оказывающих прямое или косвенное влияние на динамику целевого показателя. Важно также отслеживать, как активно или пассивно эти стороны поддерживают или препятствуют реализации мероприятий, предложенных другими участниками. Учет интересов всех сторон представляет собой слабоструктурированную задачу. Ключевым вопросом является возможность количественной оценки критериев взаимозависимости между этими интересами и выработка метрик для анализа их влияния на систему [60].

В некоторый момент времени t состояние системы описывается нечеткой ситуацией \tilde{S}^t . И в этот же момент она удалена или приближена к цели своего функционирования. Процедура прогнозирования переходов системы из текущего состояния в желаемое описана в 3.1.4. Также в 3.1.4 говорится о том, что возможно применение нечеткого управляющего воздействия на СЭС с целью неотклонения системы от заданной траектории движения в результате реакции на некоторые управляющие воздействия.

На каждом уровне иерархии определяется набор вершин, среди которых выделены и эталонные. Эталонные, обозначим их \tilde{S}_0 , отличаются от типовых тем, что не содержат нечетко равных ситуаций при заданном пороге равенства ($t_{inc.}$).

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 y_q и какое, от значения y_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 эффективного решения задач в нечеткой иерархической системе управления, где отдельные вершины представлены нечеткими интервалами с границами на различных шкалах, предлагается использовать метод, основанный на сравнении нечетких интервалов. Каждая эталонная ситуация описывается набором признаков.

В этом случае для решения задачи предлагается выполнить следующие шаги, с учетом того, что каждая ситуация описывается множеством и необходимо выполнять операцию сравнения нечетких множеств $\tilde{C}_0^{t_j}$ и $\tilde{C}_k^{t_j}$. Подробно данная процедура описана теоретически в [26], а практическое применение раскрыто в [35].

Шаг 1. Представить $\tilde{C}_0^{t_j}$ и $\tilde{C}_k^{t_j}$ на единичном интервале, для этого нечеткие числа следует умножить на некий масштабирующий коэффициент $1/\text{Rat}_{j\max}^{(1)}$.

Шаг 2. Построить α -уровневые множества $C_{0\alpha}$ и $C_{k\alpha}$ на основе $\tilde{C}_0^{t_j}$ и $\tilde{C}_k^{t_j}$.

Шаг 3. Рассчитать средние величины $M(\tilde{C}_k^{t_j})$ элементов множеств $C_{k\alpha}$ и $C_{0\alpha}$ с помощью формул [26]:

- при использовании метода парных сравнений: $M(\tilde{C}_k^{t_j}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{C}_k^{t_{j+1}}$
- при использовании статистических данных $0 \leq l_{11} \leq l_{12} \leq l_{21} \leq l_{22} \leq \dots \leq l_{n1} \leq l_{n2} \leq 1$:

$$M(\tilde{C}_k^{t_j}) = \bigcup_{l=1}^n \{l_{11} \leq \omega \leq l_{12}\},$$

$$M(\tilde{C}_k^{t_j}) = \frac{\sum_{l=1}^n \left(\frac{\ell_{l1} + \ell_{l2}}{2} \right) (\ell_{l2} - \ell_{l1})}{\sum_{l=1}^n (\ell_{l2} - \ell_{l1})}.$$

Шаг 4. Определить функции упорядоченности $F(\tilde{C}_0^{t_j})$ и $F(\tilde{C}_k^{t_j}) = \int_0^{\rho_{\max}} M(\tilde{C}_k^{t_{j+1}}) d\rho$, где

ρ_{\max} - максимальная степень принадлежности элементов нечеткого множества.

Шаг 5. Сравнить $F(\tilde{C}_0^{t_j})$ и $F(\tilde{C}_k^{t_j})$, выявить большее значение.

Покажем примеры решения каждой.

Задача 1. Пусть система в текущий момент времени находится в ситуации \tilde{C}_0 . Определить, является ли это положение достаточно близким по качеству к эталонной ситуации \tilde{C}_k .

Шаг 1. Имеем нечеткие множества:

$$\tilde{C}_0 = \{0/\langle 0,5 \rangle; 0,02/\langle 0,6 \rangle; 0,16/\langle 0,7 \rangle; 0,39/\langle 0,8 \rangle; 1/\langle 0,9 \rangle; 1/\langle 1,0 \rangle; 1/\langle 1,4 \rangle; 0,27/\langle 1,66 \rangle\};$$

$$\tilde{C}_k = \{0/\langle 0,3 \rangle; 0,36/\langle 0,4 \rangle; 0,39/\langle 0,5 \rangle; 0,5/\langle 0,7 \rangle; 1/\langle 0,8 \rangle; 1/\langle 0,9 \rangle; 1/\langle 1 \rangle; 0,27/\langle 1,33 \rangle\}.$$

Представляем \tilde{C}_0 и \tilde{C}_k на единичном интервале:

$$\tilde{C}_0 = \{0/\langle 0,3 \rangle; 0,02/\langle 0,36 \rangle; 0,16/\langle 0,42 \rangle; 0,39/\langle 0,48 \rangle; 1/\langle 0,54 \rangle; 1/\langle 0,6 \rangle; 1/\langle 0,84 \rangle; 0,27/\langle 1,0 \rangle\},$$

$$\tilde{C}_k = \{0/\langle 0,23 \rangle; 0,36/\langle 0,3 \rangle; 0,39/\langle 0,45 \rangle; 0,5/\langle 0,525 \rangle; 1/\langle 0,6 \rangle; 1/\langle 0,675 \rangle; 1/\langle 0,75 \rangle; 0,27/\langle 1,0 \rangle\}.$$

Шаг 2. Строим α -уровневые множества $C_{0\alpha}$ и $C_{k\alpha}$

$$C_{0\alpha} = \{0,3; 0,36; 0,42; 0,48; 0,54; 0,6; 0,84; 1,0\} \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,3;$$

$$C_{0\alpha} = \{0,48; 0,54; 0,6; 0,84\} \quad \text{для } 0,3 < \alpha \leq 0,5;$$

$$C_{0\alpha} = \{0,54; 0,6; 0,84\} \quad \text{для } 0,5 < \alpha \leq 1.$$

$$C_{k\alpha} = \{0,23; 0,3; 0,375; 0,525; 0,6; 0,675; 0,75; 1\} \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,3;$$

$$C_{k\alpha} = \{0,3; 0,375; 0,525; 0,6; 0,675; 0,75\} \quad \text{для } 0,3 < \alpha \leq 0,5;$$

$$C_{k\alpha} = \{0,6; 0,675; 0,75\} \quad \text{для } 0,5 < \alpha \leq 1.$$

Шаг 3. Рассчитываем средние величины

$$M_{0\alpha} = 4,54/8 = 0,568 \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,3;$$

$$M_{0\alpha} = 2,46/4 = 0,615 \quad \text{для } 0,3 < \alpha \leq 0,5;$$

$$M_{0\alpha} = 1,98/3 = 0,66 \quad \text{для } 0,5 < \alpha \leq 1.$$

$$M_{k\alpha}=4,455/8=0,557 \quad \text{для } 0<\alpha\leq 0,3;$$

$$M_{k\alpha}=3,225/6=0,5375 \quad \text{для } 0,3<\alpha\leq 0,5;$$

$$M_{k\alpha}=2,025/3=0,675 \quad \text{для } 0,5<\alpha\leq 1.$$

Шаг 4. Определяем функции упорядоченности

$$F(C_O) = \int_0^{0,3} 0,568d\alpha + \int_{0,3}^{0,5} 0,615d\alpha + \int_{0,5}^1 0,66d\alpha = 0,3*0,568 + 0,2*0,615 + 0,5*0,66 = 0,6234$$

$$F(C_k) = \int_0^{0,3} 0,557d\alpha + \int_{0,3}^{0,5} 0,5375d\alpha + \int_{0,5}^1 0,675d\alpha = 0,3*0,557 + 0,2*0,5375 + 0,5*0,675 = 0,6121$$

Поскольку $F(C_0)=0,6234 > F(C_k)=0,6121$, т.е. ее интегральная оценка превысила оценку эталонной ситуации, делаем вывод о том, в данный момент времени наша система находится в ситуации, которую можно назвать эталонной.

Задача 2.1 Пусть система в текущий момент времени находится в ситуации \tilde{C}_0 . Определить, имеется ли отклонение по некоторому признаку y_q и какое, от значения y_q в эталонной ситуации \tilde{C}_k . Описание эталонной ситуации не изменилось. Представим \tilde{C}_0 на единичном интервале.

$$\tilde{C}_0 = \{0/<0,2>; 0,31/<0,3>; 1/<0,5>; 1/<0,65>; 0,82/<0,8>; 0,29/<1>\}.$$

$$C_{0\alpha} = \{0,2; 0,3; 0,5; 0,65; 0,8; 1\} \quad \text{для } 0<\alpha\leq 0,3;$$

$$C_{0\alpha} = \{0,3; 0,5; 0,65; 0,8\} \quad \text{для } 0,3<\alpha\leq 0,5;$$

$$C_{0\alpha} = \{0,5; 0,65; 0,8\} \quad \text{для } 0,5<\alpha\leq 1.$$

$$M_{0\alpha} = 3,45/6 = 0,575 \quad \text{для } 0<\alpha\leq 0,3;$$

$$M_{0\alpha} = 2,25/4 = 0,5625 \quad \text{для } 0,3<\alpha\leq 0,5;$$

$$M_{0\alpha} = 1,95/3 = 0,65 \quad \text{для } 0,5<\alpha\leq 1.$$

$$F(C_O) = \int_0^{0,3} 0,575d\alpha + \int_{0,3}^{0,5} 0,5625d\alpha + \int_{0,5}^1 0,65d\alpha = 0,3*0,575 + 0,2*0,5625 + 0,5*0,65 = 0,61$$

Т.к. по условию описание эталонной ситуации \tilde{C}_k не изменилось и значение взято из задачи 1, то имеем: $F(C_0)=0,61 \approx F(C_k)=0,6121$. Т.е. отклонения по некоторому признаку y_q от эталонной ситуации \tilde{C}_k практически нет. И можно

предложить менять текущие управленческие решения, а если применять новые, то со «слабой» силой воздействия.

Задача 2.2. Пусть система в текущий момент времени находится в ситуации \tilde{C}_0 . Определить, имеется ли отклонение по некоторому признаку y_q и какое, от значения y_q в эталонной ситуации \tilde{C}_k . Описание эталонной ситуации не изменилось. Исходные данные для \tilde{C}_0 изменились:

$$\tilde{C}_0 = \{0/\langle 0,24 \rangle; 0,31/\langle 0,48 \rangle; 0,67/\langle 0,54 \rangle; 1/\langle 0,6 \rangle; 1/\langle 0,78 \rangle; 0,82/\langle 0,84 \rangle; 0,29/\langle 1,2 \rangle\}.$$

\tilde{C}_0 представим в виде нечеткого множества на единой шкале:

$$\tilde{C}_0 = \{0/\langle 0,2 \rangle; 0,31/\langle 0,4 \rangle; 0,67/\langle 0,45 \rangle; 1/\langle 0,5 \rangle; 1/\langle 0,65 \rangle; 0,82/\langle 0,7 \rangle; 0,29/\langle 1 \rangle\}.$$

$$C_{0\alpha} = \{0,2; 0,4; 0,45; 0,5; 0,65; 0,7; 1\} \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,3;$$

$$C_{0\alpha} = \{0,4; 0,45; 0,5; 0,65; 0,7\} \quad \text{для } 0,3 < \alpha \leq 0,5;$$

$$C_{0\alpha} = \{0,45; 0,5; 0,65; 0,7\} \quad \text{для } 0,5 < \alpha \leq 1.$$

$$M_{0\alpha} = 3,9/7 = 0,5571 \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,3;$$

$$M_{0\alpha} = 2,7/5 = 0,54 \quad \text{для } 0,3 < \alpha \leq 0,5;$$

$$M_{0\alpha} = 2,3/4 = 0,575 \quad \text{для } 0,5 < \alpha \leq 1.$$

$$F(C_0) = \int_0^{0,3} 0,5571 d\alpha + \int_{0,3}^{0,5} 0,54 d\alpha + \int_{0,5}^1 0,575 d\alpha = 0,3 * 0,5571 + 0,2 * 0,54 + 0,5 * 0,575 = 0,5626$$

Т.к. по условию описание эталонной ситуации \tilde{C}_k не изменилось и значение взято из задачи 1, то имеем: $F(C_0) = 0,5626 < F(C_k) = 0,6121$. Имеет место отклонение по некоторому признаку y_q от эталонной ситуации \tilde{C}_k . Требуется применить максимизирующее управление с тем, чтобы на следующем шаге попытаться вернуть систему к состоянию эталонной ситуации.

Можно предложить развить следующую таблицу соответствия УР и силы воздействия, в зависимости от отклонения от эталонной ситуации, таблица 4.4

Таблица 4.4 – Сопоставление УР и силы воздействия

Величина отклонения «вниз»	Управленческое решение (УР)	Сила воздействия
В пределах 5%	Ничего не менять	Слабая [0, 0.2]
От 5 до 10%	Принимать УР	Средняя [0.3, 0.5]
От 10 до 15%	Принимать УР	Достаточно сильная [0.6, 0.8]
От 15% и выше	Принимать стратегическое УР	Сильная [0.9, 1.0]

Задача 3. Признак u_q в эталонной ситуации в момент t_{j-1} , представим нечетким исходом:

$$\tilde{\Omega}_1 = \tilde{C}_k^{t_{j-1}} = \{0 / \langle T_1^{q(t_{j-1})} \rangle; 0,44 / \langle T_2^{q(t_{j-1})} \rangle; 1 / \langle T_3^{q(t_{j-1})} \rangle; 0,73 / \langle T_4^{q(t_{j-1})} \rangle; 0,25 / \langle T_5^{q(t_{j-1})} \rangle\} = \\ = \{0 / \langle 0,7 \rangle; 0,44 / \langle 0,8 \rangle; 1 / \langle 0,93 \rangle; 0,73 / \langle 1 \rangle; 0,25 / \langle 1,2 \rangle\}.$$

Этот признак для эталонной ситуации в t_j описывается

$$\tilde{C}_k^{t_j} = \tilde{\Omega}_2 = \{0 / \langle T_1^{q(t_j)} \rangle; 0,44 / \langle T_2^{q(t_j)} \rangle; 1 / \langle T_3^{q(t_j)} \rangle; 1 / \langle T_4^{q(t_j)} \rangle; 0,22 / \langle T_5^{q(t_j)} \rangle\} = \\ \{0 / \langle 0,7 \rangle; 0,44 / \langle 0,8 \rangle; 1 / \langle 0,93 \rangle; 1 / \langle 1,2 \rangle; 0,22 / \langle 1,32 \rangle\}.$$

Выполнить моделирование силы управляющего воздействия, позволяющего осуществить переход из $\tilde{C}_k^{t_{j-1}}$ в $\tilde{C}_k^{t_j}$. Сила управляющего воздействия определяется с помощью формулы $\Phi^{(t_{j-1})} = \tilde{C}_k^{t_{j-1}} \times \tilde{C}_k^{t_j}$. Опишем нечеткие множества с помощью термов и для каждой пары выполним операцию декартового произведения. Т.о., для заданных ситуаций, сила воздействия будет описываться матрицей $\Phi^{(t_{j-1})}$:

	$T_1^{q(t_j)}$	$T_2^{q(t_j)}$	$T_3^{q(t_j)}$	$T_4^{q(t_j)}$	$T_5^{q(t_j)}$
$T_1^{q(t_{j-1})}$	0	0	0	0	0
$T_2^{q(t_{j-1})}$	0	0,44	0,44	0,44	0,22
$T_3^{q(t_{j-1})}$	0	0,44	1	1	0,22
$T_4^{q(t_{j-1})}$	0	0,44	0,73	0,73	0,22
$T_5^{q(t_{j-1})}$	0	0,25	0,25	0,25	0,22

Предложенный подход, использующий нечеткое моделирование при анализе сложных систем и сложноформализуемых процессов, в зависимости от специфики организационных систем предоставляет эффективные методы и средства для проведения прогнозных исследований в иерархических

многоуровневых системах с целью принятия оптимального решения и описывает НКК в контексте нечеткого орграфа 2-го рода.

Применение данного подхода также возможно при анализе движения ресурсов, прогнозирования параметров функционирования системы и поиска наиболее перспективных направлений развития СЭС, с учетом исследования внешней и внутренней сред. Положительных и отрицательных факторов, выделяемых как во внешней, так и во внутренней среде, достаточно много. При комплексном управлении рисками для достижения целей развития СЭС и приведения ее к устойчивому состоянию, факторы выделяют в группы, определяют ранги отдельных факторов и их групп, что позволяет в конечном счете, получить ранг группы. Чтобы выбрать наиболее целесообразные направления развития формируется таблица, отражающая сценарии; группу внутренних положительных и отрицательных факторов с их рангами; возможности положительных факторов нейтрализовать отрицательные и угрозы.

4.5.2 Определение альтернативных управляющих решений

Часто лицо принимающее решение (ЛПР) пытается навязать свой опыт другой стороне, это может быть в том случае, когда одна из сторон выступает в роли эксперта и обладает большим опытом принятия решений в ситуациях, которые уже были ранее известны ЛПР. При этом, ЛПР предлагает противоборствующей стороне решать дополнительные проблемы, которые должны улучшить ситуацию, но с учетом минимизации затрат. Понятно, что противоборствующая сторона сопротивляется необходимости ввода такого уровня сложности и объема проблем. В этой ситуации необходимо прийти к договоренности, и это может быть путь усреднения показателя качества. Решением задачи может быть точечное решения, но это будет достаточно сложная задача, поэтому чаще всего в качестве решения принимается интервал. Т.е. мы говорим о применении нечеткой оценки решения в виде интервального оценивания, в отличие, например, от использования лингвистических переменных [139]. Поэтому в качестве инструментария для обработки неопределенных данных

выбран метод, основанный на определении и сравнении нечетких интервалов с их границами, как уже отмечалось ранее.

Рассмотрим предлагаемый подход [36] на примере. Есть целевая подсистема Si , одна из показанных на рисунке 3.2, она характеризуется десятью признаками, и, соответственно, имеет десять исходов ω , представленных в виде нечетких интервалов. Каждый исход необходимо аппроксимировать S -образной функцией принадлежности, тогда для каждой нечеткой оценки исхода введем показатель полезности ω_π и обозначим как $v_\pi = U(\omega_\pi)$, где v_π есть нечеткое подмножество отрезка $[0,1]$ с функцией при $\mu_{v_\pi}(u) = \sup_{\substack{U(\omega)=u \\ \omega \in \Omega}} \mu_{v_\pi}(\omega)$, $u \in [0,1]$.

Опишем алгоритм определения альтернативных управляющих решений.

Шаг 1. Составить таблицу соответствия, таблица 4.5, в которой отражается результат экспертного опроса о силе воздействия (интервал оценок) управляющих решений в одном классе полезности.

Таблица 4.5 – Таблица соответствий

Последовательность управляющих решений (УР)	Интервал оценок
УР ₁	0.6 ¹
УР ₂	(0.6 ¹ ; 0.8 ²)
...	...
УР ₁₀	1 ¹

Шаг 2. Обработать данные экспертного опроса и составить таблицу соответствия о полезности управляющих решений, таблица 4.6.

Таблица 4.6 – Таблица для обработки данных

Класс опрашиваемого	Полезности, названные опрошенными		
	УР ₁	...	УР ₁₀
Слабый	0,41	...	0,62
Слабый	0,45	...	0,60
...

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

Шаг 4. На основании рассчитанных данных \overline{VP}_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. Для интервалов, где нет перекрытий интервалов с различающимися оценками полезности, функция полезности соответствует рассчитанному в п.3 значению. В местах перекрытия оценок полезности на одном интервале $\omega \in \Omega$, она рассчитывается по формуле:

$v \in \Omega = \inf_{w \in \Omega} \{U_{f_{VP}}\}$, где $U_{f_{VP}}$ - усредненная полезность последовательности $\omega \in \Omega$ управляющих решений, составляющих тактику α_f опрашиваемых лиц, аналогично как у самой слабой (по предпочтению) оценки на интервале.

Экспертным путем полена совокупность нечетких оценок десяти исходов со «средними» способностями к приобретению заданного качества, использующего управления «средней» силы в виде нечетких интервалов, таблица 4.7.

Таблица 4.7 – Таблица нечетких оценок исходов

$\omega(\pi_i)$	нечеткий интервал
ω_1	$[0.8^2; 0.7^3]$
ω_2	$[0.8^2; 0.75^3]$
ω_3	0.4^1
ω_4	0
ω_5	0.6^1
ω_6	$[0.6^2; 0.8^1]$
ω_7	0
ω_8	$[0.8^1; 0.8^2]$
ω_9	0
ω_{10}	0

Шаг 6. Определить нечеткие интервальные оценки полезности $v_{\omega_i}^2$ с помощью отображения, которое, как правило, представляется и интерпретируется графическим образом, таблица 4.8.

Таблица 4.8 – Таблица нечетких оценок полезности

ω_i	нечеткий интервал v_i^2	$S_1(u; \alpha_1, \gamma_1)$	$S_2(u; \alpha_2, \gamma_2)$
ω_1	[0.685; 0.79]	(u; 0.67, 0.7)	(u; 0.74, 0.84)
ω_2	[0.685; 0.8]	(u; 0.67, 0.7)	(u; 0.7, 0.9)
ω_3	[0.45; 0.8]	(u; 0.31, 0.7)	(u; 0.8, 0.8)
ω_4	0		
ω_5	[0.23; 0.46]	(u; 0.2, 0.26)	(u; 0.66, 0.26)
ω_6	[0.455; 0.68]	(u; 0.24, 0.67)	(u; 0.68, 0.68)
ω_7	0		
ω_8	[0.48; 0.8]	(u; 0.29, 0.67)	(u; 0.9, 0.7)
ω_9	0		
ω_{10}	0		

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

Необходимо отметить, что в этом алгоритме не рассматривается вероятность каждого исхода, поэтому на множестве $p(\omega)$ задана нулевая мера, и вполне возможна ситуация частичной неопределенности, поэтому целесообразно будет применить любой из известных специальных критериев: критерий Гурвица, Лапласа или Сэвиджа.

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*, таблица 4.9 и *Minmax*, таблица 4.10 для ЛПР a^1 в условиях окружающей среды a^2 .

Таблица 4.9 – Решения, полученные в результате применения критерия *maxmin*

	a_1^1	a_2^1	a_3^1	a_4^1	a_5^1	a_6^1	a_7^1	a_8^1	a_9^1	a_{10}^1	Min a^1
a_1^2	0	0	0		0	0		0			0
a_2^2	0	[0.46;0.68]	[0.69;0.79]		[0.48;0.8]	[0.48;0.8]		[0.76;0.8]			[0.46;0.68]
a_3^2	[0.23;0.46]	[0.48;0.8]	[0.69;0.8]		[0.48;0.79]	[0.685;0.8]		[0.72;0.82]			[0.23;0.46]
a_4^2	[0.23;0.46]	[0.23;0.69]	0		[0.48;0.8]	[0.48;0.8]		[0.72;0.82]			[0.23;0.46]
a_5^2	[0.23;0.68]	[0.46;0.8]	[0.69;0.79]		[0.68;0.79]	[0.76;0.8]		[0.72;0.75]			[0.23;0.68]
a_6^2	[0.48;0.68]	[0.69;0.79]	[0.76;0.8]		[0.69;0.79]	[0.72;0.82]		[0.69;0.75]			[0.48;0.68]
a_7^2		[0.46;0.68]	[0.46;0.68]			[0.76;0.8]		0			[0.46;0.68]
a_8^2		[0.48;0.8]	[0.48;0.8]			[0.8;0.82]		0			[0.48;0.8]
a_9^2		[0.69;0.79]	[0.69;0.82]			[0.72;0.82]		0			[0.69;0.79]
a_{10}^2						[0.48;0.8]		[0.48;0.8]			[0.48;0.8]

В случае применения критерия *Maxmin* получаем единственное решение для ЛПР $a^1=[0.69;0.79]$. Это четко доминирующая тактика, для консервативной политики.

Таблица 4.10 – Решения, полученные в результате применение критерия *minmax*

	a_1^1	a_2^1	a_3^1	a_4^1	a_5^1	a_6^1	a_7^1	a_8^1	a_9^1	a_{10}^1
a_1^2	0	0	0		0	0		0		
a_2^2	0	[0.46;0.68]	[0.69;0.79]		[0.48;0.8]	[0.48;0.8]		[0.76;0.8]		
a_3^2	[0.23;0.46]	[0.48;0.8]	[0.69;0.8]		[0.48;0.79]	[0.69;0.8]		[0.72;0.82]		
a_4^2	[0.23;0.46]	[0.23;0.69]	0		[0.48;0.8]	[0.48;0.8]		[0.72;0.82]		
a_5^2	[0.23;0.68]	[0.46;0.8]	[0.69;0.79]		[0.68;0.79]	[0.76;0.8]		[0.72;0.75]		
a_6^2	[0.48;0.68]	[0.69;0.79]	[0.76;0.8]		[0.69;0.79]	[0.72;0.82]		[0.69;0.75]		
a_7^2		[0.46;0.68]	[0.46;0.68]			[0.76;0.8]		0		
a_8^2		[0.48;0.8]	[0.48;0.8]			[0.8;0.82]		0		
a_9^2		[0.69;0.79]	[0.69;0.82]			[0.72;0.82]		0		
a_{10}^2						[0.48;0.8]		[0.48;0.8]		
Max a^2	[0.48;0.68]	[0.69;0.79]	[0.69;0.82]		[0.69;0.79]	[0.72;0.82] [0.76;0.8]		[0.76;0.8] [0.72;0.82]		

В случае применения критерия *Minmax* получили две нечетко доминирующие тактики $a^1=[0.76;0.8]$ и $[0.72;0.82]$, из которых надо выбрать одну. Для этого переходим к п.8.

Шаг 8. Процедура сравнения нечетких множеств была описана в [35] и представлена в данной работе в п.4.5.1. Для сравнения нечетких множеств $\tilde{C}_1=[0.72;0.82]$ и $\tilde{C}_2=[0.76;0.8]$, предварительно представим их на единичном интервале:

$$\tilde{C}_1 = [0.72; 0.82] = \{0/\langle 0,7 \rangle; 1/\langle 0,72 \rangle; 1/\langle 0,74 \rangle; 1/\langle 0,76 \rangle; 1/\langle 0,78 \rangle; 1/\langle 0,8 \rangle; 1/\langle 0,82 \rangle; 0/\langle 0,84 \rangle\}$$

$$\tilde{C}_2 = [0.76; 0.8] = \{0/\langle 0,7 \rangle; 0/\langle 0,72 \rangle; 0/\langle 0,74 \rangle; 1/\langle 0,76 \rangle; 1/\langle 0,78 \rangle; 1/\langle 0,8 \rangle; 0/\langle 0,82 \rangle; 0/\langle 0,84 \rangle\}.$$

Построим на основе нечеткого интервала $\tilde{C}_1 = [0.72; 0.82]$ α -уровневые множества $M_{0\alpha}$:

$$C_{0\alpha} = \{0; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 0\} \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,9;$$

$$C_{0\alpha} = \{1; 1; 1; 1; 1; 1\} \quad \text{для } 0,9 < \alpha \leq 1.$$

$$M_{0\alpha} = 6/8 = 0,75 \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,9;$$

$$M_{0\alpha} = 6/6 = 1 \quad \text{для } 0,9 < \alpha \leq 1.$$

Определим функцию упорядоченности этого множества

$$F(C_1) = \int_0^{0,9} 0,75 d\alpha + \int_{0,9}^1 1 d\alpha = 0,9 * 0,75 + 0,1 * 1 = 0,775.$$

На основе $\tilde{C}_2 = [0.76; 0.8]$ строятся α -уровневые множества $M_{0\alpha}$:

$$C_{0\alpha} = \{0; 0; 0; 1; 1; 1; 0; 0\} \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,9;$$

$$C_{0\alpha} = \{1; 1; 1\} \quad \text{для } 0,9 < \alpha \leq 1.$$

$$M_{0\alpha} = 3/8 = 0,375 \quad \text{для } 0 < \alpha \leq 0,9;$$

$$M_{0\alpha} = 3/3 = 1 \quad \text{для } 0,9 < \alpha \leq 1.$$

Определим функцию упорядоченности этого множества

$$F(C_2) = \int_0^{0,9} 0,375 d\alpha + \int_{0,9}^1 1 d\alpha = 0,9 * 0,375 + 0,1 * 1 = 0,4375.$$

Поскольку $F(C_1) > F(C_2)$, то $[0.76; 0.8]$ является минимумом, это и будет нашим решением в условиях применения критерия *Minmax*.

Далее, в зависимости от выбранной политики определяется управляющее решение. Если ЛПР выбирает консервативный путь, то выбирается решение по критерию *Maxmin*, а итоговый интервал будет являться пессимистическим, при агрессивной политике рассматривается решение, найденное по критерию *Minmax*, а полученное решение будет оптимистической тактикой.

Рассмотрена обработка исходов и выработка двух групп альтернативных решений на одном уровне иерархий целей. А какова глубина такой иерархии. Возможно, ответ на этот вопрос зависит от самой задачи, для которой эта иерархия будет использована. Необходимо ли вводить критерии достижимости каждой иерархии целей, этот вопрос уже связан с качественной составляющей моделирования сложной системы и чувствительностью модели.

Полученная иерархическая структура вложенных целевых подсистем предназначена для моделирования выработки и определения оптимального управляющего решения в сложных системах.

Приведенный пример, показал возможность сократить количество оптимальных альтернатив достижения конечной цели путем оценивания выигрышей нечеткими числами с несимметричной функцией принадлежности.

В отличие от известных подходов, например в [91] предлагается последовательно рассматривать и отсекал пары: крайних решений: наиболее и наименее благоприятные, в результате решение и сузится до последней пары. В описанном алгоритме предлагается учитывать лингвистическую структуру человеческих знаний путем использования нечетких интервалов, а применение простых критериев *Maxmin* и *Minmax*, в итоге, позволит оценить несопадающие взгляды ЛППР по оценке некоторого качества функционирования системы.

4.5.3. Алгоритм принятия решения по управлению желаемой динамики на уровнях иерархии [37]¹⁶

На текущий момент социально–экономическая система находится в процессе эволюции, которая происходит во времени и пространстве. Ее организационная структура имеет свойство гетерогенности, что требует разработки новых междисциплинарных методологических подходов. Роль иерархии в современном мире играет иерархическая структура, представленная на рисунке 4.8 [9]. Она является более современной формой организационной системы.

¹⁶ Работа поддержана грантом РФФИ № №16-07-00335а 2016-18 гг. и отражена в статье [37]

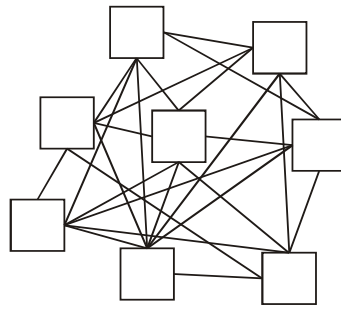


Рисунок 4.8 – Гетерархический вид иерархии [9]

При классическом прочтении иерархии у Саймона [171], глобальная цель системы разделяется на множество подцелей, в результате чего последовательное достижение совокупности этих подцелей приводит к достижению общей (глобальной) цели. Эта иерархия целей была ранее широко распространена при решении сложных задач. Однако, современной СЭС типичны ситуации, при которых элементы внутри подсистемы взаимодействуют, организуют единство и структурно подчиняются типу слой, что описано в [137].

Если отклонение состояния субъекта от желаемой динамики, например, по признаку y_q «исход взаимодействия» описывается нечетким интервалом, то предлагается определять максимизирующее управление для следующего шага принятия решения с помощью разработанного алгоритма.

Введем следующие обозначения: признак управления «исход взаимодействия» обозначим лингвистической переменной y_q ; тогда на I_i уровне иерархии набор признаков обозначим $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_q, \dots, y_q^{t_j}\}$; результат взаимодействия систем в некоторый момент времени t_j опишем нечетким интервалом $\tilde{\omega} = [\omega_1, \omega_2]$, где $\tilde{\omega}'$ - вспомогательная переменная; $\tilde{C}_0^{t_j}$ и $\tilde{C}_k^{t_j}$ - соответственно текущее и эталонное состояния управляемой системы в момент t_j , описываемые набором признаков Y ; $\tilde{\Delta}$ - величина отклонения признака после применения воздействия с целью достижения траектории нарастания нужного для системы качества; \tilde{H} - искомая величина воздействия такая, что управление не изменяет силу воздействия по сравнению с предыдущим моментом управления; искомое множество Парето оптимальных исходов множества $\Omega_{ПАР}^{t_j}$ для момента t_j .

1. Представить нечеткий интервал $\tilde{\omega} = [\omega_1, \omega_2]$, которым описывается результат взаимодействия систем в некоторый момент t_j , с помощью нечеткого множества $\tilde{\omega} = \tilde{\omega}_{(a_1, a_2)}$, где a_1 – стратегия управляющей системы, a_2 – стратегия управляемой системы. Если ω_1 и ω_2 заданы на шкалах разной размерности, для представления нечеткого множества на единой шкале, воспользуемся масштабирующими коэффициентами, определяемыми согласно правилу $\omega^{(1)} = \omega^{(1)} * (\text{Rat}_{j\max}^{(1)} / \text{Rat}_{j\max}^{(1)})$, где $\text{Rat}_{j\max}^{(1)}$ размерность шкалы для оценки признака при применении «слабых» воздействий определяется с помощью суммарного рейтингового числа по всем видам управлений: $\text{Rat}_{HJ}^{y^0}(\Delta t_j) = e(\Delta t) \text{Rat}_{HJ}^{y^T}$. Для определения $\text{Rat}_{j\max}^{(1)}$ – размерности шкалы для оценки признака при применении воздействий с силой 1 , используется операция дополнительного вычитания ($--$) нечетких чисел.

2. Если предыдущее состояние управляемой системы $\tilde{C}_0^{t_{j-1}}$ описано в виде нечеткого интервала $[\omega_1, \omega_2]$, то представить его в виде нечеткого множества, воспользовавшись функциями принадлежности μ_{γ_1} и μ_{γ_2} термов лингвистической переменной y_q . Если ω_1 и ω_2 заданы на шкалах разной размерности для представления нечеткого множества на единой шкале, воспользоваться масштабирующими коэффициентами.

3. Выполнить сложение $\tilde{C}_0^{t_{j-1}}$ и нечеткого исхода по отдельному признаку $\tilde{\omega}$ для определения текущего состояния $\tilde{C}_0^{t_j}$ управляемой системы: $\tilde{C}_0^{t_j} = \tilde{C}_0^{t_{j-1}} + \tilde{\omega}$.

4. Выполнить нормализацию $\tilde{C}_0^{t_j}$, т.е. представить его на интервале $[0, 1]$.

5. Определить, имеет ли место отклонение текущего состояния $\tilde{C}_0^{t_j}$ от эталонного состояния $\tilde{C}_k^{t_j} \in \Omega_{ПАР}^{t_j}$ для момента t_j . Отклонения нет, если в $\Omega_{ПАР}^{t_j}$ имеется хотя бы один элемент $\tilde{C}_k^{t_j} < \tilde{C}_0^{t_j}$, где $\Omega_{ПАР}^{t_j}$ суженное множество Парето Ω для момента времени t_j .

6. Исходы из $\Omega_{ПАР}^{t_j}$, являющиеся нечетким интервалом $[\omega_1, \omega_2]$, представить в виде нечеткого множества. Для представления воспользоваться функциями

принадлежности μ_{γ_1} и μ_{γ_2} термов лингвистической переменной y_q . Если ω_1 и ω_2 заданы на шкалах разной размерности, для представления нечеткого множества на единой шкале воспользуемся масштабирующими коэффициентами.

7. Сравнить $\tilde{C}_k^{t_j}$ и $\tilde{C}_0^{t_j}$ для определения имеет ли место отклонение: \leq или \geq от эталонного состояния $\tilde{C}_k^{t_j} \in \Omega_{ПАР}^{t_j}$ для момента t_j . Отклонения нет, если в $\Omega_{ПАР}^{t_j}$ имеется хотя бы один элемент $\tilde{C}_k^{t_j} < \tilde{C}_0^{t_j}$ для выяснения этого выполняются следующие действия:

7.1. Выяснить сколько исходов содержит $\Omega_{ПАР}^{t_j}$. Если один исход, то $\tilde{\omega}'$ присвоить этот исход и включить переход к п.7.3.; иначе $\tilde{\omega}'$ присвоить первый элемент $\Omega_{ПАР}^{t_j}$ и переход к п.7.3.

7.2. Представить нечеткий интервал, которым описывается $\tilde{\omega}'$, в виде нечеткого множества.

7.3. Сравнить нечеткие множества с параметрами $\tilde{C}_0^{t_j}$ и $\tilde{\omega}'$ для момента управления t_j .

7.4. Если результат процедуры сравнения в п.7.3 $F(\tilde{C}_0^{t_j}) - F(\tilde{\omega}') > 0$, то $\tilde{\omega}'$ внести в Ω' и перейти к п.7.6; иначе переход к п.7.5.

7.5. Выяснить существуют ли еще в $\Omega_{ПАР}^{t_j}$ не сравнивавшиеся исходы. Если «да», то $\tilde{\omega}'$ присвоить еще не сравнивавшийся исход из $\Omega_{ПАР}^{t_j}$ и переход к п.7.2; иначе - присвоить $\tilde{C}_k^{t_j} = \tilde{\omega}'$, преобразовать нечеткий интервал, которым описывается $\tilde{\omega}'$ в виде нечеткого множества. Спрогнозировать возможность достижения $\tilde{C}_k^{t_j+1}$ по $\tilde{C}_k^{t_j}$ и переход к п.14 для текущего класса управления ι , результат прогноза - $\Omega_{ПАР}^{t_j}$. Определяется возможность достижения состояний $\tilde{C}_k^{t_j+1}$ и $\tilde{C}_k^{\tau(t_N)}$ как $POSS(\tilde{C}_k^{t_j+1} | \tilde{C}_k^{t_j} \circ \Phi^{\tau(t_j)})$ и $POSS(\tilde{C}_k^{\tau(t_N)} | \tilde{C}_k^{t_{N-1}} \circ \Phi^{\tau(t_{N-1})})$ соответственно при применении управления силы τ в моменты времени t_j или t_{N-1} .

7.6. Присвоить $\tilde{C}_k^{t_j} = \min_{\omega(a_1, a_2) \in \Omega_{ПАР}^{t_j}} \{\omega(a_1, a_2)\}$.

8. Зафиксировать текущую силу воздействия u как приводящую к минимальной величине исхода, поскольку нет отклонения от эталонного признака в момент t_j .
9. Произвести выбор ветви иерархии для представителей текущего класса управляемой системы с текущей силой воздействия u для момента t_{j+1} .
10. Найти минимальный элемент в $\Omega_{IIAP}^{t_{j+1}}$. Результат - $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$.
11. Спрогнозировать возможность достижения $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$ по $\tilde{C}_k^{t_j}$ для класса управлений u . Из процедуры прогноза возвращается $\Omega_{IIAP}^{t_j}$, $POSS(\tilde{C}_k^{t_{j+1}} | \tilde{C}_k^{t_j} \circ \Phi^{\tau(t_j)})$, $POSS(\tilde{C}_k^{\tau(t_N)} | \tilde{C}_k^{t_{N-1}} \circ \Phi^{\tau(t_{N-1})})$, переход к п.17.
12. Определить величину отклонения $\tilde{\Delta}$.
13. Найти минимальный элемент $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$ в $\Omega_{IIAP}^{t_j}$. Результат - $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$. Преобразовать нечеткий интервал, которым описывается $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$, в нечеткое множество.
14. Выполнить сложение $\tilde{H} = \tilde{C}_k^{t_j} + \tilde{\Delta}$. Для этого воспользуемся операцией суммирования с использованием уровневых множеств.
15. Определить элемент $\tilde{H}' \geq \tilde{C}_k^{t_j} + \tilde{\Delta}$ в множестве $\Omega_{IIAP}^{t_j}$. Если в процессе определения выяснено, что \tilde{H}' отсутствует, то переход к п.19.; иначе к п.16.
16. Спрогнозировать возможность достижения $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$ по \tilde{H}' для текущего класса управления u . Из процедуры прогноза возвращается $\Omega_{IIAP}^{t_j}$, $POSS(\tilde{C}_k^{t_{j+1}} | \tilde{C}_k^{t_j} \circ \Phi^{\tau(t_j)})$, $POSS(\tilde{C}_k^{\tau(t_N)} | \tilde{C}_k^{t_{N-1}} \circ \Phi^{\tau(t_{N-1})})$.
17. Запросить лицо, принимающее решение (ЛПР), об удовлетворенности, найденной возможности достижения $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$ по \tilde{H}' в п.16. Если «да», то переход к п.18, иначе к п.19.
18. Запросить ЛПР об удовлетворительности $POSS(\tilde{C}_k^{\tau(t_N)} | \tilde{C}_k^{t_{N-1}} \circ \Phi^{\tau(t_{N-1})})$. Если «да», то в момент t_{j+1} использовать управление, давшее результат в п.16 и переход к п.23; иначе переход к п.19.

19. Проанализировать предыдущие ветви иерархии, отвечающие предыстории процесса и характеризующиеся различной силой управления ι и выяснить существуют ли ветви иерархии, моделирующие силу управления $\iota=\iota+1$.

19.1. Если такие ветви найдутся, то увеличить на 1 силу управления $\iota=\iota+1$ и перейти к п.19.2.; иначе переход к п.21.

19.2. Промоделировать ситуацию с новой силой управления τ . Результатом является множество Парето-оптимальных исходов $\Omega_{ПАР}^{t_{j+1}}$.

19.3. Исходы из $\Omega_{ПАР}^{t_j}$, являющиеся нечетким интервалом $[\omega_1, \omega_2]$ представить его в виде нечеткого множества. Для представления воспользоваться функциями принадлежности μ_{γ_1} и μ_{γ_2} термов лингвистической переменной u_q . Если ω_1 и ω_2 заданы на шкалах разной размерности для представления нечеткого множества на единой шкале, воспользоваться масштабирующими коэффициентами.

19.4. Найти $\tilde{C}^{t_{j+1}}$ с минимальным значением в $\Omega_{ПАР}^{t_{j+1}}$.

20. Определить возможность достижения ближайшего эталонного состояния $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$ по $\tilde{C}_0^{t_j}$ или \tilde{H} для текущего класса управлений ι . Если $POSS(\tilde{C}_k^{t_{j+1}} | \tilde{C}_k^{t_j} \circ \Phi^{\tau(t_j)})$ удовлетворяет ЛПР, то переход к п.18; иначе переход к п.19.

21. Определить эталонное состояние $\tilde{C}_{k1}^{t_{j+1}}$ минимально меньше $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$ по признаку u_q .

21.1. Присвоить класс $k1$ самому «слабому» по способности к приобретению нужного качества на уровне иерархии I_i .

21.2. Сравнить $\tilde{C}_{k1}^{t_{j+1}}$ и $\tilde{C}_k^{t_{j+1}}$.

21.3. Присвоить $MAX = F(\tilde{C}_k^{t_j}) - F(\tilde{C}_{k1}^{t_j})$.

21.4. Присвоить класс $k2$ более «высокому» по способности к приобретению нужного качества на уровне иерархии I_i .

21.5. Если $F(\tilde{C}_k^{t_j}) - F(\tilde{C}_{k1}^{t_j}) < MAX$, то переход к п.21.3; иначе выяснить существует ли более «высокие» по способностям к приобретению нужного качества классы. Если да, то переход к п.21.4; иначе переход к п.22.

22. Выполнить п.п.5-16 с вновь установленной принадлежностью к классу $k=k_1$ или $k=k_2$ в зависимости от результатов п.21 исследуемого уровня иерархии I_i на основе найденного максимального значения.

23. Конец.

Предложенный алгоритм нахождения максимизирующего управления 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.

Выводы

Основной задачей четвертой главы являлась разработка инструментария моделирования подсистем организационной социально-экономической системы многослойными нечеткими когнитивными картами, для этого:

1. Предложено в качестве инструментария описания НКМ использовать теорию нечетких оргграфов. Даны три способа описания НКМ, вводится интервальное оценивание уровня прочности взаимосвязи между концептами.

2. Введена формула для вычисления ценности концептов НКМ, использующая два вида пороговой функции для учета положительного и отрицательного значения концепта в процессе распространения импульса.

3. Предложена методика нахождения простых и комплексных активизирующих вершин для проведения импульсного моделирования, которая

также может использоваться для определения центров передачи информации или распределения ресурсов; базовых узлов энерго-, газо-, водо- сетей СЭС.

4. Рассмотрен вопрос чувствительности и надежность системы к различного рода возмущающим воздействиям окружающей среды в контексте определения уровня структурной устойчивости НКК, предложен подход к определению уровня структурной устойчивости НКК.

5. Описана методика перехода между эшелонами иерархической нечеткой когнитивной модели для достижения эталонной ситуации в условиях описания признаков нечеткими интервалами. Оптимальность решения обеспечивается за счет учета полной предыстории процесса управления. Рассмотрена обработка исходов и критериальная выработка двух групп альтернативных решений на одном уровне иерархий целей. Описан алгоритм принятия решения по управлению желаемой динамики на уровнях иерархии.

Разработанный инструментарий моделирования СЭС служит алгоритмической основой для компьютерной реализации, что усиливает существующие интеллектуальные методы управления, позволяя анализировать причинную картину поведения системы в динамике.

6. Предложено учитывать в показателях социальной и экономической сферы при когнитивном моделировании СЭС индикаторы безопасного и устойчивого развития реальной системы. Что позволит при принятии решения выстраивать стратегии, обеспечивающие выполнение установленных показателей.

В совокупности, инструментарий, представленный в главе 4 позволяет исследовать структурные и динамические свойства СЭС и разрабатывать обоснованные управляющие решения.

Глава 5. Разработка управленческих решений для обеспечения комплексной безопасности в социально-экономических системах на основе имитационно-когнитивной технологии

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, среди которых отмечены наиболее важные¹⁷.

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.

Последний неразрывно связан с совершенствованием системы безопасности населения с целью обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности. Обеспечение безопасности жизнедеятельности является наиболее важной задачей, неразрывно связанной с развитием СЭС, и можно сказать, являющейся одним из связующих звеньев всех вышеперечисленных векторов развития страны.

5.1 Иерархическая структура системы экономической безопасности

Одним из приоритетных направлений государственной политики в настоящее время признано совершенствование социально-экономического развития Российской Федерации, учет воздействия негативных факторов и угроз

¹⁷ Указы Президента РФ от 7 мая 2012 года №596-606 «О долгосрочной государственной экономической политике», «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления» и др.; «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации» № 40 от 02.07.2021 г. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 г. № 1523-р «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года». Государственная программа: «Основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года». Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 г. № 3363-р «Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». Прогноз долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2030 года, Минэкономразвития России. ФЗ РФ от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ (ред. 13.07.2024) «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

при принятии решений по построению устойчивой системы экономической безопасности. Под национальной экономической безопасностью, согласно определению, данному в Российском законодательстве, понимается такое состояние экономики, при котором обеспечивается: достаточный уровень социального, политического и оборонного существования и прогрессивного развития Российской Федерации; неуязвимость и независимость ее экономических интересов по отношению к возможным внешним и внутренним угрозам и воздействиям; высокий и устойчивый экономический рост; эффективное удовлетворение экономических потребностей; контроль государства за движением и использованием национальных ресурсов; защита экономических интересов страны на национальном и международном уровнях. *Объектом экономической безопасности выступает как социально-экономическая система, взятая в целом, так и ее составляющие элементы: природные богатства, производственные и непроизводственные фонды, недвижимость, финансовые ресурсы, людские ресурсы, хозяйственные структуры, семья, личность.*

В системе национальной безопасности государства принято выделять подсистемы: безопасность и технологии, этническая безопасность, экологическая безопасность, негосударственная безопасность и экономическая безопасность. Направлениями национальной безопасности согласно Указу Президента РФ от 02.07.2021 г. N 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации» являются: «..., оборона страны; государственная и общественная безопасность; информационная безопасность, экономическая безопасность; научно-технологическое развитие; экологическая безопасность и рациональное природопользование; ...».

Очевидно, что неотъемлемой составной частью национальной безопасности, ее фундаментом и материальной основой является экономическая безопасность, которая и является *связующим звеном проведенной исследовательской работы*, ее графическая модель в виде подпирамиды (как части модели социально-экономической системы, п.3.1.1 и 3.1.2) представлена на рисунке 5.1.

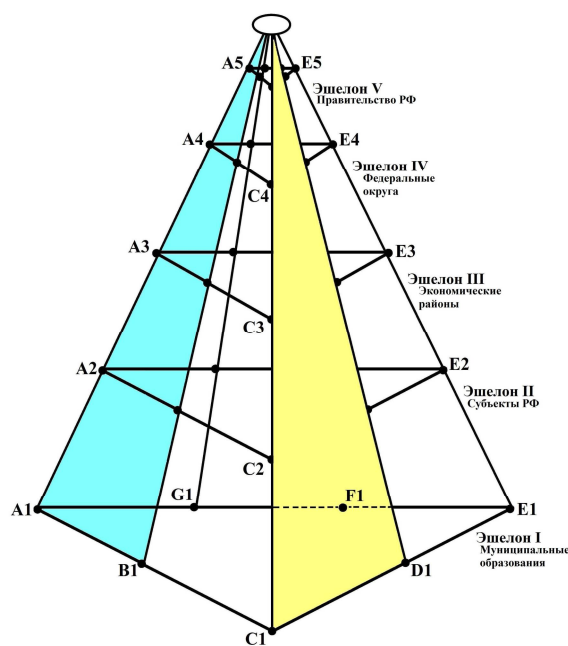


Рисунок 5.1 – Подпирамида «Устойчивое и безопасное развитие региональных СЭС»

На каждом уровне иерархии (эшелоне), выделены следующие элементы системы экономической безопасности:

- А. правовая безопасность, обеспечивающая решение правовых вопросов в сфере юридического обеспечения деятельности, грамотное взаимодействие с контрагентами и властью;
- В. силовая безопасность занимается организацией режимности, физической охраной объектов, противодействием криминалу, взаимодействием с правоохранительными и другими государственными органами;
- С. информационная безопасность как составляющая становится наиболее актуальным направлением в XXI в., нацелена на защиту собственной информации, проведение деловой разведки, информационно-аналитическую работу с внешними и внутренними субъектами;
- Д. кадровая (и интеллектуальная) безопасность. Это процесс предотвращения негативных воздействий на экономическую безопасность за счет рисков и угроз, связанных с персоналом, его интеллектуальным потенциалом и трудовыми отношениями в целом (некомпетентность персонала) [181, 204];
- Е. технико-технологическая безопасность, в рамках которой модернизируется техническая база, оборудование и основные средства производства,

технологии и бизнес-процессы, что необходимо для усиления конкурентоспособности;

Г. финансовая безопасность рассматривает и регулирует вопросы финансово-экономической состоятельности предприятия, устойчивости к банкротству, определяет параметры платежеспособности и другие «денежные» характеристики; также включаются вопросы о проверке бизнес-репутации кредитных организаций, поставщиков, партнеров и клиентов;

Г. экологическая безопасность.

Названные элементы А,В,С,Д,Е,Г, есть не что иное, как проявление приоритетных векторов развития страны, таблица 5.1.

Таблица 5.1 – 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. Техно-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
		Кластерный анализ состояния субъектов РФ [62]. Моделирование состояния российского банковского сектора методами факторного и кластерного анализа [61]	IV
	3. Инновации и инвестиции.	Технологическое прогнозирование развития нанотехнологий [77]	IV, V
	4. Цены и тарифы.	Когнитивное моделирование развития демографической ситуации п.5.4.1	II
	5. Электроэнергетика и энергоснабжение.	Разработка прогноза развития сельского хозяйства с помощью импульсного моделирования п.5.4.2	II
		Применение технологии когнитивного анализа для выработки тарифной политики в сфере энергетики п.5.4.4	II
	6. Региональное развитие, в т.ч. на Юге России.	Построение импульсной модели развития энергетической системы с целью стратегического управления п.5.4.3	II
Определения кадастровой стоимости земель [75]		I	
8. Уровень (качество) жизни населения.	Совершенствование системы функционирования организационной структуры обеспечения безопасности АЭС п.5.3	II	

Разработанные модели подсистем региональных СЭС описаны далее в главе 5 представленной работы.

Для исследования структуры модели комплексной экономической безопасности региональной СЭС разработана следующая НКМ, рисунок 5.2.

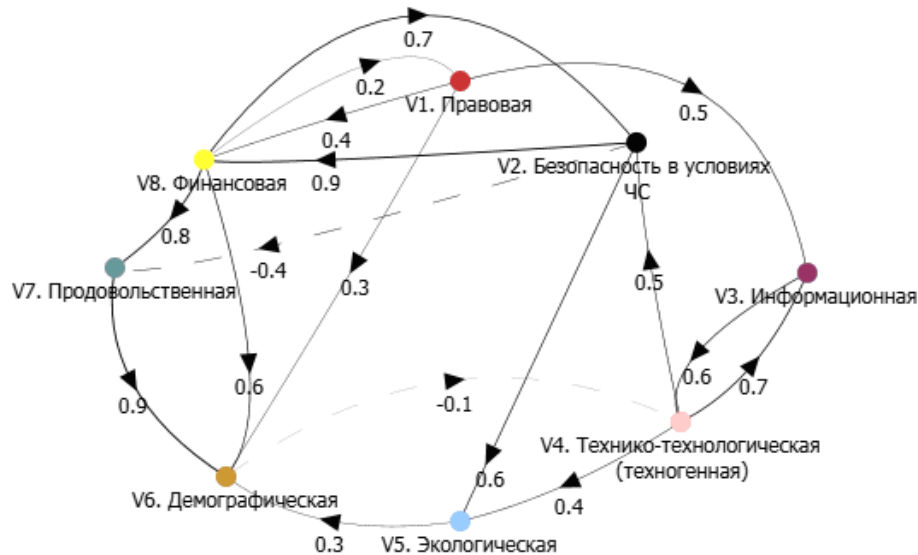


Рисунок 5.2 – НКМ структуры комплексной безопасности региональной СЭС

В НКМ 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 НКМ, проведенный с применением описанных в главе 4 методик показывает следующее. Найдены все собственные числа матрицы по модулю, $\lambda=0,8192; 0,7516; 0,6853; 0,0475$. Среди них нет ни одного, превышающего 1, значит модель устойчива для некоторого импульсного процесса. Выявлено в модели 5 отрицательных контуров, т.е нечетное число, значит система устойчива.

С помощью программы Matrix (приложение 4) определены:

Базы:

0.5(v1) v0.6(v1v2v3) v0.8(v1v2v3v4v5) v1(v1v2v3v4v5v6v7v8) v0.9(v1v2v3v4v5v7)
 v0.6(v1v2v4) v0.7(v1v2v4v5) v0.6(v1v3v8) v0.7(v1v4v5v8) v0.6(v1v4v8) v0.2(v2)
 v0.2(v3) v0.2(v4) v0.2(v8)

Антибазы:

$$1(v_1v_2v_3v_4v_5v_6v_7v_8)v_{0,6}(v_1v_4v_5v_6)v_{0,6}(v_1v_4v_5v_6)v_{0,6}(v_1v_3v_5v_6)v_{0,7}(v_1v_3v_5v_6)v_{0,8}(v_1v_3v_4v_5v_6)v_{0,9}(v_1v_3v_4v_5v_6v_8)v_{0,5}(v_5v_6)v_{0,5}(v_5v_6)v_{0,3}(v_4v_6)v_{0,2}(v_1v_6)v_{0,3}(v_2v_6)v_{0,2}(v_3v_6)v_{0,2}(v_4v_6)v_{0,3}(v_6)$$

Сильная связность:

$$0.2(v_1v_5v_6v_7) v_{0,6}(v_1v_2v_3v_5v_6v_7) v_{0,7}(v_1v_2v_3v_4v_5v_6v_7) v_1(v_1v_2v_3v_4v_5v_6v_7v_8) v_{0,6}(v_1v_2v_4v_5v_6v_7) v_{0,6}(v_1v_3v_5v_6v_7v_8) v_{0,7}(v_1v_3v_4v_5v_6v_7v_8) v_{0,6}(v_1v_4v_5v_6v_7v_8) v_{0,2}(v_2v_5v_6v_7) v_{0,2}(v_3v_5v_6v_7) v_{0,2}(v_4v_5v_6v_7) v_{0,2}(v_5v_6v_7v_8)$$

Множество всех активизирующих вершин (базы):

$$B_1 = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8\}; B_{0,9} = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_7\}; B_{0,8} = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\};$$

$$B^I_{0,7} = \{v_1, v_2, v_4, v_5\}; B^{II}_{0,7} = \{v_1, v_4, v_5, v_8\}; B^I_{0,6} = \{v_1, v_2, v_4\};$$

$$B^{II}_{0,6} = \{v_1, v_3, v_8\}; B^{III}_{0,6} = \{v_1, v_4, v_8\}; B^{IV}_{0,6} = \{v_1, v_2, v_3\}; B_{0,5} = \{v_1\};$$

$$B^I_{0,2} = \{v_2\}; B^{II}_{0,2} = \{v_3\}; B^{III}_{0,2} = \{v_4\}; B^{IV}_{0,2} = \{v_8\};$$

Из этого множества, возможно выбрать наборы (комплексы) вершин для разработки пессимистического, нейтрального и оптимистического сценариев развития. Например, для пессимистического прогноза выбираем любую вершину из перечня v_2, v_3, v_4, v_8 , т.к. из этих вершин в любую другую существует путь со степенью достижимости $0,2$. Для оптимистического прогноза предлагается проанализировать сценарий с комплексным импульсом в вершины $\{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$.

Множество всех активизирующих вершин для импульсного моделирования:

$$\tilde{B}_X = \{<1/8>, <0,9/6>, <0,8/5>, <0,7/4>, <0,6/3>, <0,5/1>\}.$$

Теоретически существует достаточно большое количество многовариантных комбинаций импульсов, поэтому был разработан план вычислительного эксперимента в соответствии с экспертным анализом реальной действительности, фрагмент плана приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – 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				
...	...								

Моделирование проводится по комплексу моделей (2.12)-(2.13) и (4.4).

На рисунке 5.3 приведены некоторые результаты импульсного моделирования.

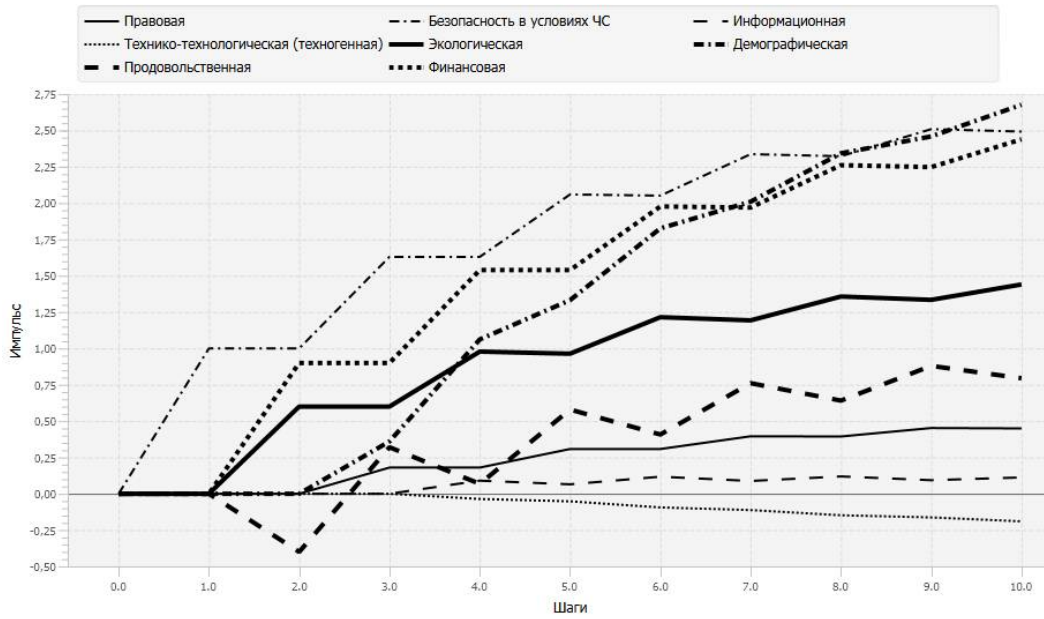


Рисунок 5.3 а) – Сценарий 1

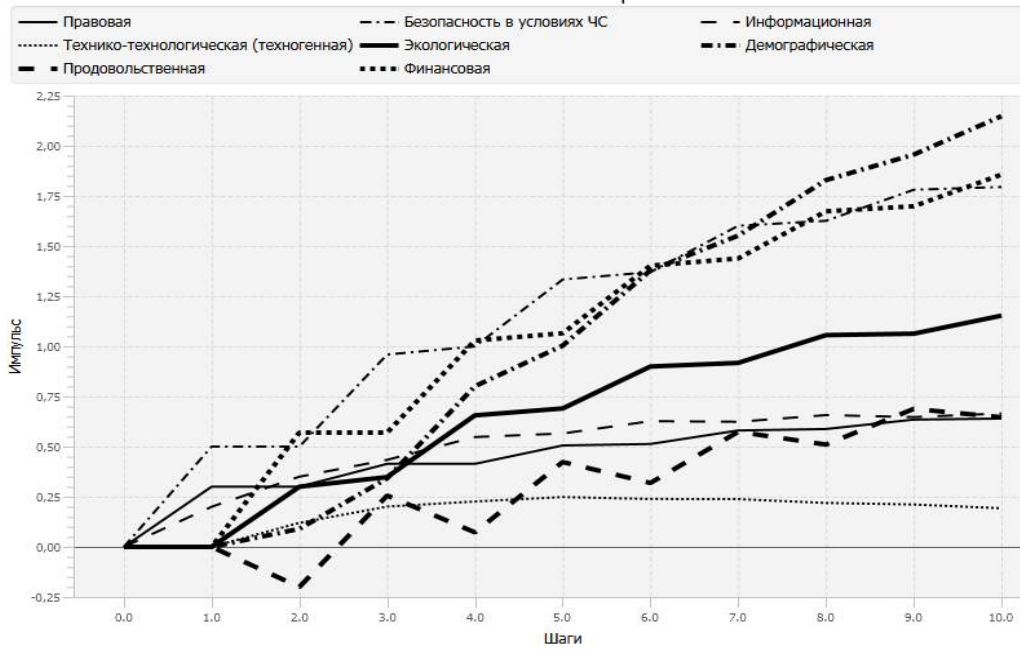


Рисунок 5.3 б) – Сценарий 2

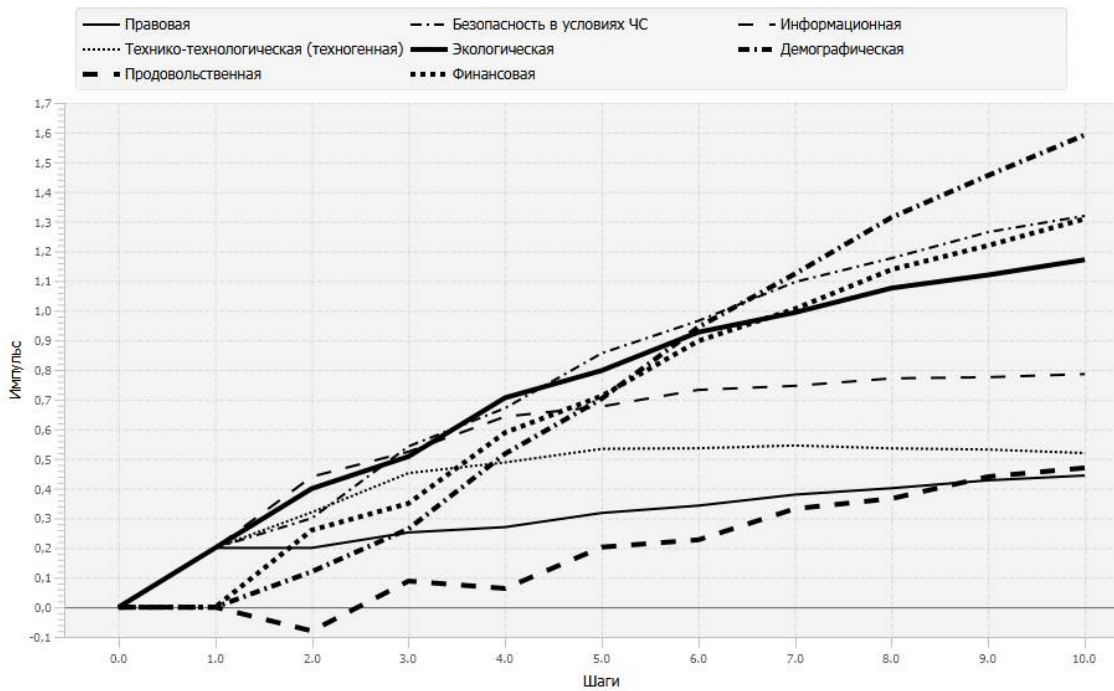


Рисунок 5.3 в) – Сценарий 3

Начало моделирование – это значение ноль для всех параметров концептов (вершин). На оси абсцисс откладываются такты моделирования, на оси ординат – величины импульсов, генерируемые в вершинах под воздействием анализируемых возмущающих воздействий. Как видно на рисунке 5.3а), динамику по сценарию 1 можно классифицировать как негативный прогноз, один из показателей стабильно ухудшается. Применение сценариев 2 и 3 рисунок 5.3 б) и в) позволяет сделать предварительный вывод, даже небольшое, но равномерное усиление комплекса v_1, v_2, v_3 или v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 даст стабильное улучшение ситуации как в средне и так и в долгосрочной перспективе [64].

Теперь опишем возможность применения иерархического подхода к построению и анализу структуры системы экономической безопасности [51], проникающей во все эшелоны структуры СЭС, например по одной из граней пирамиды, п. 3.1.1., собственно раскроем содержимое граней «G» и «H», рисунок 3.1.

Актуальность исследования структуры и возможностей управления экономической безопасностью в современных условиях социально-экономического положения Российской Федерации обусловлена необходимостью постоянного внимания государства к обеспечению стабильных темпов роста как

всей экономики, так и ее отдельных компонентов. Обострение социальных, экономических, сырьевых и прочих проблем приобретает глобальный характер. Процессы глобализации непосредственно затрагивают экономическую политику государства, ограничивая ее возможности. Возрастает взаимозависимость государств. Появляются новые положительные и отрицательные факторы, и угрозы. Вот почему особую значимость, на сегодняшний день, представляет исследование системы экономической безопасности России и факторов, негативно влияющих на нее.

Угрозы экономической безопасности –это совокупность явлений, процессов, условий и факторов, оказывающие негативное воздействие на хозяйство страны, ущемляющие экономические интересы личности, общества и государства, имущественная дифференциация населения; деформирование структуры Российской экономики; возрастание неравномерности развития социально-экономического развития регионов.

Проанализировав материалы [29, 110, 181, 207], пришли к выводу, что на любом уровне иерархии все угрозы экономической безопасности можно разделить на три группы: внешние, внутренние и форс-мажорные, раскроем первую и вторую группы на уровнях «отрасль», «промышленность», «корпорация» и «предприятие», рисунок 5.4.



Рисунок 5.4 – Группировка угроз экономической безопасности

Все факторы и/или угрозы, влияющие на экономическую безопасность, можно сгруппировать, выделив: политические, социально-экономические, экологические, научно-технические и технологические, юридические, природно-климатические, демографические, криминалистические и другие. Выявление и идентификация факторов опасностей и угроз – одна из наиболее важных задач обеспечения экономической безопасности.

В [100] уже отмечалось, что действующее законодательство РФ трактует показатели экономической безопасности следующим образом – «это наиболее значимые параметры, дающие общее представление о состоянии экономической системы в целом, ее устойчивости и мобильности: рост ВВП, уровень и качество жизни большинства населения, темпы инфляции, уровень безработицы, структура экономики, имущественное расслоение населения, криминализация экономики, состояние технической базы хозяйства, расходы на НИОКР, конкурентоспособность, импортная зависимость, открытость экономики,

внутренний и внешний долг государства». «Меры обеспечения экономической безопасности – это совокупность способов, осознанных действий, направленных на предотвращение внутренних и внешних угроз безопасности».

Согласно Постановлению Правительства РФ¹⁸ «система экономической безопасности включает в себя: выявление ситуаций, при которых фактические или прогнозируемые параметры экономического развития выходят за пределы пороговых значений; разработку мер по их преодолению при подготовке прогнозов и программ социально-экономического развития, а также при проведении экспертиз и принятии оперативных решений по финансовым и хозяйственным вопросам; организация соответствующего контроля в Министерстве экономике РФ».

«Очевидно, что систему экономической безопасности можно представить как иерархическую организационно-экономическую структуру. Понятно, что формы проявления угроз экономической безопасности на различных уровнях иерархии (эшелонах) будут иметь не только отличия в смысловом наполнении, но и в своем перечне, несмотря на общность действия дестабилизирующих факторов в условиях единого экономического пространства. Например, к глобальным факторам, на уровне «экономическая безопасность страны», следует отнести общий спад производства, проблемы банковской системы, рост тарифов, уровень социальной напряженности, дальнейшее ослабление конкурентоспособности и т.д. К критериям экономической безопасности РФ, прописанным в вышеназванном Постановлении Правительства РФ¹³ и раскрывающим эти факторы, относят: способность экономики функционировать в режиме расширенного воспроизводства; зависимость экономики от импорта важнейших видов продукции и продовольствия; уровень внешнего и внутреннего долга и возможности его погашения; обеспеченность экономики стратегическими ресурсами и эффективность государственного контроля за их обращением; уровень бедности; уровень имущественной дифференциации населения и безработицы;

¹⁸ О первоочередных мерах по реализации государственной стратегии экономической безопасности Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 27.12.1996 N 1569, <http://base.garant.ru/135355/>

устойчивость финансовой системы; рациональная структура внешней торговли; доступность для населения образования, культуры и медицинского и социального обслуживания, пассажирского транспорта и массовых видов связи, жилья и коммунальных услуг; поддержание научного потенциала страны и сохранение отечественных научных школ; сохранение единого экономического пространства и межрегиональных экономических отношений; достаточный уровень государственного регулирования экономических процессов» [51, 100].

«На уровне иерархии «предприятие» детализации требует и определение его экономической безопасности, зависящее от отрасли функционирования субъекта, региона нахождения и с учетом его специфических особенностей. Очевидна, причинно-следственная связь между экономической безопасностью предприятия и направлениями стратегического планирования развития предприятия в рамках региона. Наиболее полно показатели и индикаторы экономической безопасности предприятия перечислены в [11, 16, 86], а применительно к СЭС описаны в [85]. Принято разделять все показатели на три группы: индикаторы производства, финансовые и социальные индикаторы» [51, 100].

Согласно [206] одной из основных целей при построении устойчивой структуры экономической безопасности предприятия является предотвращение ущерба, потерей, которые можно разделить следующим образом: материальные, трудовые, кадровые, финансовые, временные и информационные потери. Тогда на эшелоне I, для предприятия, система можно проиллюстрировать рисунком 5.5.



Рисунок 5.5 –Элементы системы экономической безопасности предприятия

В [51] отмечалось. «Сделаем некоторые выводы. Важнейшим элементом безопасности государства является экономическая безопасность, которая представляет собой обеспечение устойчивого экономического развития страны и состояние защищенности от внутренних и внешних угроз. Экономическая безопасность государства характеризуется уровнем развития производительных сил и экономических отношений, наличием полезных ископаемых, развитой инфраструктуры, квалифицированной рабочей силы, а также характером интеграции в систему мировых хозяйственных связей. Проблема безопасности государства в целом и экономической в частности регламентируется федеральным законодательством РФ¹⁹ и является сложно-формализуемой проблемой, требующей учета самых разнообразных, зачастую, несопоставимых аспектов, описываемых большой совокупностью взаимозависимых динамических факторов. При этом все факторы можно распределить по степени важности, взаимной зависимости, степени влияния и т.д. Тем самым они образуют иерархию.

Как отмечают представители компании IBS – лидера российского рынка консалтинга и информационных технологий, создание модели экономической безопасности необходимо, в первую очередь, органам государственного

¹⁹ Федеральный закон от 28.12.2010 N 390-ФЗ (ред. от 10.07.2023) "О безопасности". Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_108546/

управления для поддержки принятия решения в вопросах макроэкономической политики и разработке мер по регулированию рыночной экономики.

Модель экономической безопасности позволяет описывать состояние экономики на макро и микро экономическом уровне, проводить анализ и прогноз, и, как результат, определять приоритетные стратегии экономической безопасности государства в целом, в том числе:

- описывать общее состояние и функционирование экономики;
- выявлять взаимосвязи между важными макроэкономическими показателями (валовой внутренний продукт, конечное потребление, инвестиции, сбережения, располагаемый доход и др.);
- контролировать и анализировать текущее состояние экономики;
- прогнозировать и планировать тенденции развития.

Совершенно очевидно, что подобная модель должна базироваться на опыте экспертов в данной области, их творческом потенциале, формализованных научных знаниях, методах принятия решений, методологии системного анализа.

Моделирование системы экономической безопасности, влияния различных факторов на нее, позволяет разработать сценарии развития существующих и появления новых ситуаций на моделируемом объекте. В зависимости от выбранных сценариев развития различных кризисных ситуаций на объекте можно разработать мероприятия по преодолению и возможному снижению ущерба от негативного влияния угроз и кризисных ситуаций на экономические процессы, и рассмотреть последствия их воплощения «в жизнь» опять же на модели».

5.2 Когнитивное моделирование межгосударственного взаимодействия (межгосударственная безопасность)

Построена многослойная нечеткая когнитивная модель взаимодействия стран для выявления «положительных» и «отрицательных» путей между ними, рисунок 5.6.

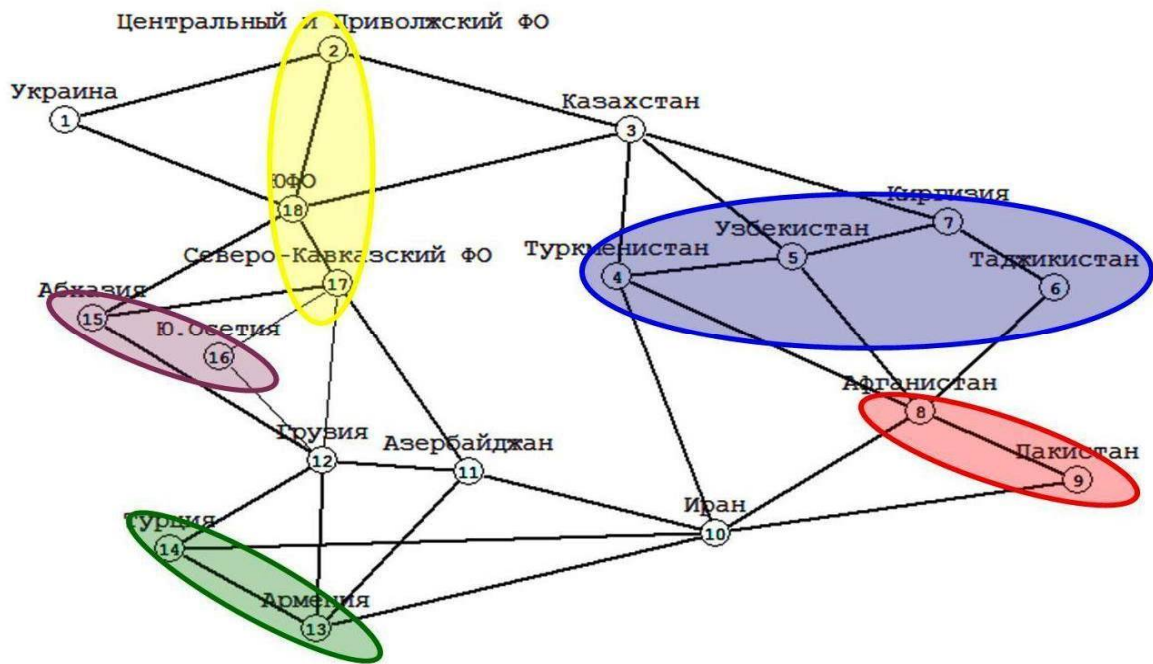


Рисунок 5.6 – Многослойная нечеткая когнитивная модель взаимодействия стран региона

В качестве вершин взяты отдельные федеральные округа европейской части России, и ряд стран кавказской и каспийской площадок [81], имеющих общую сухопутную границу с Россией. Дуги между вершинами обозначают наличие сухопутной границы между субъектами моделирования. Веса над дугами назначены в результате экспертного оценивания по статистическим данным протяженности сухопутной границы между субъектами, наличия визы для въезда и наличия дополнительных препятствий на границе, например на границе между Ираном и Афганистаном возведен комплекс фортификационных сооружений и усилено присутствие сухопутных войск Ирана.

Выделенные слои на модели позволяют представить ее в сгруппированном виде, более удобном для проведения анализа и построения прогноза развития, рисунок 5.7.

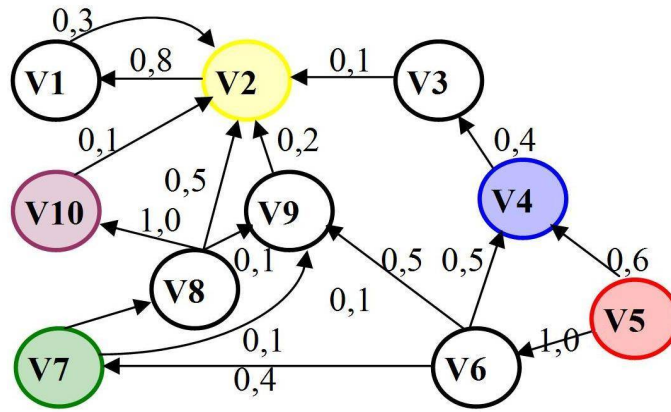


Рисунок 5.7 – Сгруппированная нечеткая когнитивная модель взаимодействия стран региона

Концепты сгруппированы следующим образом: V1 – Украина; V2 – Центральный, Поволжский, Южный и Северо-Кавказский ФО РФ; V3 – Казахстан; V4 – Узбекистан, Туркменистан, Киргизия, Таджикистан; V5 – Афганистан, Пакистан; V6 – Иран; V7 – Турция, Армения; V8 – Грузия; V9 – Азербайджан; V10 – Абхазия и Южная Осетия.

Проверим разработанную модель на устойчивость с точки зрения упрощения, и рассматривая ее как ЧКМ. Найдем все собственные числа. Для исходной матрицы характеристическое уравнение принимает вид:

$$\lambda^{10} - 0,24\lambda^8, \text{ а собственные числа равны: } 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, \frac{-\sqrt{6}}{5}, \frac{\sqrt{6}}{5}. \text{ Т.к. среди}$$

всех собственных чисел нет ни одного, превышающего 1, значит модель устойчива.

Построим матрицу смежности и рассчитаем матрицу достижимости, рисунок 5.8.

Матрица смежности										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0,6	0	1,0	0	0	0	0
6	0	0	0	0,5	0	0	0,4	0	0,5	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0
8	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,1	1
9	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0

Матрица достижимости:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0,1	0,1	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0,1	0,1	0,4	1	0	0	0	0	0	0
5	0,2	0,2	0,4	0,6	1	1	0,4	0,1	0,5	0,1
6	0,2	0,2	0,4	0,5	0	1	0,4	0,1	0,5	0,1
7	0,1	0,1	0	0	0	0	1	0,1	0,1	0,1
8	0,5	0,5	0	0	0	0	0	1	0,1	1
9	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0
10	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	1

Рисунок 5.8 – Матрицы смежности и достижимости НКМ

Следует отметить, что вес над дугой близкий к единице в матрице смежности, означает «трудный» («сложный») путь с точки зрения проникновения противозаконных грузов. Сложность пути определяется наличием визового режима, наличием/отсутствием протяженной сухопутной границы, т.е. чем ближе значение веса дуги к нулю, тем «проще» попасть из одного субъекта в другой, т.е. возможно отсутствие серьезных проверочных мероприятий.

Итак. 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 помощью программы Matrix (приложение 4) определены:

Базы:

$0(x1)v1(x1x2x3x4x5x7x8x9)v0(x2)v0.8(x2x3x4x5x7x8x9)v0.6(x2x3x5x7x8x9)v0(x3)v0(x4)v0.1(x5)v0(x6)v0(x7)v0.5(x3x5x7x8)v0.4(x5x8)v0(x8)v0(x9)v0(x10)$

Антибазы:

$0.1(x1)v0.2(x1x3x7x10)v0.4(x1x3x7x9x10)v0.5(x1x3x4x7x9x10)v0.8(x1x3x4x6x7x9x10)v1(x1x2x3x4x6x7x9x10)v0.1(x2)v0.2(x2x3x7x10)v0.3(x2x3x7x9x10)v0(x3)v0(x4)v0(x5)v0(x6)v0(x7)v0(x8)v0(x9)v0(x10)$

Сильная связность:

$0(x1)v0.3(x1x3x4x5x6x7x8x9x10)v1(x1x2x3x4x5x6x7x8x9x10)v0(x2)v0.3(x2x3x4x5x6x7x8x9x10)v0(x3)v0(x4)v0(x5)v0(x6)v0(x7)v0(x8)v0(x9)v0(x10)$

Анализ выявленных баз НКМ (п.4.4.1) показывает, например, что из базы (V5, V8): Афганистан, Пакистан, Грузия, незаконный груз может попасть в Россию со степенью достижимости не менее 0,4. А из базы (V5): Афганистан, Пакистан, в Россию незаконный груз попадает, практически в любом случае, так как степень достижимости хоть и мала $= 0,1$, но имеется.

Степень живучести данной НКМ $= 0,3$, (п.4.4.2) т.е. с точки зрения структурной устойчивости для НКМ система классифицируется как слабо устойчивая. Данное значение можно интерпретировать так: в данной модели высока динамика изменений и взаимодействий. И эта ситуация требует повышенного внимания.

5.3 Совершенствование системы функционирования организационной структуры обеспечения безопасности атомной электростанции²⁰

Одним из основополагающих принципов развития народного хозяйства является приоритетность безопасности жизнедеятельности человека при разработке планов социально-экономического развития региона. Только совместное решение различного рода вопросов федеральными органами исполнительной и организационными структурами гражданской обороны и защиты населения приведет к решению данного вопроса.

Участие регионов – субъектов Российской Федерации в реализации этого принципа должно определяться приоритетом обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, безусловного сохранения жизни и здоровья людей при возникновении угроз и опасностей различного характера и природы.

Для достижения целей, среди прочих, необходимо совершенствовать систему управления МЧС России в регионах. Актуальным является перевод управленческой составляющей от принципа «реагирование» на принцип «предупреждение». Можно выделить такие направления совершенствования, как:

²⁰ Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 13-01-00475-а, 15-07-00185, 16-07-00335, 16-07-00336, впервые отражена в [55] Гинис Л.А. Когнитивное моделирование поддержки принятия решений в проблемно-ориентированных системах // Научное обозрение, 2015. - № 8. – С. 219-224; и далее в [63] и [232].

- повышение профессионализма кадров;
- создание и развитие всероссийской системы мониторинга и прогнозирования с задействованием возможностей российских спутниковых систем;
- развитие информационно-управляющих систем;
- совершенствование системы оповещения и информирования граждан на базе современных информационно-коммуникационных технологий, в т.ч. задействование социальных сетей смс-оповещение на базе широковещательной технологии cell broadcast;
- создание единой системы и усиление надзора за состоянием особо важных объектов на транспорте, в энергетике и ЖКХ;
- обеспечение безопасности функционирования АЭС.

Остановимся более подробно на последнем направлении. В России действует 11 атомных электростанций (АЭС) с 36 функционирующими энергоблоками (данные на н.в.), которые вырабатывают порядка 19% всего производимого электричества в стране²¹. Из них две на Дальнем Востоке, 8 в европейской части России, среди которых одна на Юге России в Ростовской области и одна на Урале. Еще четыре АЭС сооружается и одна выведена из эксплуатации, таблица 5.3.

²¹ Атомная отрасль России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/atomnaya-otrasl-rossii/> (дата обращения: 04.01.2018) <https://www.rosatom.ru/production/generation/> (дата обращения: 07.01.2025)

Таблица 5.3 – Перечень АЭС России

№ п/п	Станция	Блок	Статус	Расположение	Дата ввода в эксплуатацию
1	Балаковская АЭС	№1	В эксплуатации	г. Балаково, Саратовская обл. Приволжский ФО	28.12.1985
		№2	В эксплуатации		08.10.1987
		№3	В эксплуатации		25.12.1988
		№4	В эксплуатации		04.11.1993
2	Белоярская АЭС	№ 1,2	Выведены из эксплуатации	г. Заречный, Свердловская обл., Уральский ФО	26.04.1964
		№3	В эксплуатации		29.12.1967
		№4	В эксплуатации		08.04.1980
3	Билибинская АЭС	№1	Выведен из эксплуатации	г. Билибино, Чукотский АО, Дальневосточный ФО	12.01.1974
		№2	В эксплуатации		30.12.1974
		№3	В эксплуатации		22.12.1975
		№4	В эксплуатации		27.12.1976
4	Калининская АЭС	№1	В эксплуатации	г. Удомля, Тверская обл., Центральный ФО	09.05.1984
		№2	В эксплуатации		03.12.1986
		№3	В эксплуатации		16.12.2004
		№4	В эксплуатации		25.09.2012
5	Кольская АЭС	№1	В эксплуатации	г. Полярные Зори, Мурманская обл., Северо- Западный ФО	29.06.1973
		№2	В эксплуатации		08.12.1974
		№3	В эксплуатации		24.03.1981
		№4	В эксплуатации		11.10.1984
6	Курская АЭС	№1	В режиме без генерации с 19.12.2021 г.	г. Курчатов, Курская обл., Центральный ФО	19.12.1976
		№2	В режиме без генерации с 31.01.2024 г.		28.01.1979
		№3	В эксплуатации		17.10.1983
		№4	В эксплуатации		02.12.1985
		№5	Законсервирован		
7	Ленинградская АЭС	№1	Выведен из эксплуатации 21.12.2018	г. Сосновый Бор, Ленинградская обл., Северо- Западный ФО	21.12.1973
		№2	Выведен из эксплуатации 10.11.2020		11.07.1975
		№3	В эксплуатации		07.12.1979
		№4	В эксплуатации		09.02.1981
		№5	В эксплуатации		29.10.2018
		№6	В эксплуатации		22.03.2021
8	Нововоронежская АЭС	№ 1,2	Выведены из эксплуатации	г. Нововоронеж, Воронежская обл., Центральный ФО	30.09.1964
		№3	Остановлен в 2016 г.		27.12.1969
		№4	В эксплуатации		27.12.1971
		№5	В эксплуатации		28.12.1972
		№6	В эксплуатации		31.05.1980
		№7	В эксплуатации		05.08.2016
		№8	В эксплуатации		01.05.2019
9	Ростовская АЭС	№1	В эксплуатации	г. Волгодонск, Ростовская обл., ЮФО	30.03.2001
		№2	В эксплуатации		18.03.2010
		№3	В эксплуатации		17.09.2015
		№4	В эксплуатации		29.12.2017
10	Смоленская АЭС	№1	В эксплуатации	г. Десногорск, Смоленская обл., Центральный ФО	09.12.1982
		№2	В эксплуатации		31.05.1985
		№3	В эксплуатации		17.01.1990

11	Плавучая атомная теплоэлектростанция (Плавучий энергетический блок - ПЭБ «Академик Ломоносов»)	№1	В эксплуатации	г. Певек (Чукотский автономный округ), Дальневосточный ФО	22.05.2020
		№2	В эксплуатации		22.05.2020
1	Обнинская АЭС	№1	Выведена из эксплуатации	г. Обнинск, Калужская обл., Центральный ФО	26.06.1954
1	Нововоронежская АЭС-2	№1	Сооружается	г. Нововоронеж, Воронежская обл., Центральный ФО	
		№2			
2	Ленинградская АЭС-2	№1	Сооружается	г. Сосновый Бор, Ленинградская обл., Северо-Западный ФО	
		№2			
3	Балтийская АЭС	№1	Сооружается	г. Неман, Калининградская обл., Северо-Западный ФО	
		№2			
4	Курская АЭС-2	№1	Сооружается	г. Курчатова, Курская обл., Центральный ФО	
		№2			

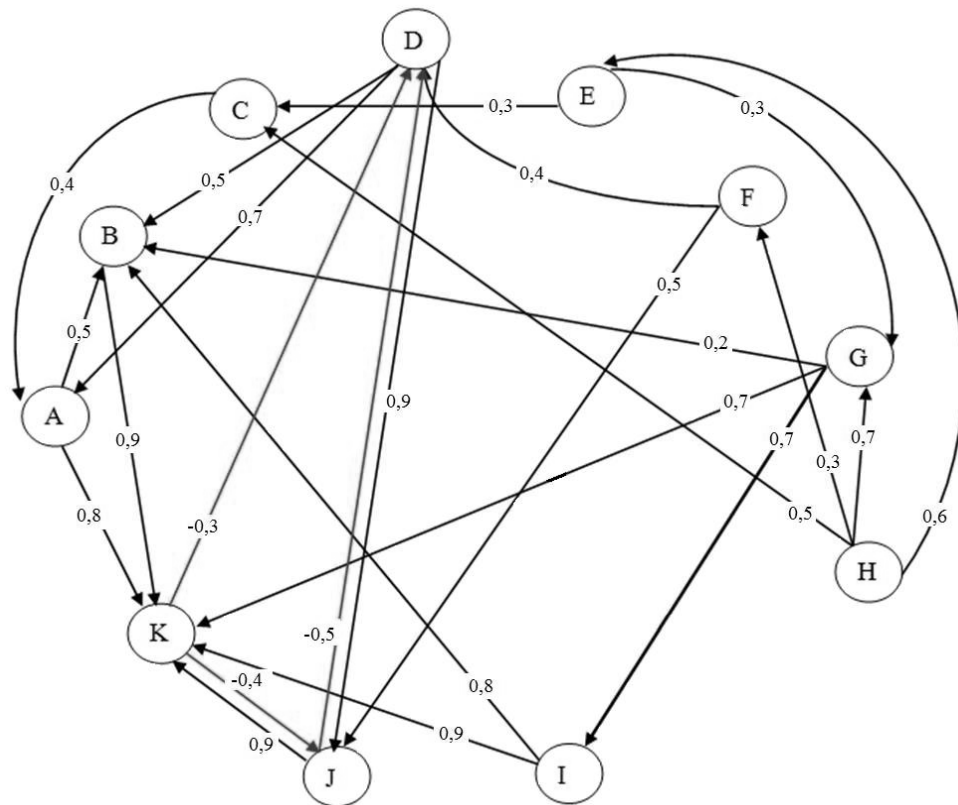
На Юге России работает Ростовская АЭС, расположенная на берегу уникального Цимлянского водохранилища. АЭС является особо важным элементом системы энергоснабжения региона, обеспечивающим около 15% годовой выработки электроэнергии. Заявленным приоритетом эксплуатации АЭС является безопасность.

Анализ месторасположения действующих и строящихся АЭС подтверждает приоритетность направления безопасность, как в жизнедеятельности самой станции, так и в природоохранной деятельности.

В последние десять лет, в соответствии с международной шкалой ядерных событий (INES), в России на АЭС не зарегистрировано ни одной серьезной проблемы безопасности, классифицируемой выше «0» (минимального) уровня. Постоянно уменьшается число внеплановых отключений АЭС от сети и внеплановых остановок работы реакторов. Как отмечают независимые эксперты, во всех районах расположения атомных электростанций, не отмечается превышения установленных норм радиационного фона и он соответствует природным значениям. Тем не менее, вопросы техногенных катастроф (например, пожарной и радиационной безопасности) на АЭС остаются приоритетными для экологической безопасности государства, безопасности жизнедеятельности общества и развития СЭС.

Опишем возможности применения когнитивного подхода для анализа и совершенствования функционирования организационных структур пожарной и радиационной безопасности АЭС.

Модель, построенная на основе когнитивного подхода, позволяет учитывать степень влияния различных показателей функционирования организационной структуры на состояние безопасности АЭС, рисунок 5.9.



Карта построена по данным из открытых источников: <http://www.rosenergoatom.ru>; <http://www.rosatom.ru>; <http://www.power-m.ru>; <http://www.aer-rea.ru>; <http://www.atech.ru>; <http://www.rosrao.ru>.

Рисунок 5.9 – Когнитивная модель организационной структуры управления АЭС

Для построения модели были выделены следующие концепты нечеткой когнитивной модели организационно-управленческой структуры управления АЭС, установлена их системная взаимосвязь:

- А. (x_1) система мониторинга эксплуатационных данных АЭС (в части радиационного и пожарного мониторинга объекта);
- В. (x_2) скорость принятия решений, быстроедействие;

- С. (x_3) инновационные технологии слежения и контроля, внедрение современных информационных технологий (ИТ), минимизирующих риск человеческого фактора (автоматизированные человеко-машинные системы);
- Д. (x_4) человеческий фактор (квалификация персонала, уровень образования, анализ надежности оператора-исполнителя, технологическая культура, включающая высокую ответственность, компетентность, высокий уровень тренированности к работе в экстремальных условиях, качественное обслуживание);
- Е. (x_5) коэффициент обновления - модернизация оборудования;
- Ф. (x_6) совершенствование нормативно-технической документации;
- Г. (x_7) работоспособность и эффективность системы резервного энергоснабжения;
- Н. (x_8) инвестиции (государственное финансирование) по принципу недопустимость превозношения экономических критериев над показателями надежности и безопасности;
- И. (x_9) уровень боеготовности и пожарно-профилактической работы объектовых пожарных подразделений;
- Л. (x_{10}) персональная ответственность сотрудников;
- К. (x_{11}) безопасность АЭС.

Для проведения анализа структуры НКК, анализа устойчивости и нахождения активизирующих вершин применим инструментарий, описанный в п.4.4.1 Разработана программа Matrix на языке программирования СИ (приложение 4) для автоматизированного проведения необходимого анализа [68]. Все последующие иллюстрации, получены в результате работы программы Matrix.

На первом этапе был проведен анализ структурной устойчивости модели согласно методике, описанной в п. 2.3, который показал отсутствие всех собственных чисел, превышающих 1, т.е структура устойчива.

На рисунке 5.10 представлены найденные матрица смежности и матрица достижимости, рассчитано множество нечетких баз.

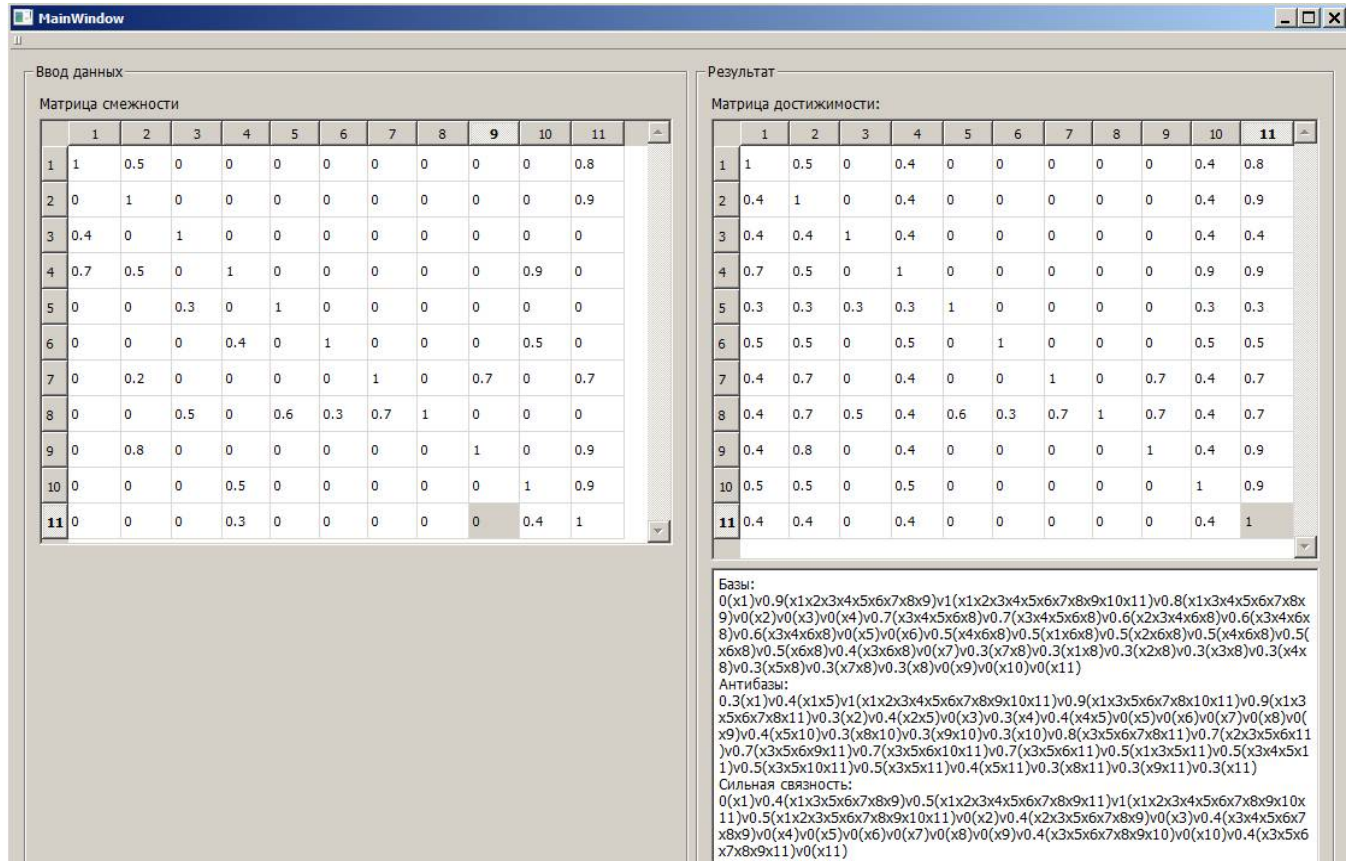


Рисунок 5.10 – Анализ НКМ в программе Matrix

Анализ НКМ, проведенный инструментом, описанным в п.4.4.2 показал, что степень живучести исследуемой НКК=0,4, т.е. с точки зрения структурной устойчивости модель классифицируется как средне устойчивая. Рассматриваемая НКМ имеет следующие нечеткие базы:

$$B_1 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}\}$$

$$B_{0,9} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9\}$$

$$B_{0,8} = \{x_1, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9\}$$

$$B_{0,7} = \{x_3, x_4, x_5, x_6, x_8\}$$

$$B_{0,6} = \{x_2, x_3, x_4, x_6, x_8\}, B_{0,6}'' = \{x_3, x_4, x_6, x_8\}$$

$$B_{0,5} = \{x_4, x_6, x_8\}, B_{0,5}'' = \{x_1, x_6, x_8\}, B_{0,5}''' = \{x_2, x_6, x_8\}, B_{0,5}^{IV} = \{x_6, x_8\},$$

$$B_{0,4} = \{x_3, x_6, x_8\},$$

$$B_{0,3} = \{x_7, x_8\}, B_{0,3}'' = \{x_1, x_8\}, B_{0,3}''' = \{x_2, x_8\}, B_{0,3}^{IV} = \{x_3, x_8\}, B_{0,3}^V = \{x_4, x_8\}, B_{0,3}^{VI} = \{x_5, x_8\}, B_{0,3}^{VII} = \{x_8\}$$

Тогда множество активизирующих вершин для описываемой НКМ:

$$\tilde{B}_x = \{ \langle 1/11 \rangle, \langle 0,9/9 \rangle, \langle 0,8/8 \rangle, \langle 0,7/5 \rangle, \langle 0,6/4 \rangle, \langle 0,5/2 \rangle, \langle 0,4/3 \rangle, \langle 0,3/1 \rangle \}.$$

Данный анализ позволяет сформулировать следующее *управленческое решение*. Рекомендуется ввести комплексный импульс одновременно в вершины x_2 и x_8 , далее он распространится и достигнет абсолютно всех других вершин со степенью не менее 0,3. Максимальный эффект может быть достигнут если одновременно активизировать все вершины. Следует отметить, что абсолютно во всех комплексах вершин присутствует вершина x_8 , логично будет сделать вывод, что именно ее в первую очередь и надо активизировать. Применение разработанного инструментария и описанного в главе 4, позволило провести анализ разработанной НКМ, в том числе, на устойчивость, определить комплекс активизирующих вершин, инвестиционные вложения в которые позволяет удерживать состояние безопасности АЭС на должном уровне с учетом минимизации средств».

Проведение вычислительного эксперимента путем импульсного моделирования требует предварительного его планирования, такой план был разработан с учетом выявленного множества активизирующих вершин. В таблице 5.4 представлен фрагмент плана, в котором отражены наиболее характерные сценарии.

Таблица 5.4 – 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 № 3	$q_4 = 10$ $q_6 = 10$ $q_8 = 10$				10		10		10			
Сценарий № 4	$q_2 = 10$ $q_8 = 10$		10						10			
Сценарий № 5	$q_5 = 10$ $q_8 = 10$					10			10			
Сценарий № 6	$q_3 = -10$ $q_4 = -10$ $q_6 = -10$ $q_8 = -10$			-10	-10		-10		-10			
Сценарий № 7	$q_1 = -10$ $q_6 = -10$ $q_8 = -10$	-10					-10		-10			
Сценарий № 8	$q_4 = -10$ $q_6 = -10$ $q_8 = -10$				-10		-10		-10			
Сценарий № 9	$q_2 = -10$ $q_8 = -10$		-10						-10			
Сценарий № 10	$q_5 = -10$ $q_8 = -10$					-10			-10			

При этом знак «минус» в возмущениях может означать ограничение в финансовых ресурсах, сокращение численности штата работников, поломка (выход из строя) оборудования и т.п., знак «плюс» - увеличение бюджета, расширение штатного расписания, закупка оборудования и т.п.

На рисунках 5.11–5.20 приведены результаты импульсного моделирования по сценариям из таблицы 5.4 и дан их анализ. Увеличение/уменьшение рассматривается в %, для возможности в дальнейшем перевести в любые условные или натуральные единицы.

Сценарий № 1. Импульс поступает в четыре вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если увеличить одновременно $x_3 = 10\%$, $x_4 = 10\%$, $x_6 = 10\%$ и $x_8 = 10\%$?», рисунок 5.11.

Анализ: увеличение x_3 , x_4 , x_6 и x_8 влечет за собой резкий «всплеск» значения по вершине (x_{11}) - безопасность АЭС на третьем такте с последующим увеличением. При этом наблюдается достаточно стабильная ситуация по всем остальным показателям.

Сценарий № 2. Импульс поступает в три вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если увеличить одновременно $x_1 = 10\%$, $x_6 = 10\%$ и $x_8 = 10\%$?», рисунок 5.12.

Анализ: увеличение x_1 , x_6 и x_8 также влечет за собой резкий «всплеск» значения по вершине (x_{11}) - безопасность АЭС, однако при этом несколько ухудшаются значения по вершинам x_4 – человеческий фактор и частично по x_{10} – персональная ответственность сотрудников. По всем остальным значениям наблюдается стабильная ситуация.

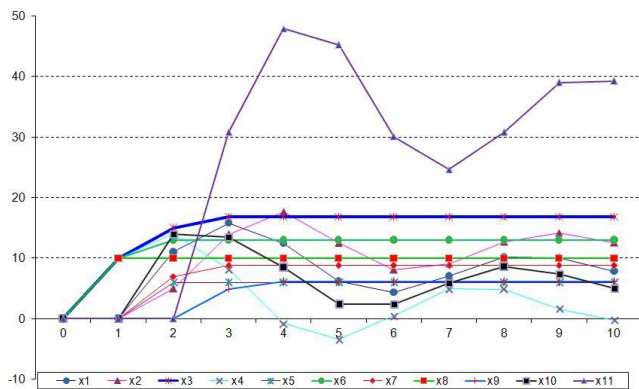


Рисунок 5.11 – Сценарий №1

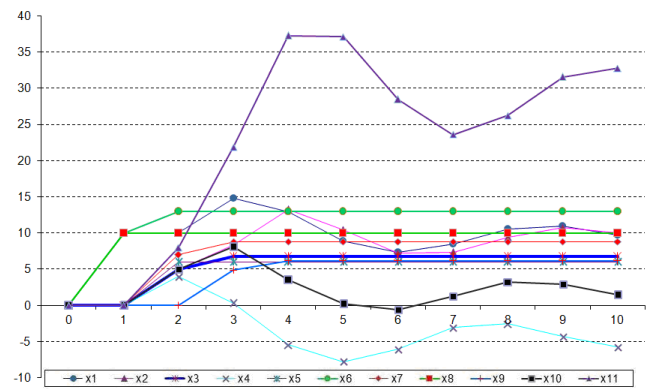


Рисунок 5.12 – Сценарий №2

Сценарий № 3. Импульс поступает в три вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если увеличить одновременно $x_4 = 10\%$, $x_6 = 10\%$ и $x_8 = 10\%$?», рисунок 5.13.

Анализ: сценарий №3 практически совпадает со сценарием №1 в части наличия резкого «всплеска» значения по вершине (x_{11}) - безопасность АЭС и достаточно стабильной картины по всем остальным значениям, но сами показатели разнятся.

Сценарий № 4. Импульс поступает в две вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если увеличить одновременно $x_2 = 10\%$ и $x_8 = 10\%$?», рисунок 5.14.

Анализ: увеличение x_2 и x_8 хоть и влечет за собой резкий «всплеск» значения по вершине (x_{11}) - безопасность АЭС и некоторых других, однако ухудшает значения по трем вершинам x_1 , x_4 и x_{10} .

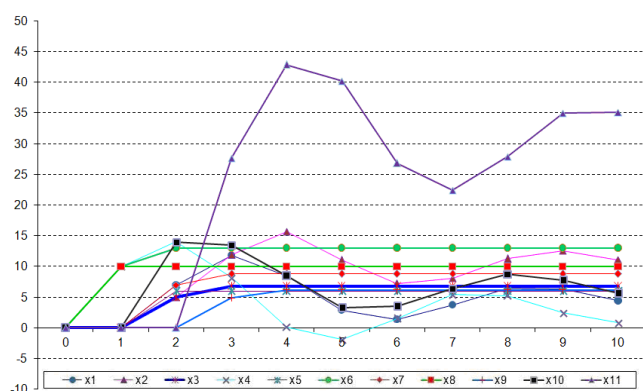


Рисунок 5.13 – Сценарий №3

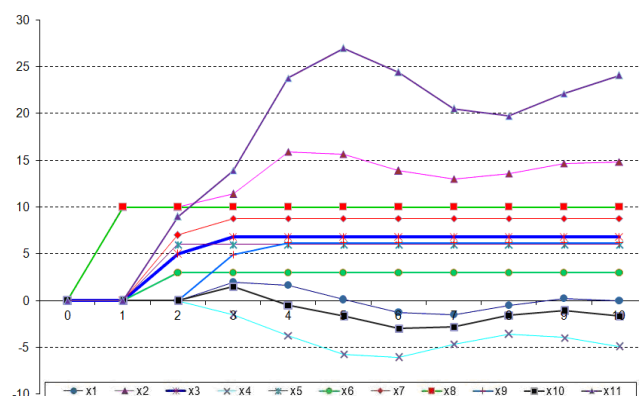


Рисунок 5.14 – Сценарий №4

Сценарий № 5. Импульс поступает в две вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если увеличить одновременно $x_5 = 10\%$ и $x_8 = 10\%$?», рисунок 5.15.

Анализ: сценарий №5 практически совпадает с результатами по сценарию №4.

Сценарий № 6. Импульс поступает в четыре вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если уменьшить одновременно $x_3 = -10\%$, $x_4 = -10\%$, $x_6 = -10\%$ и $x_8 = -10\%$?», рисунок 5.16.

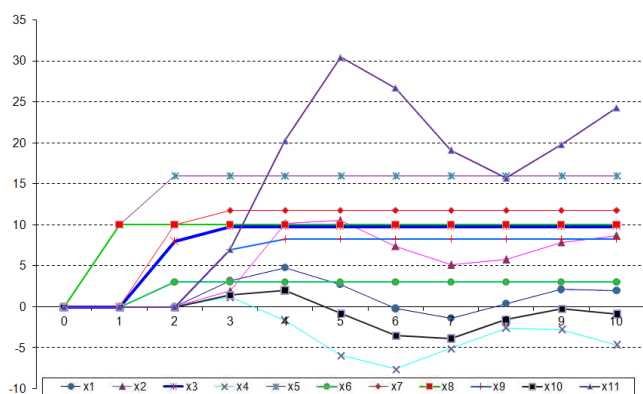


Рисунок 5.15 – Сценарий №5

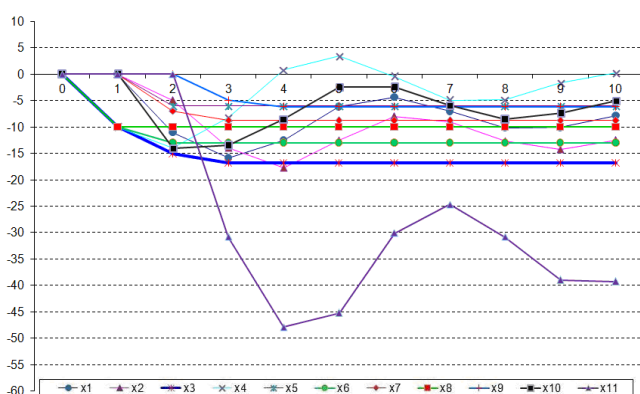


Рисунок 5.16 – Сценарий №6

Сценарий № 7. Импульс поступает в три вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если уменьшить одновременно $x_1 = -10\%$, $x_6 = -10\%$ и $x_8 = -10\%$?», рисунок 5.17.

Сценарий № 8. Импульс поступает в три вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если уменьшить одновременно $x_4 = -10\%$, $x_6 = -10\%$ и $x_8 = -10\%$?», рисунок 5.18.

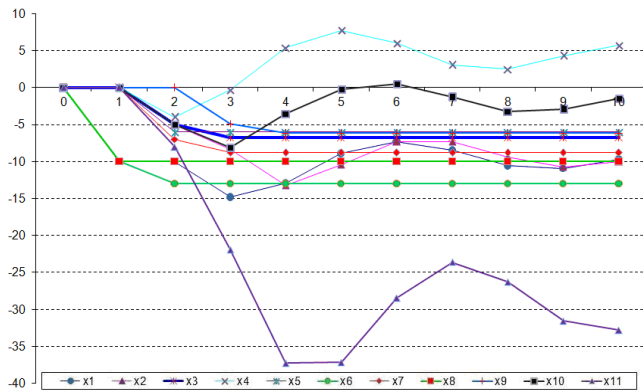


Рисунок 5.17 – Сценарий №7

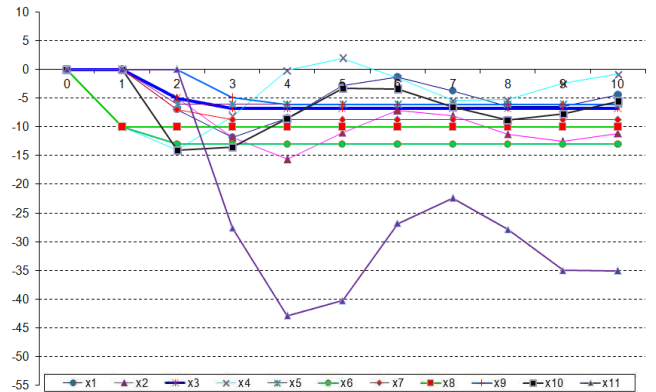


Рисунок 5.18 – Сценарий №8

Сценарий № 9. Импульс поступает в две вершины. Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если уменьшить одновременно $x_2 = -10\%$ и $x_8 = -10\%$?», рисунок 5.19.

Сценарий № 10. Импульс поступает в две вершины. 3 Ответим на вопрос поискового прогноза: «Что будет с системой, если уменьшить одновременно $x_5 = -10\%$ и $x_8 = -10\%$?», рисунок 5.20.

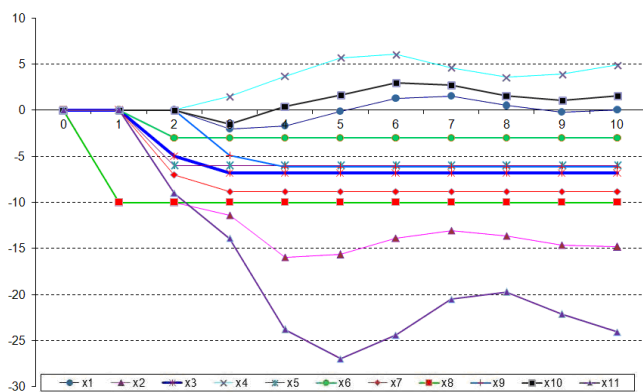


Рисунок 5.19 – Сценарий №9

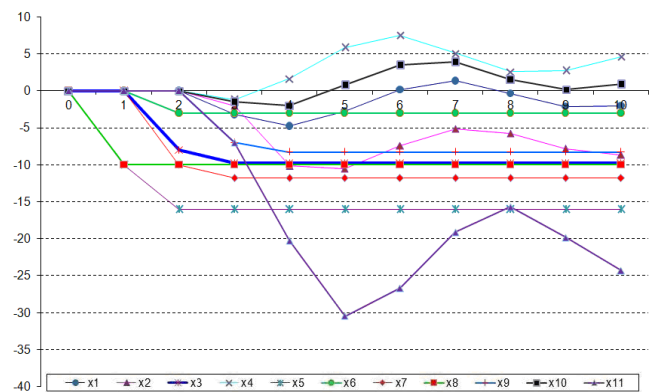


Рисунок 5.20 – Сценарий №10

Анализ. Сценарии № 6-10 иллюстрируют ситуации с ухудшением значений всех показателей.

Введем критерии оценки (определения) сценария развития, определенные экспертным путем применительно к СЭС и с учетом документов РФ²² следующим образом: увеличение на 5% и выше – положительный; увеличение / уменьшение в интервале [-5, 5] – нейтральный; уменьшение на 5 и более – отрицательный.

Сводный анализ и оценка сценариев представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Результаты анализа возможных сценариев развития ситуаций

Сценарий	Возмущение	Динамика 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
3	$q_4 = 10, q_6 = 10$ $q_8 = 10$	↑	↑	↑	≈	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑↑↑	Положительный
4	$q_2 = 10, q_8 = 10$	↔	↑↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑↑↑	Нейтральный
5	$q_5 = 10, q_8 = 10$	≈	↑	↑	↓	↑↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑↑↑	Нейтральный
6	$q_3 = -10, q_4 = -10$ $q_6 = -10, q_8 = -10$	↓	↓	↓	↔	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓↓↓	Отрицательный
7	$q_1 = -10, q_6 = -10$ $q_8 = -10$	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓↓↓	Отрицательный
8	$q_4 = -10, q_6 = -10$ $q_8 = -10$	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓↓↓	Отрицательный
9	$q_2 = -10, q_8 = -10$	↔	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓↓↓	Отрицательный
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

В таблице 5.5 определено пространство сценариев развития организационной структуры АЭС при различных возмущениях, в котором выделено три группы сценариев, названных «Положительный», «Отрицательный» и «Нейтральный».

Полученные результаты дают возможность сформировать управленческие рекомендации по развитию организационной структуры АЭС и учесть

²² Прогноз долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2030 года, Минэкономразвития России. ФЗ РФ от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ (ред. 13.07.2024) «О стратегическом планировании в Российской Федерации». 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).

возникновение появления проблем в результате тех или иных возмущений, таблица 5.6.

Таблица 5.6. Управление (рекомендации) по реализации сценариев

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

Вывод - решение. Наиболее эффективными оказались сценарии 1 и 3, у сценария №1 выше степень достижимости, а сценарий №3 может сократить расходы, т.к. количество целевых вершин 3 против 4 сценария №1, а результат аналогичный. Выбор за ЛПР.

Применение когнитивного подхода на основе нечетких карт позволяет выявлять оптимальные пути совершенствования организационной структуры обеспечения безопасности на АЭС.

5.4 Когнитивное моделирование комплексной безопасности на примере региональной социально-экономической системы

Рассматриваются три системообразующие подсистемы комплексной безопасности региональной СЭС: демография, сельское хозяйство (с/х) и энергетическая подсистема.

5.4.1 Когнитивное моделирование развития демографической ситуации [58]

Когнитивное моделирование демографической ситуации в РФ было описано автором в 2006 и отражено в [58], эта задача соответствует V эшелону принятия управленческих решений, представленному на рисунке 4.1., п.4.1. Следующим этапом, стало проведение аналогичного исследования для Ростовской области, т.е. задача была спроецирована на эшелон II. Для планирования развития экономики государства и улучшения его демографического состояния в целом и отдельных регионов в частности, важное значение приобретает анализ причин демографического кризиса и путей его преодоления. Структурная модель позволит определить влияние основных социально-экономических факторов на изменение численности населения. Данная система является «мягкой», т.е. человеческий фактор играет в ней значительную роль, и она может адаптироваться к внешним воздействиям.

Для качественного системного анализа демографической системы будем использовать когнитивную структуризацию: построим структурную схему причинно-следственных связей в виде когнитивной карты (оргафа), рисунок 5.21.

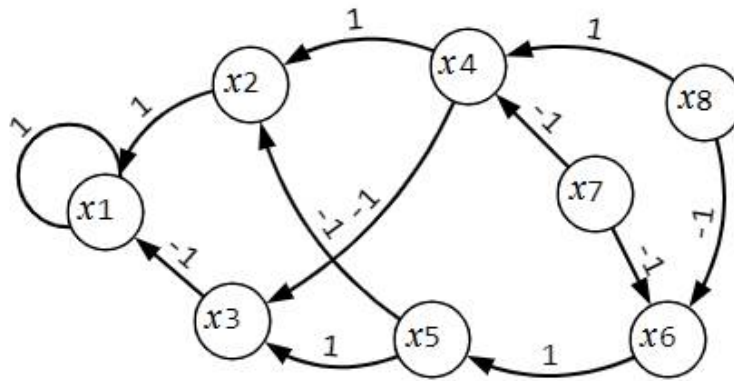


Рисунок 5.21 – Модель в виде орграфа

Элементами КК являются вершины (x_1, x_2, \dots, x_8) , между вершинами ориентированные дуги (x_i, x_j) определяют влияние одних элементов системы на другие. Дуги характеризуют причинно-следственные связи элементов, она является положительной, если «увеличение x_j приводит к увеличению x_i , а уменьшение x_j – к уменьшению x_i . Отрицательной связью будет, если увеличение x_j приводит к уменьшению x_i , а уменьшение x_j – к увеличению x_i ». В рассматриваемом примере 12 дуг.

Рассматриваемый орграф является слабо связным и включает один контур – это петля при вершине x_1 и 9 полуконтуров [114]. Контур представляет собой управляющую петлю положительной обратной связи, она отражает нелинейность структурных изменений в системе, характеризующуюся ускорением роста численности населения при улучшении условий жизни.

Социально-экономическая система, включающая основные факторы, влияющие на численность населения, может быть описана следующими элементами, в качестве исходных, были взяты данные статистики РО за 2012 год, на начало диссертационного исследования:

- x_1 – численность населения на 01.01.2013 – 4254 тыс. чел.;
- x_2 – число родившихся на 01.01.2013 – 49935 чел.;
- x_3 – число умерших на 01.01.2013 – 59598 чел.;
- x_4 – финансирование отраслей: образование, здравоохранение, физкультура и спорт, культура в виде расходов консолидированного бюджета РО за 2012 год – 13,8532 млрд. руб, доля бюджета составляет порядка 18%;

- x_5 – численность официально зарегистрированных безработных на 01.01.2013 – 130 тыс. чел.;
- x_6 – доля консолидированного бюджета РО за 2012 года, направленная на социальную политику составляет 6,25 млрд. руб (24,5%);
- x_7 – средства, выделенные на развитие национальной экономики из консолидированного бюджета РО в 2012 составили 1,73 млрд. руб. (9,5%);
- x_8 – расходы на общегосударственные вопросы, в т.ч. национальная безопасность и оборона; на нужды ЖКХ и на охрану окружающей среды 3,114 млрд. руб. (порядка 11%).

Предлагается стандартная для 2024 года, однако 10 лет назад, данная стратегия была определенным новшеством. Стратегия преодоления демографического кризиса, заключается в увеличении инвестиций в экономику и в социальную сферу, здравоохранение, образование, и видится достаточно перспективной как 10 лет назад, так и в существующих условиях.

С целью изучения динамики развития, выполним исследование импульсных процессов в орграфе согласно выражениям (2.9-2.11). Каждая из вершин графа (x_1, x_2, \dots, x_8) принимает некоторые значения $v_j(t)$ в дискретные моменты времени $t = 0; 1; 2; 3; \dots$. Для проведения анализа составлена квадратная матрица A смежности орграфа.

$$A = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Вектор исходных вершин условно принят равным $(0,0,\dots,0)$, за единицу времени возьмем 1 год. Дуги:

- (x_1, x_1) – ускорение роста численности населения при улучшении условий жизни;
- (x_2, x_1) – влияние числа рожденных на численность населения;

- (x_3, x_1) – влияние числа умерших на численность населения;
- (x_4, x_2) , (x_4, x_3) – влияние средств, выделяемых на здравоохранение, образование на уровень рождаемости и уровень смертности;
- (x_5, x_2) , (x_5, x_3) – влияние числа безработных на уровень рождаемости и смертности;
- (x_6, x_5) – влияние проводимой социальной политики на уровень безработицы, как следствие на число родившихся и умерших;
- (x_7, x_4) и (x_7, x_6) – увеличение инвестиций в национальную экономику влечет за собой увеличение средств, вложенных в здравоохранение, образование и социальную политику;
- (x_8, x_4) , (x_8, x_6) – увеличение расходов на общегосударственные вопросы увеличивают средства, выделяемые на здравоохранение и т.п. и на социальную политику.

В соответствии с нашей перспективной стратегией улучшения демографической ситуации в стране в вершину x_8 (инвестиции в экономику) вводится единичный начальный импульс $P(0)=(0,0,0,0,0,0,0,1)$. В момент времени $t=3$ единица «численность населения» (вершина x_1) увеличивается на 2 условных единицы. При введении единичного начального импульса $P(0)=(0,0,0,1,0,0,0,0)$ в вершину x_4 , начиная со второго момента времени $t=2$, численность населения увеличивается на 2 единицы через каждую единицу времени. При введении начального импульса в вершину x_7 в момент времени $t=3$ численность населения уменьшится на 2 единицы, а затем изменяться не будет. Увеличивая уровни бедности x_5 и x_6 путем введения соответствующих единичных импульсов численность населения начиная с момента времени $t=2$, в каждый последующий момент уменьшается на 2 единицы. Отсюда следует, что подтверждается оптимальность выдвинутой стратегии. Для упрощения проводимых расчетов был разработан программный модуль в среде ЭТ MS Excel.

Достаточно важным в импульсном моделировании является этап, связанный с проверкой орграфа на импульсную и абсолютную устойчивость (устойчивость по значениям вершин). Например, возможно катастрофическое изменение (увели-

чение или уменьшение) отдельных вершин при наличии абсолютной неустойчивости или импульсов при импульсной неустойчивости в орграфе, с помощью которого исследуется некая система. Орграф считается абсолютно или импульсно устойчивым в импульсном процессе при устойчивости каждой его вершины.

Исследуемая когнитивная карта обладает импульсной устойчивостью, но величины импульсов в ее вершинах ограничены и не могут бесконечно возрастать. С другой стороны, карта неустойчива по абсолютным значениям вершин, поэтому численность населения в условиях кризиса может катастрофически уменьшаться, и ограничить это изменение затруднительно.

Для устранения проблемы «преобразования» исходных данных в двоичный вид, приводящей к искажению полученного решения, было предложено использовать в качестве данных для расчетов импульсного процесса данные статистики в натуральном выражении.

Однако следует заметить, что разработанная когнитивная модель адекватно отображает исследуемую ситуацию в Ростовской области, в течение последних нескольких лет правительством области проводилась политика увеличения инвестиций в обозначенные факторы (вершины КК), которая привела к тому, что в первые за последние 20 лет в 2013 году рождаемость в области превысила смертность почти на 20%.

5.4.2 Прогнозирование развития сельского хозяйства (продовольственная безопасность)

Поставлена следующая задача. Необходимо разработать структурную модель в виде когнитивной карты влияния отраслей сельского хозяйства, населения и окружающей среды на конечную сельскохозяйственную продукцию в Ростовской области и дальнейший анализ данной модели с помощью импульсного моделирования с целью выявления наиболее перспективных областей инвестирования.

Эколого-социально-экономическая система, включающая основные факторы, влияющие на продукцию сельского хозяйства в Ростовской области, может

быть описана следующими элементами: население, окружающая среда, животноводство, растениеводство, лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство, сельскохозяйственная продукция. Рассмотрим взаимодействие указанных элементов, то есть процессы, протекающие в сельском хозяйстве Ростовской области.

Динамика численности населения и развитие сельского хозяйства находятся в строгой и сложной взаимосвязи, поскольку развитие любого вида хозяйственной деятельности в регионе связано наличием в нем трудовых ресурсов. Таким образом, рост трудоспособного населения, занятого в сельском хозяйстве, положительно сказывается на развитии его отраслей. С другой стороны, рост численности населения негативно сказывается на состоянии окружающей среды.

Сельское и лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство – это специфические отрасли общественного производства, технология и законы развития которых теснейшим образом связаны с биологическими законами развития живой природы.

Развитие сельского хозяйства может резко тормозиться вследствие ухудшения экологической ситуации. В свою очередь, вложение инвестиций в охрану окружающей среды положительно влияет как на развитие самого сельского хозяйства и всех его отраслей, так и на условия жизни населения.

Субсидии же в развитие сельского хозяйства может отрицательно сказаться на состоянии окружающей среды, поскольку обострение экологической ситуации в регионе в значительной мере связано с влиянием сельскохозяйственной деятельности на природную среду. К примеру, одна из основных проблем загрязнения окружающей среды связана с используемыми в растениеводстве удобрениями, что позволяет поднимать урожаи сельскохозяйственных культур, но при этом приводит к накоплению в почвах вредных веществ и элементов. Практикуемые системы животноводства также приводят к тому, что пастбищные угодья деградируют, ухудшаются почвозащитные свойства и развиваются эрозионные процессы. Сельское хозяйство – это и крупнейший потребитель, и загрязнитель водных ресурсов. Рост содержания химикатов в водной среде приводит к гибели рыбы, болезням людей, сельскохозяйственных и диких

животных. В конечном итоге загрязнение водных и земельных ресурсов сказывается на качестве сельскохозяйственных продуктов, их пищевой ценности.

Для проведения качественного системного анализа эколого-социально-экономической системы будем использовать когнитивную структуризацию: разработана модель семи вершин, как структурная схема причинно-следственных связей, в которой представлены рассмотренные выше процессы, рисунок 5.22. Все концепты (вершины) выделены в результате, предварительно проведенного статистического анализа.

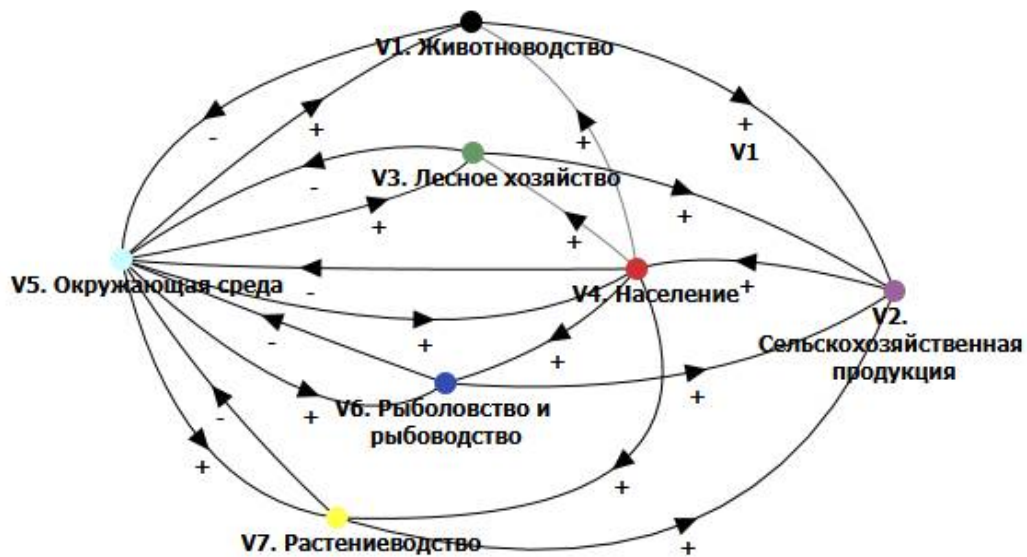


Рисунок 5.22 – Когнитивная модель эколого-социально-экономической системы РО

Выполним исследование импульсных процессов с целью более глубокого анализа рассматриваемой системы. В связи с этим предлагается рассмотреть различные направления вложения инвестиций:

I. Только в развитие отраслей сельского хозяйства:

- 1) в развитие растениеводства,
- 2) в развитие животноводства,
- 3) в развитие лесного хозяйства,
- 4) в развитие рыболовства и рыбоводства,
- 5) в развитие всех отраслей одновременно.

II. В развитие отраслей сельского хозяйства и в охрану окружающей среды:

- 1) в развитие растениеводства и в охрану окружающей среды,
- 2) в развитие животноводства и в охрану окружающей среды,

- 3) в развитие лесного хозяйства и в охрану окружающей среды,
- 4) в развитие рыболовства и рыбоводства и в охрану окружающей среды,
- 5) в развитие всех отраслей одновременно и в охрану окружающей среды.

III. В развитие отраслей сельского хозяйства (с/х), в охрану окружающей среды и в рост трудоспособного населения, занятого в сельском хозяйстве (то есть улучшение условий жизни):

- 1) в развитие растениеводства, в охрану окружающей среды и в улучшение условий жизни трудоспособного населения, занятого в с/х;
- 2) в развитие животноводства, в охрану окружающей среды и в улучшение условий жизни трудоспособного населения, занятого в с/х;
- 3) в развитие лесного хозяйства, в охрану окружающей среды и в улучшение условий жизни трудоспособного населения, занятого в с/х;
- 4) в развитие рыболовства и рыбоводства, в охрану окружающей среды и в улучшение условий жизни трудоспособного населения, занятого в с/х;
- 5) в развитие всех отраслей одновременно, в охрану окружающей среды и в улучшение условий жизни трудоспособного населения, занятого в с/х.

Классификация строящегося прогноза. Прежде чем перейти к прогнозированию развития нашей эколого-социально-экономической системы необходимо выяснить, для каких целей, на какой срок и каким образом будет разрабатываться наш прогноз. В связи с этим целесообразно провести его классификацию по нескольким критериям.

По масштабу мы имеем региональный прогноз, поскольку делается для конкретного региона – Ростовской области. По времени упреждения прогноз оценивается как среднесрочный (на 3 года). По характеру исследуемых объектов, прогноз отвечает на вопрос какова динамика развития народного хозяйства. По характеру развития во времени – дискретный, поскольку в ходе исследования получаем конкретные значения вершин орграфа через равные промежутки времени (единица времени – 1 год). По способу представления результатов прогноз является точечный, так как в результате исследования получаем конкретные значения вершин орграфа. По сфере применения наш прогноз можно

отнести к технико-экономическому, т.к. исследуется развитие такого сектора народного хозяйства, как сельское.

Для проведения импульсного моделирования воспользуемся моделью, описанной в п.2.2 (2.9-2.11). В дискретные моменты времени $t = 0, 1, 2, 3$, каждая из вершин нашего графа принимает некоторые значения. Импульсом является изменение значения вершины при $t > 0$. Построим матрицу A смежности нашего орграфа, рисунок 5.23 и единичную матрицу I . В качестве средства реализации выбран пакет MS Excel, в котором разработан комплекс программных модулей.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
15								
16		<i>Матрица смежности А</i>						
17								
18		<i>Продукция</i>	<i>Население</i>	<i>Окруж. среда</i>	<i>Животноводство</i>	<i>Растениеводство</i>	<i>Лесное хозяйство</i>	<i>Рыбоводство</i>
19	<i>Продукция</i>	0	1	0	0	0	0	0
20	<i>Население</i>	0	0	-1	1	1	1	1
21	<i>Окруж. среда</i>	0	1	0	1	1	1	1
22	<i>Животноводство</i>	1	0	-1	0	0	0	0
23	<i>Растениеводство</i>	1	0	-1	0	0	0	0
24	<i>Лесное хозяйство</i>	1	0	-1	0	0	0	0
25	<i>Рыбоводство</i>	1	0	-1	0	0	0	0

Рисунок 5.23 – Матрица смежности

Вектор исходных вершин V условно примем равным $(0, 0, \dots, 0)$. Будем рассматривать простые автономные импульсные процессы, в которых вектор импульсов $P(0)$ имеет i -ю компоненту, равную 1, а все остальные компоненты при этом равны нулю.

Рассмотрим вариант вложения инвестиций в развитие растениеводства и охрану окружающей среды. Для данного случая вектор начальных импульсов и вектор начальных значений вершин, будут иметь вид, рисунок 5.24.

Microsoft Excel - Вложение инвестиций в отрасли сельского хозяйства и охрану окружающей среды

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

Times New Roman 12

СТАНДОТКЛОН X ✓ ✓ =J29:J35+МУМНОЖ(ТРАНСП(В39:Н45);Е7:Е13)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
26													
27													
28													
29										1	Продукция		
30										1	Население		
31										1	Окруж. среда		
32		I+A=	1	0	-1	1	0	0	0	1	Животноводство		
33			1	0	-1	0	1	0	0	3	Растениеводство		
34			1	0	-1	0	0	1	0	1	Лесное хозяйство		
35			1	0	-1	0	0	0	1	1	Рыбоводство		
36													
37													
38													
39										6	Продукция		
40										2	Население		
41										-4	Окруж. среда		
42		I+A+A ² =	1	0	-1	0	-1	-1	-1	2	Животноводство		
43			1	0	-1	-1	0	-1	-1	5	Растениеводство		
44			1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	Лесное хозяйство		
45			1	0	-1	-1	-1	-1	0	=J29:J35	Рыбоводство		
46													

Рисунок 5.26 – Второй шаг имитации

Microsoft Excel - Вложение инвестиций в отрасли сельского хозяйства и охрану окружающей среды

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

Times New Roman 12

СТАНДОТКЛОН X ✓ ✓ =J39:J45+МУМНОЖ(ТРАНСП(В49:Н55);Е7:Е13)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
36													
37													
38													
39										6	Продукция		
40										2	Население		
41										-4	Окруж. среда		
42		I+A+A ² =	1	0	-1	0	-1	-1	-1	2	Животноводство		
43			1	0	-1	-1	0	-1	-1	5	Растениеводство		
44			1	0	-1	-1	-1	0	-1	2	Лесное хозяйство		
45			1	0	-1	-1	-1	-1	0	2	Рыбоводство		
46													
47													
48													
49										=J39:J45	Продукция		
50										2	Население		
51										-9	Окруж. среда		
52		I+A+A ² +A ³ =	-3	0	3	0	-1	-1	-1	-2	Животноводство		
53			-3	0	3	-1	0	-1	-1	2	Растениеводство		
54			-3	0	3	-1	-1	0	-1	-2	Лесное хозяйство		
55			-3	0	3	-1	-1	-1	0	-2	Рыбоводство		
56													
57													

Рисунок 5.27 – Третий шаг имитации

Результаты по итогам трех шагов имитации следующие, рисунок 5.28.

	Через 1 год	Через 2 года	Через 3 года
Продукция	1	6	11
Население	1	2	2
Окруж. среда	1	-4	-9
Животноводство	V(1)= 1	V(2)= 2	V(3)= -2
Растениеводство	3	5	2
Лесное хозяйство	1	2	-2
Рыбоводство	1	2	-2

Рисунок 5.28 – Результаты имитации

Примечание. Красным цветом выделена та вершина, изменение значений которой при проведении импульсного моделирования больше всего интересует исследователя (в данном случае это продукция сельского хозяйства).

Рассмотрение остальных вариантов вложения инвестиций проводится аналогичным образом.

Для выработки решения по инвестированию, были рассмотрены три стратегии, содержащие по пять сценариев вложения инвестиций и проведено импульсное моделирование, после которого отобраны наиболее перспективные стратегии, рисунок 5.29.

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

Объемы сельскохозяйственной продукции Ростовской области при различных вариантах инвестирования в развитии, рисунок 5.30.

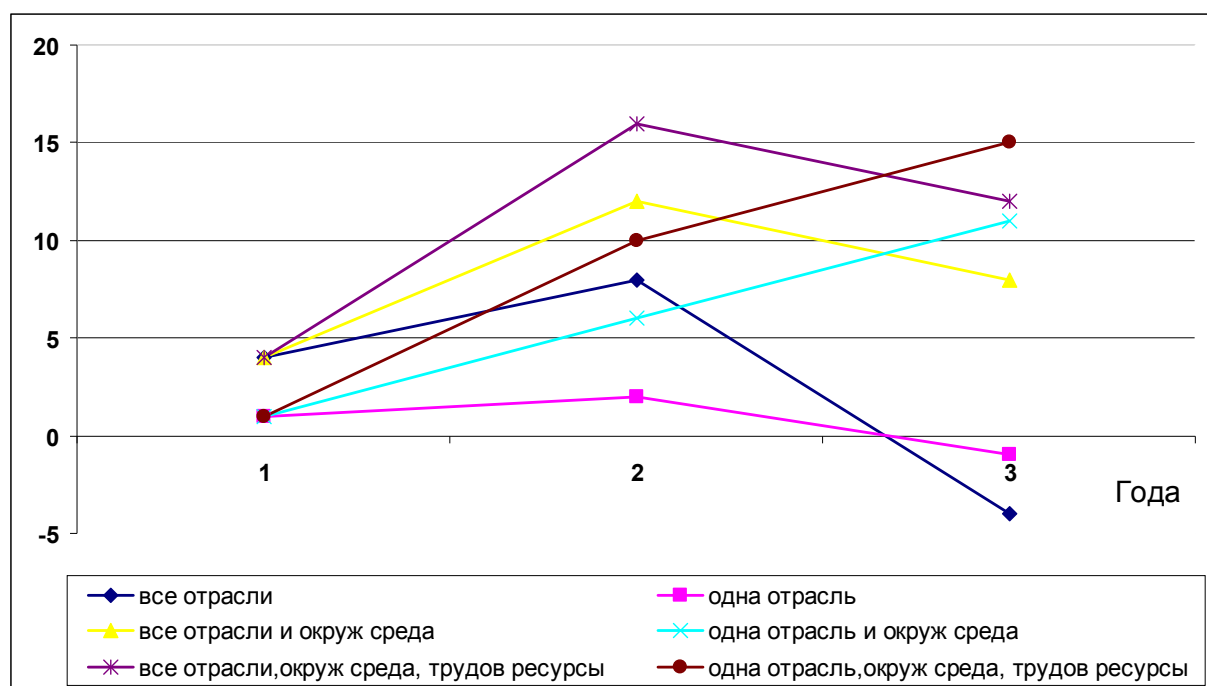


Рисунок 5.30 – Изменение объемов сельскохозяйственной продукции РО

По результатам проведенного импульсного моделирования с целью выявления наиболее перспективных направлений вложения инвестиций в развитие сельского хозяйства Ростовской области, которое оценивается по конечному объему произведенной данным сектором экономики продукции, можно сделать следующие выводы.

Если рассматривать прогноз на ближайшие два года, то наиболее выгодно вкладывать инвестиции в охрану окружающей среды, рост трудовых ресурсов (улучшение условий их жизни) и во все отрасли сельского хозяйства, что даст увеличение объема сельскохозяйственной продукции на 16 условных единиц. Однако при этом уже к концу третьего года наблюдается его падение. Поэтому стоит рассматривать прогноз на ближайшие три года. В этом случае наиболее выгодным является вариант вложения инвестиций в одну из отраслей сельского хозяйства, в охрану окружающей среды и в рост численности трудоспособного населения, занятого в сельском хозяйстве, в результате чего происходит увеличение объема сельскохозяйственной продукции на 15 условных единиц.

5.4.3 Моделирование развития энергетической подсистемы с целью стратегического управления (энергетическая безопасность)

Объектом исследования является социально-экономическая система Ростовской области. Предметом исследования ее энергетическая подсистема. Основные показатели энергетической подсистемы: энергетические мощности, потребление энергии, стоимость энергии (кВт/ч), население, число рабочих мест, количество предприятий, состояние окружающей среды. В процессе решения задачи сформировались следующие этапы: построение когнитивной модели, анализ модели на устойчивость, импульсное моделирование, инвестирование, выработка управленческих решений. Рассмотрим их [62, 70].

Отправной точкой послужила известная когнитивная карта Ф.С. Робертса для анализа проблемы потребления электроэнергии, рисунок 5.31.

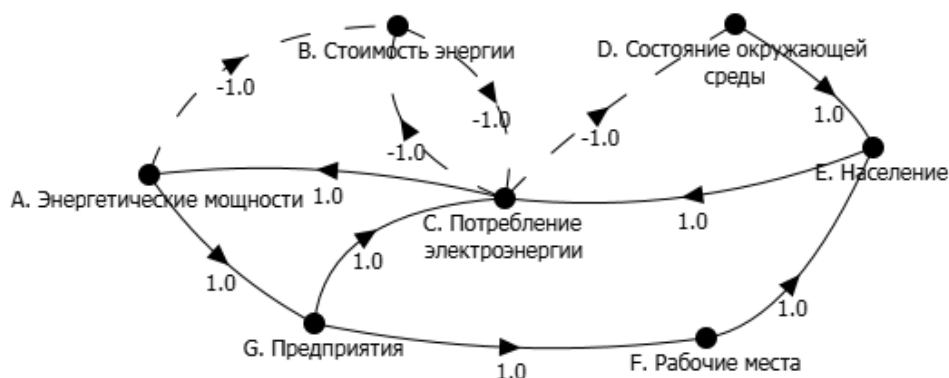


Рисунок 5.31 – Когнитивная модель энергетической подсистемы

Анализируя данную когнитивную карту, следует заметить. В системе можно выделить пять контуров: $CBC(+)$, $CDEC(-)$, $ABCA(+)$, $CAGC(+)$, $AGFECA(+)$. Причем контур $CDEC$ противодействует отклонению, т.е. увеличение значения любой переменной, входящей в этот контур, через другие переменные контура, в результате, приведет к уменьшению данной переменной и наоборот.

Например, чем больше потребление энергии, тем хуже состояние окружающей среды, чем хуже состояние окружающей среды, тем меньше население, и т.д., а контуры $ABCA$ и $AGFECA$ усиливают отклонение; более того, такое же действие оказывают все контуры, содержащие вершину A . Например,

чем больше энергетические мощности, тем меньше стоимость электроэнергии; чем меньше стоимость электроэнергии, тем больше энергии потребляется и т.п.

Таким образом, четыре из пяти контуров являются контурами положительной обратной связи и усиливают отклонение. Можно заключить, что система является неустойчивой. Вычислим собственные числа: $\lambda=1,4291; 0,9246; 0,713$. Т.е. нашлось число >1 . Это говорит о том, что взвешенный орграф импульсно и абсолютно неустойчив для некоторого простого импульсного процесса.

Анализ модели на устойчивость. Необходимо осуществить поиск стратегий для достижения импульсной и абсолютной устойчивости, для чего воспользуемся двумя методами: вычисление собственных значений и теорема о розах. Пропуская некоторые теоретические и аналитические выкладки, скажем, что имеет смысл изменить знак дуги (CB) с минуса на плюс и выяснить, будет ли устойчивым полученный орграф. Находим характеристический многочлен для этого нового орграфа вида:

$$C(\lambda) = \det (W-\lambda I) = -\lambda^2(\lambda^5 + \lambda^3 - \lambda^2 - 1) = -\lambda^2(\lambda-1)(\lambda^2+1)(\lambda^2+\lambda+1).$$

$$\text{Собственные значения равны } 0, 0, 1, i, -i, -1/2 + i\sqrt{3}/2, -1/2 - i\sqrt{3}/2.$$

Воспользуемся выводами, полученными в [167]. Так как полученные собственные значения отличные от нуля не равны между собой и максимальное среди них по модулю = 1, то по теореме 4.7 [167], новый взвешенный орграф импульсно устойчив для всех простых импульсных процессов. Что означает ограничение на изменение значений импульсов в вершинах при введении в систему начального импульса. Следовательно, предложенная стратегия, заключающаяся только в изменении расценок (дуга CB) не оптимальна. Эта стратегия станет абсолютно стабилизирующей, если произвести совместно еще одно изменение – изменение знака дуги (AG) с «+» на «-». Тогда при изменении знаков дуг (CB) и (AG) на противоположные имеем,

$$C(\lambda) = -\lambda^2(\lambda^5 + \lambda^3 + \lambda^2 + 1) = -\lambda^2(\lambda+1)(\lambda^2+1)(\lambda_2 - \lambda + 1), \text{ а собственные значения равны:}$$

$0, 0, -1, i, -i, 1/2 + i\sqrt{3}/2, 1/2 - i\sqrt{3}/2$. И взвешенный орграф для всех простых импульсных процессов становится импульсно и абсолютно устойчив. К сожалению, на практике это политика приведет к вынужденному закрытию некоторых предприятий, поэтому такую модель нельзя назвать адекватной.

Определим стратегии следующим образом. Взвешенный орграф на рисунке 5.31 является обобщенной розой с центральной вершиной C . В орграфе имеется по одному контуру с длинами $= 2$: BCB и $= 5$: $AGFECA$ и три контура длиной $= 3$: $ABCA, AGCA, DECD$.

Следовательно, при любом изменении знаков имеем $a_1=0, a_2=\pm 1, a_3=\pm 1$ или $a_3=\pm 3, a_4=0, a_5=\pm 1$. Чтобы обеспечить импульсную или абсолютную устойчивость, согласно теоремам 4.9-4.11 из [167], a_i должны равняться $(-a_s) a_{s-1}$ при $i = 1, 2, 3, 4$ и $a_1+a_2+a_3+a_4+a_5 \neq 1$. Эти условия необходимы, но не достаточны, однако с их помощью можно определить потенциальные стратегии. Единственными числами, удовлетворяющими этим условиям, являются $a_2=a_3=a_5=-1$. В частности, чтобы получить $a_2=-1$, необходимо изменить знак одной из дуг: либо (CB) , либо (BC) . Для получения значений $a_3=-1$ и $a_5=-1$, необходимо изменить знак дуги (CB) или (AG) . При этом, знак дуги (BC) был изменен, то мы можем получить $a_3=-1$ и $a_5=-1$, лишь изменяя знак одной из дуг: либо дуги (GF) , либо дуги (FE) . Никакие другие изменения не приведут к этому. Таким образом, выявлены возможные стратегии для достижения импульсной и абсолютной устойчивости во взвешенном орграфе, изображенном на рисунке 5.32, для этого необходимо изменить знаки над парами дуг и выбор следующий: рисунки 5.32, 5.33, 5.34.



Рисунок 5.32 – Устойчивый орграф 1, изменены знаки дуг (CB) и (AG)

В этой модели нашлось три $\lambda=1,0$ и два $\lambda=0,856$, т.е. нет собственных чисел, превышающих 1. Получаем, что более крупные потребители электричества должны платить больше за киловатт-час, чем мелкие.

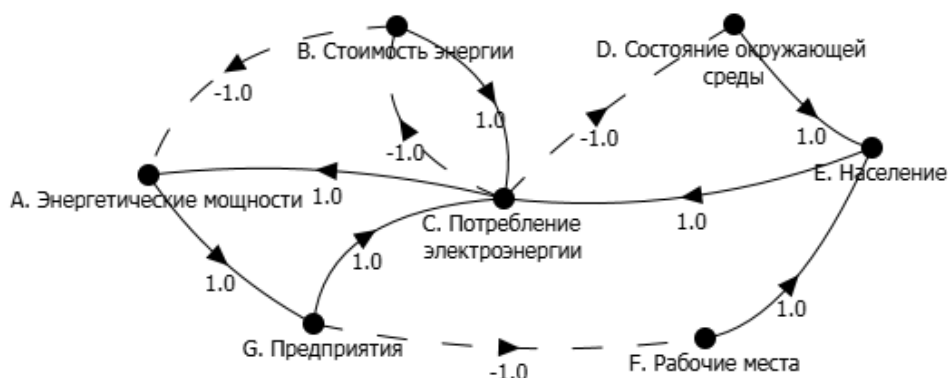


Рисунок 5.33 – Устойчивый оргграф 2, изменены знаки дуг (BC) и (GF)

Здесь также нет $\lambda>1$. При увеличении стоимости энергии, потребление энергии тоже будет увеличиваться и при увеличении количества предприятий должно уменьшиться число рабочих мест.



Рисунок 5.34 – Устойчивый оргграф 3, изменены знаки дуг (BC) и (FE)

Здесь также нет $\lambda>1$. При увеличении стоимости энергии, потребление энергии тоже будет увеличиваться и при увеличении числа рабочих мест уменьшается численность населения. Заметим, что оргграфы на рисунках 5.33 и 5.34 не соответствуют реальности, т.е. в погоне за поиском правильного математического решения, мы теряем адекватность, что недопустимо и подчеркивает важность участия эксперта при разработке модели. Поэтому для дальнейших исследований мы используем устойчивый взвешенный оргграф 1, представленный на рисунке 5.32.

Следующий этап – проведение импульсного моделирования согласно модели (2.9–2.11). Рассмотрим основные показатели, характеризующие энергетическую подсистему социально-экономической системы Ростовской области по данным официальной статистики за 2010 год, таблица 5.7.

Таблица 5.7 – Показатели, характеризующие энергетическую подсистему СЭС РО

Наименование показателя	Значения, 2010 г.
энергетические мощности (число электростанций, шт.)	8
потребление энергии (млрд.кВт•ч)	16,65
стоимость энергии (руб/кВт•ч)	2,8
населенность (млн.чел.)	4,2295
число рабочих мест (млн.шт.)	2,199
количество предприятий (тыс.шт.)	16,799
состояние окружающей среды (от 0 до 10)	6

Для автоматизации проведения импульсного моделирования и прогноза развития энергетической подсистемы Ростовской области разработана программа на языке С# «GraphTask», подробное описание которой представлено в приложении 3. Уточним, что количество предприятий приведено по следующим видам экономической деятельности: обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, строительство.

Предлагаются следующие стратегии развития отраслей экономики Ростовской области следующие:

- 1) более крупные потребители электричества должны платить больше за киловатт-час, чем мелкие и модернизация электростанций непосредственно вынуждает некоторые предприятия прекращать работу;
- 2) не учитывать при инвестировании связь между потреблением энергии и стоимостью энергии.

Применим разработанную модель для оценки последствий долгосрочного инвестирования, как следствие, стратегического развития региона на 5 лет. В рамках двух стратегий рассматривалось по 6 сценариев развития. Все последующие иллюстрации с решением получены с помощью разработанного программного модуля «GraphTask». Простые и комплексные активные вершины

были отобраны с помощью анализа КМ на наличие четких баз, аналогично алгоритму из п.4.4

Рассмотрим первую стратегию и самые актуальные инвестиции, благодаря которым возможно улучшение одних из самых важных показателей, таких как состояние окружающей среды, населенность. Инвестор может осуществлять свою политику, распределяя средства одним из следующих способов: вложив все средства в один компонент энергетической подсистемы, например, в охрану окружающей среды или распределив средства между несколькими компонентами.

1.1. Инвестиции на охрану окружающей среды - улучшение показателя на 5%.
Импульс = (0;0;0;0;0;0;0,3).

1.2. Инвестиции на модернизацию 1,25% электростанций.
Импульс=(0,1;0;0;0;0;0;0), рисунок 5.35.

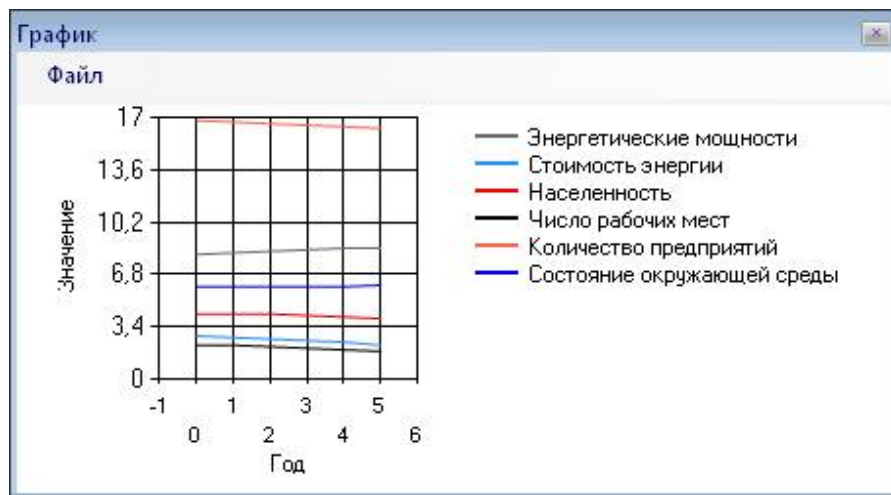


Рисунок 5.35 – Сценарий 1.2

1.3. Инвестиции на модернизацию 2% крупных предприятий.
Импульс=(0;0;0;0;0;0,33598;0), рисунок 5.36.

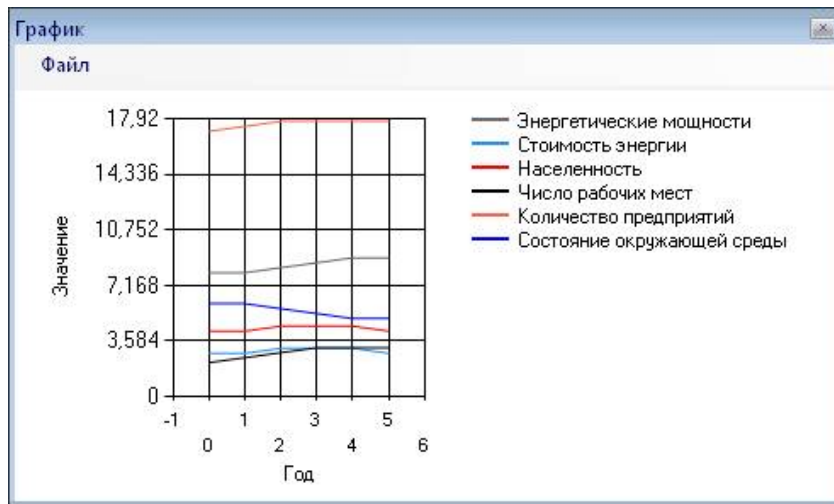


Рисунок 5.36 – Сценарий 1.3

1.4. Инвестиции на охрану окружающей среды (улучшение показателя на 2,5%) и инвестиции в модернизацию 1% крупных предприятий. Импульс = (0;0;0;0;0;0,16799;0,15), рисунок 5.37.

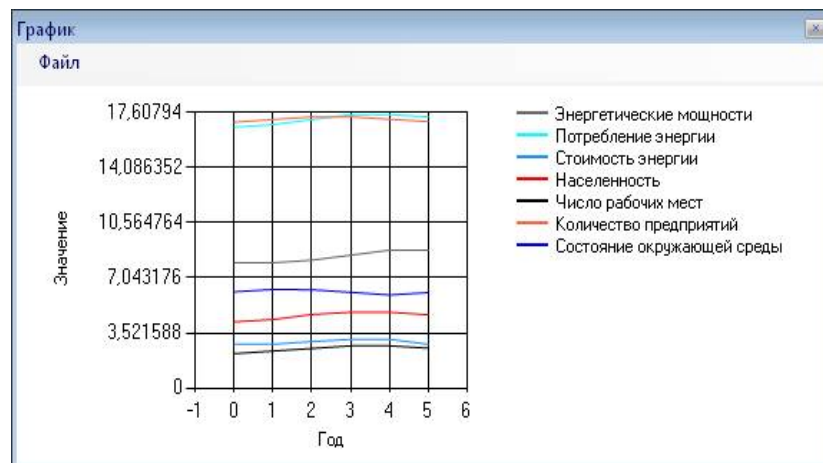


Рисунок 5.37 – Сценарий 1.4

1.5. Инвестиции в модернизацию 1% крупных предприятий и инвестиции, направленные на увеличение численности населения на 5%. Импульс = (0;0;0;0,211475;0;0,16799;0).

1.6. Инвестиции на охрану окружающей среды (улучшение показателя на 3%), инвестиции на модернизацию 1% электростанций и инвестиции, направленные на увеличение численности населения на 3%. Импульс = (0,08;0;0;0,126885;0;0;0,18).

Увеличение в %, полученные в результате применения шести сценариев в рамках стратегии 1 по всем показателям сведены, таблица 5.8.

Таблица 5.8 – Сводная таблица показателей по стратегии 1

Увеличение, %	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Показатели						
Энергетические мощности	7,5	3,7	12	10	8,9	8,9
Потребление энергии	1,8	-1,2	3,8	2,9	2	0,1
Стоимость энергии	0	-18,5	0	0	-7,6	-19
Население	13	-7	0	6,9	4,5	5,3
Рабочие места	-13,6	-18	25	7,9	-3,7	-3,4
Предприятия	-3,7	-2,4	1,8	-0,8	-1,5	-5,6
Состояние окружающей среды	9	1,7	-16	-3,24	-11,9	4,9

Рассмотрим вторую стратегию. Особое внимание уделим комплексным вложениям, отражающим распределение суммы инвестиций.

2.1. Инвестиции на охрану окружающей среды - улучшение показателя на 5%.

Импульс = (0;0;0;0;0;0;0,3).

2.2. Инвестиции на модернизацию 1,25% электростанций. Импульс = (0,1;0;0;0;0;0;0).

2.3. Инвестиции на модернизацию 1% крупных предприятий, инвестиции на охрану окружающей среды (улучшение показателя на 3%). Импульс = (0;0;0;0;0;0,16799;0,18).

2.4. Инвестиции на охрану окружающей среды (улучшение показателя на 1,5%), на модернизацию 1% крупных предприятий и инвестиции, направленные на увеличение численности населения на 2%. Импульс = (0;0;0;0,08459;0;0,16799;0,09), рисунок 5.38.

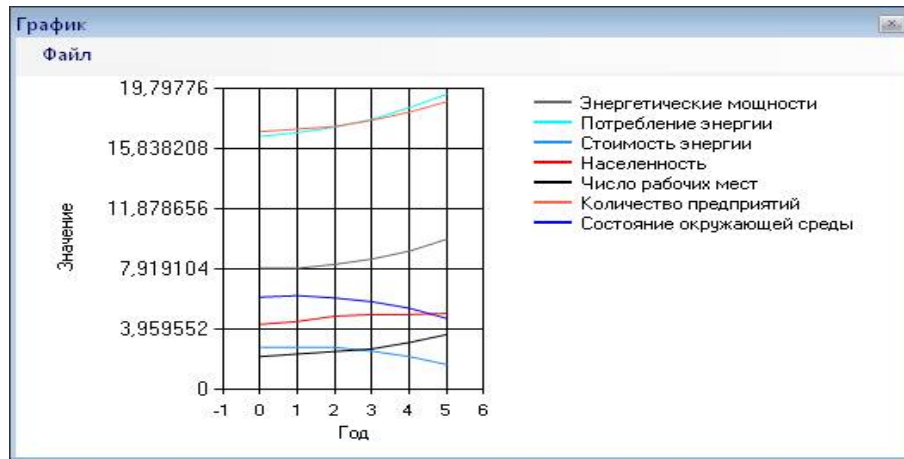


Рисунок 5.38 – Сценарий 2.4

2.5. Инвестиции на модернизацию 1% крупных предприятий и инвестиции, направленные на увеличение численности населения на 4%. Импульс = $(0;0;0;0,16918;0;0,16799;0)$, рисунок 5.39.

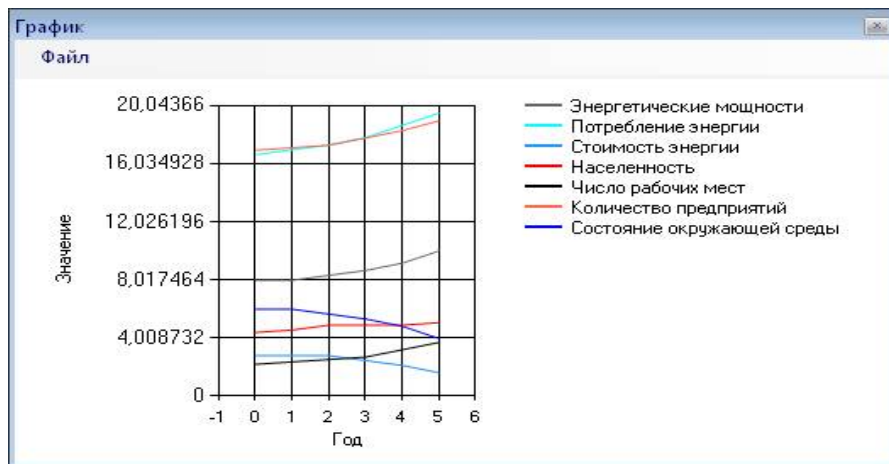


Рисунок 5.39 – Сценарий 2.5

2.6. Инвестиции на модернизацию 1% электростанции и инвестиции, направленные на увеличение численности населения на 4%. Импульс = $(0,08;0;0;0,16918;0;0;0)$.

Увеличение в %, полученные в результате применения шести сценариев в рамках стратегии 2 по всем показателям сведены в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 – Сводная таблица показателей по стратегии 2

Увеличение, %	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
Показатели						
Энергетические мощности	11,25	13,4	21	24	25	21
Потребление энергии	9	7,2	14	15	15	12
Стоимость энергии	-21,4	-30	-37	-40	-42	-42
Население	13	-2,4	12	12	11	5,7
Рабочие места	13,6	27	50	54	57	37
Предприятия	3,6	4,7	10	11	11	6,7
Состояние окружающей среды	4,5	-11,7	-16	-24	-33	-23

Выработка управленческих решений. Проанализируем результаты прогнозирования, рассмотрев все полученные сценарии, где символом «звездочка» обозначены значения показателей, через 5 лет превышающие исходные значения.

Стратегия 1. Если более крупные потребители электричества будут платить больше за киловатт-час, чем мелкие и вследствие модернизации электростанций некоторые предприятия будут прекращать работу, то состояние показателей энергетической подсистемы социально-экономической системы Ростовской области через пять лет при различных инвестициях следующее, рисунок 5.40.

Сводная таблица:						
Показатели	1	2	3	4	5	6
Энергетические мощности	8,6	8,5	8,96	8,80397	8,715445	8,8868
Потребление энергии	16,95	16,45	17,61	17,30397	17,365445	16,7968
Стоимость энергии	2,8	2,2	2,8	2,8	2,588525	2,1932
Населенность	5,1295 ★	3,9295	4,2295 ★	4,6795 ★	4,863925 ★	4,9099 ★
Число рабочих мест	1,899	1,799	3,159	2,55297	2,28002	1,4454
Количество предприятий	16,199	16,299	17,759	17,00297	16,88002	15,7854
Состояние окружающей среды	7,2 ★	6,1 ★	5,04	6,09603 ★	5,284555	6,6732 ★

Рисунок 5.40 – Сводные данные по стратегии 1

Стратегия 2. Если при инвестировании не учитывать влияние потребления электроэнергии на стоимость энергии, то состояние показателей энергетической

подсистемы социально-экономической системы Ростовской области через пять лет при различных инвестициях следующее, рисунок 5.41.

Сводная таблица:						
Показатели	1	2	3	4	5	6
Энергетические мощности	8,9	9,3	9,71593	9,89888	10,02183	9,8859
Потребление энергии	18,15	17,85	19,2299	19,42203	19,51416	18,79426
Стоимость энергии	2,2	1,9	1,76804	1,67427	1,6205	1,57246
Населенность	5,1295 ★	4,1295	4,93749 ★	5,03585 ★	5,07421 ★	4,82622 ★
Число рабочих мест	2,499	2,799	3,55493	3,64411	3,71329	3,01736
Количество предприятий	17,399	17,699	18,8389	18,93267	18,98644	18,02654
Состояние окружающей среды	6,9 ★	5,3	5,36407	4,70112	3,97817	4,5941

Рисунок 5.41 – Сводные данные по стратегии 2

Акцентируя внимание на наиболее важные, показатели: окружающая среда и население и руководствуясь принципом рентабельности, получаем наиболее выгодные возможности вложения средств, это стратегии, рисунок 5.42.

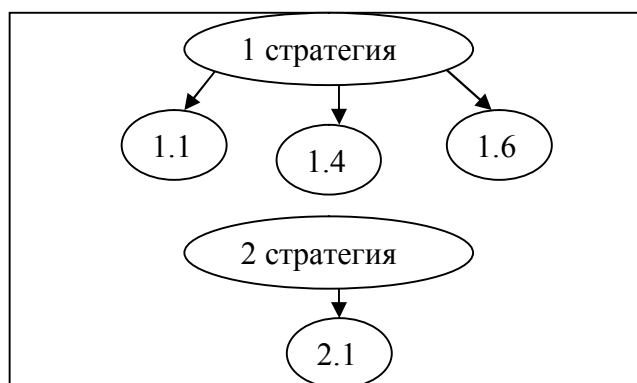


Рисунок 5.42 – Выгодные возможности вложения средств

Таким образом, инвестору для наилучшего развития энергетической подсистемы социально-экономической системы Ростовской области необходимо осуществлять следующие вложения:

- инвестиции, направленные на охрану окружающей среды, сценарий 1.1;
- инвестиции, комплексно направленные на охрану окружающей среды и на модернизацию крупных предприятий, сценарий 1.4;
- инвестиции, комплексно направленные на охрану окружающей среды, на модернизацию электростанции и инвестиции, направленные на увеличение численности населения, сценарий 1.6.

Итогом проведенного исследования являются следующие результаты. Разработана когнитивная модель энергетической подсистемы СЭС РО; модель проанализирована на устойчивость и скорректирована с учетом результатов анализа; разработан программный модуль для автоматизации проведения импульсного моделирования; проанализирована энергетическая подсистема РО; проведено импульсное моделирование (одиночными и комплексными импульсами); выработаны оптимальные стратегии развития подсистемы с учетом инвестиций для устойчивого развития экономики региона. Результаты данных аналитических расчетов могут использоваться органами региональной власти для выработки грамотных и обоснованных управленческих решений с целью социально-экономического развития региона.

5.4.4 Применение технологии когнитивного анализа для выработки тарифной политики в сфере энергетики

В настоящее время экономика России продолжает находиться в состоянии реформирования, которое началось более 25 лет назад. Однако, как и в середине 90-х прошлого столетия, так и сейчас некоторые характеристики сохранены. Административно-командная система регулирования народным хозяйством проявляется и сейчас в менталитете многих управленцев, в отсутствии достаточной культуры предпринимательства, в недостаточной системе поддержки предпринимательства как малого, так и крупного бизнеса, устаревшие производственные ресурсы, требующие серьезной модернизации и мн. др. Высокие кредитные ставки, нестабильность бивалютной корзины обостряют проблему платежеспособности, как следствие проявляются предпосылки массового банкротства предприятий.

Однако нельзя не отметить, что существуют инструменты, позволяющие избежать пессимистического сценария. На многих крупных предприятиях современной России организуются аналитические отделы и специалисты в области экономического и финансового мониторинга отслеживающие, ситуацию

на рынке, могут предложить управленческим кадрам грамотные решения, позволяющие сохранять стабильность в развитии предприятия.

Прогнозирование хозяйственной деятельности и финансового состояния предприятия на основе моделирования ситуации - вот современный научный инструмент, позволяющий предсказать кризисные ситуации в деятельности предприятия и экономики в целом.

Ежегодное повышение цен на энергоресурсы в пределах 10-15%, введение так называемой социальной нормы потребления электроэнергии в семи пилотных регионах России с 01.09.2013 г. среди которых и Ростовская область частично уже повлекло за собой дестабилизацию цен, как на энергоресурсы, так и на все товары, где это повышение является вторичным проявлением, и затрудняет процессы стабилизации проводимых в экономике преобразований, влечет за собой снижение социального уровня жизни населения, например, по оценке экспертов, после введения социальной нормы, серьезное повышение уровня оплаты за услуги ЖКХ ощутили на себе порядка 30% населения, а сам рост составил порядка 40%. А ведь именно цены на энергоресурсы являются тем катализатором, который определяет ценовую политику во всех секторах народного хозяйства. В связи с этим, выработка аналитически обоснованных решений по установлению экономически выгодных тарифов как для населения, так и для производителя, является актуальным направлением. А инструментом, который позволит объединить множество взаимосвязанных факторов, влияющих на процесс тарифообразования в условиях неполноты информации, выступит когнитивный анализ [72].

Технология когнитивного анализа процесса тарифообразования в энергетической подсистеме региональной СЭС включает следующие этапы: системное исследование проблемы; построение когнитивной модели; структурный анализ построенной модели; имитационное моделирование.

В когнитивном анализе процесса тарифообразования для структуризации знаний об исследуемой проблеме предлагается использовать традиционные инструменты маркетинга и менеджмента: PEST-анализ (или STEP) – инструмент,

предназначенный для выявления политических (Political), экономических (Economic), социальных (Social) и технологических (Technological) факторов, определяющих ситуацию на рынке энергоресурсов региона, расширив такими существенными для энергосистемы факторами как законодательные (Legislation) и экологические (Ecology), получим инструмент структуризации знаний – STEPLE-анализ; плюс традиционная SWOT методика.

Применение такого объединенного инструмента позволит определить базисные факторы, характеризующие слой взаимодействия ситуации и внешней среды, и установить качественные (причинно-следственные) связи между ними.

Построение когнитивной модели формирования тарифов на энергию для населения. Рассмотрим когнитивную модель формирования тарифов на энергию для населения с выделенными для данного процесса значимыми факторами, построенную с учетом мнений экспертов, рисунок 5.43 [72].

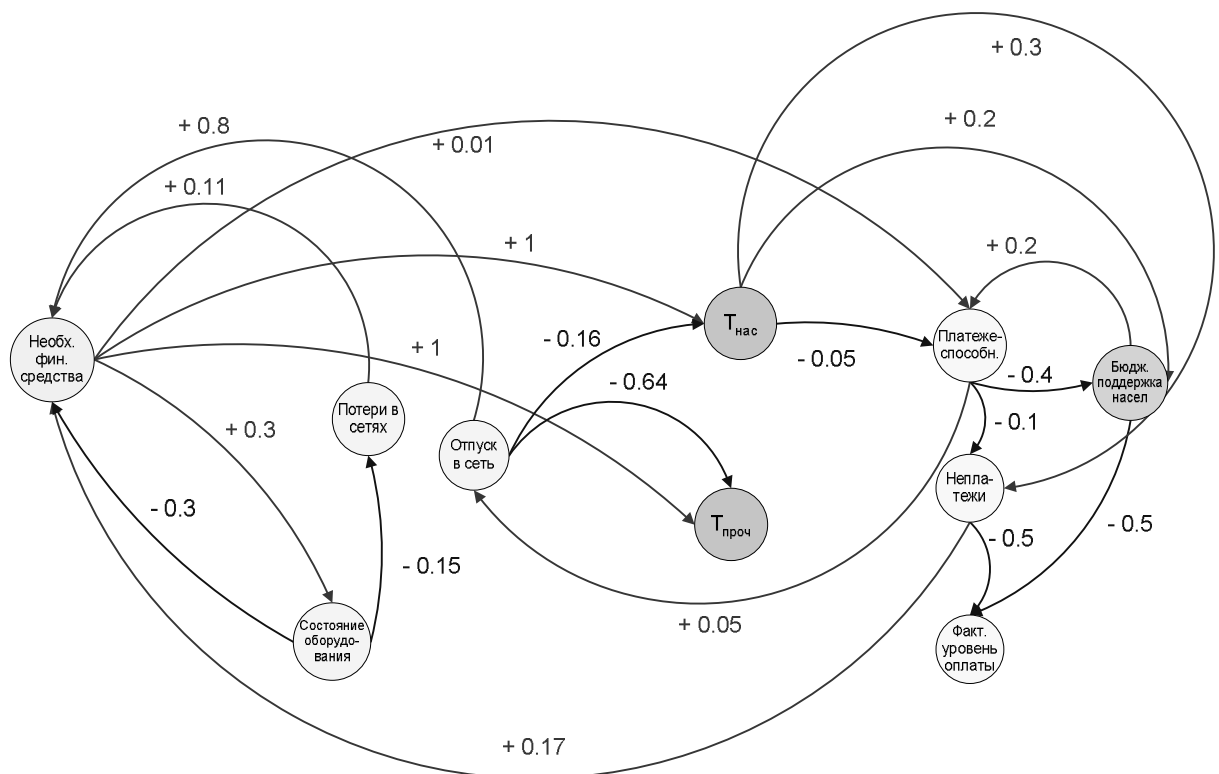


Рисунок 5.43 – Фрагмент когнитивной модели формирования тарифов на энергию для населения

Рассмотрим основные моменты ее построения. На этапе построения когнитивной модели необходимо конкретизировать взаимосвязи и взаимовлияние выделенных факторов проблемной ситуации. Особенность построения модели

заключается в том, что в неструктурированных проблемных областях, в которых применимы ситуационное управление и когнитивный анализ, только часть причинных связей может быть подвергнута объективной проверке. Связи факторов, которые не подкреплены объективными причинами, конкретизируются с привлечением экспертов по предметной области.

В первую очередь определяется наличие достоверных причинных связей между значимыми факторами, выделенными на этапе системного описания проблемной ситуации, затем правдоподобных и гипотетических, количество которых определяет степень структурированности проблемной ситуации.

После поиска связей между факторами, влияющими на процесс тарифообразования, необходимо определить вид: положительная или отрицательная и силу связи, для чего возможно использование трех инструментов: корреляционный анализ и рассчитанный коэффициент корреляции позволит определить знак (направление связи), а значение – силу. Данный подход возможен только для тех факторов, для которых имеется ретроспективная статистическая база, описывающая состояние объекта за некоторый период и достаточный объем информации для проведения такого анализа, в случае неполноты информации, возможно использование экспертных оценок и применение SWOT-анализа.

После уточнения наличия связей между факторами, их вида и силы, для построения когнитивной модели формирования тарифов предлагается использовать естественный для человека инструмент анализа – графовые модели. Наглядность и простота восприятия такого вида моделей делает их удобным средством иллюстрации различных процессов и явлений, их исследования и выдвижения предположений относительно поведения исследуемых объектов, выраженных посредством указанных соотношений, облегчает понимание ситуации и способствуют принятию эффективных решений [118].

Для оценки последствий принятых решений в процессе тарифообразования будем использовать имитационное импульсное моделирование. Импульсами для построенной выше модели, например, могут служить: изменение бюджетной

поддержки населения, ухудшение состояния оборудования, рост необходимых финансовых средств для производства и передачи энергии в связи с увеличением цен на топливо.

Анализ последствий изменения факторов тарифообразования с использованием когнитивной модели. Построенная когнитивная модель, была использована для анализа взаимовлияния факторов формирования тарифов на энергию для населения. В качестве внешних импульсов могут выступать: рост цены на топливо, приводящий к 10% изменению необходимых для производства энергии средств; улучшение состояния оборудования энергетической сферы на 10%. Влияние этих импульсов на уровень жизни населения приведены ниже, рисунок 5.44.

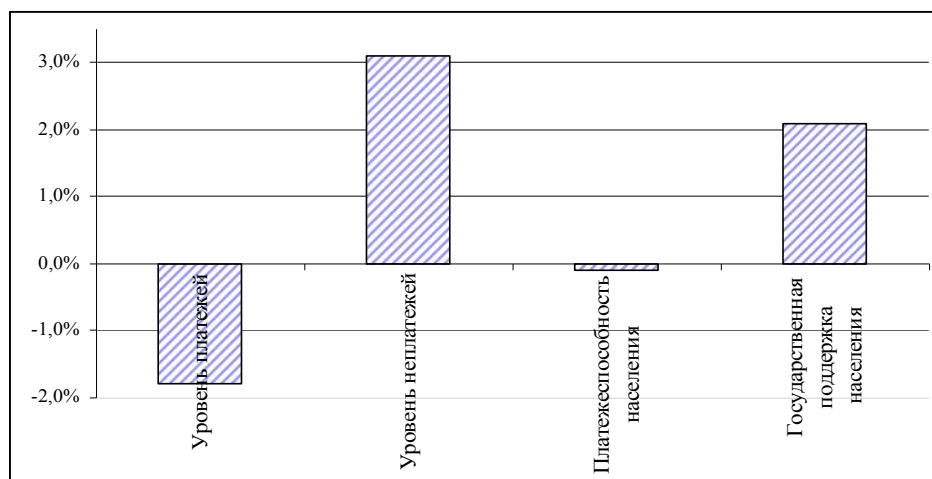


Рисунок 5.44 – Изменение показателей социальной сферы

Согласно проведенным исследованиям, 10%-ое увеличение средств, необходимых для производства электрической энергии, приводит к уменьшению фактического уровня оплаты энергии на 1,8%, при этом платежеспособность населения остается практически неизменной, так как увеличение тарифов, компенсируется государственной поддержкой населения. Такое изменение возможно через взаимосвязь факторов. Также, увеличение тарифов на 10% при неизменных внешних условиях неизбежно влияет на рост неплатежей на 3,1%, а следовательно и на объем недополученного энергоснабжающими организациями дохода. Улучшение же состояния оборудования электроэнергетики существенно не повлияет на снижение неплатежей, то есть на модели подтверждается

утверждение о том, что одними из решающих факторов при инвестировании в отрасль является наличие растущего рынка сбыта [72]. В результате такого анализа подтверждается, что необходимо соотносить темпы роста тарифов на энергоресурсы, темпы роста доходов и объемы государственной поддержки населения, причем с учетом вводимой социальной нормы потребления электроэнергии, с учетом географического расположения региона, и с обязательным учетом показателей по отдельным группам социально незащищенного населения.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- технология когнитивного анализа обладает преимуществами по сравнению с традиционными инструментами управления в условиях неполной и слабоструктурированной информации о предметной области, а также при необходимости представления проблемной ситуации не специалистам по предметной области;
- позволяет делать оценки последствий принятия решений как минимум на качественном уровне и заслуживает внимания в практике управления на самых различных уровнях и задачах;
- точность получаемых оценок вполне приемлема, а их качество подтверждается сопоставлением с ретроспективными данными официальной статистики в соответствии с принятым 5% уровнем ошибки, с учетом мнения экспертов;
- в технологии когнитивного анализа могут быть органично использованы результаты применения иных эконометрических методов – статистических, балансовых, искусственного интеллекта;
- предложенная технология может быть адаптирована к применению в различных регионах России без масштабных изменений.

Приведенные результаты методологии выработки управленческих решений для устойчивого развития СЭС на основе когнитивного подхода для целей выработки грамотных управленческих решений в сфере тарифной энергополитики региона подтверждают актуальность разработки систем принятия решений на основе когнитивного подхода.

Выводы

Состояние национальной безопасности Российской Федерации напрямую зависит от экономического потенциала страны и эффективности функционирования системы национальной безопасности. Приоритетами устойчивого развития страны в целом и ее регионов являются: экономический рост, наука, технологии, образование, здравоохранение, экология и рациональное природопользование, повышение качества жизни.

Глава пятая посвящена описанию практических решений, полученных в результате применения разработанной технологии для выработки оптимальных сценариев устойчивого и безопасного развития региональной СЭС на примере Ростовской области.

1. Описана иерархическая структура системы экономической безопасности, проникающая во все эшелоны структуры СЭС, например по одной из граней пирамиды. На соответствующих эшелонах выделены и описаны глобальные факторы и критерии экономической безопасности РФ, и три группы угроз экономической безопасности, детализировано понятие экономической безопасности отдельного предприятия. Такая модель позволяет описывать состояние экономики на макро и микро уровнях, проводить анализ и прогноз, и, как результат, определять оптимальные приоритеты стратегии экономической безопасности государства в целом.

2. Построена многослойная нечеткая когнитивная модель взаимодействия стран для выявления «положительных» и «отрицательных» путей между ними.

3. На основе когнитивного подхода, разработана модель для анализа и совершенствования функционирования организационных структур пожарной и радиационной безопасности АЭС, позволяющая учитывать степень влияния различных показателей функционирования организационной структуры на состояние безопасности АЭС. Выделены концепты нечеткой когнитивной модели организационно-управленческой структуры управления АЭС, установлена их системная взаимосвязь. Даны управленческие рекомендации.

4. Рассмотрены три системообразующие подсистемы: демография, сельское хозяйство (с/х) и энергетическая подсистема.

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.

Построена когнитивная модель подсистемы сельского хозяйства РО с целью разработки и выбора управленческого решения по инвестированию отраслей с/х области. Построены две когнитивные карты для моделирования ситуации в сфере выработки тарифной политики в отрасли энергоснабжения и инвестирования энергетики. Построение импульсной модели развития энергетической подсистемы сопровождается следующими этапами: построение когнитивной модели, анализ модели на устойчивость, импульсное моделирование, выработка управленческих решений.

Результаты данных аналитических расчетов могут использоваться органами власти субъекта РФ для выработки грамотных управленческих решений с целью безопасного и устойчивого социально-экономического развития региона.

Важно отметить, когнитивное моделирование таких организационных систем, как социально-экономические, позволяет выделить факторы и связи между ними, ранее не учитывающиеся в существующих моделях ввиду предположения об их несущественности и/или неучтенности.

Заключение

Объекты, к которым сейчас применяются математические идеи, намного сложнее привычных объектов, традиционно изучавшихся математическими методами. Центральным звеном управления в этих новых объектах, как правило, является человек, характеризующийся всей гаммой потребностей, мотивов и целей, недоступных для полного анализа даже ему самому. Поэтому все чаще в моделировании звучит термин когнитивность – познание (англ. cognition), а самопознание носит междисциплинарный характер.

В отличие от исторически сложившегося видения, что описать социально-экономическую систему можно только функциональными связями и моделями, сегодня в век компьютеризации, автоматизация анализа причинно-следственных связей дает нам возможность говорить, не просто о научном прогнозировании развития ситуации, а об абсолютно адекватном моделировании и получении научно-обоснованного ответа на вопрос «что будет – если».

Можно сказать, что в условиях неопределенности, именно когнитивная модель – это средство структуризации и поддержки принятия решения при отсутствии статистической информации в достаточном объеме для стандартных методов, и для построения которых используются экспертные оценки.

Субъективные оценки являются важным шагом на пути к познанию явлений. Если какая-либо ситуация не уточнена, но утверждается, что она лучше другой, то совершается переход к более высокой ступени познания. Когда же говорят, что некоторое событие более «возможно» в будущем, открывается фундаментальная область для перспектив обоснования и выбора решений. При этом субъективное знание может подвергаться всевозможным логическим проверкам и существенно оказывается различие между нечеткостью и неточностью. Нечеткое, размытое не обязательно является неточным. Теория нечетких множеств группирует нечеткие, но точные знания. Мышление человека по своей природе неточно, и человек привык оперировать, как говорят, «размытыми» понятиями, однако необходимо представить наше мышление четкими

логическими положениями, так как, в отличие от человека, компьютеру необходимо задать точную формулировку задачи и критериев для ее решения.

В реальной жизни встречаются объекты, определение которых вызывает затруднения. Для них могут быть получены только субъективные оценки. Имея в виду, что цель науки – это, прежде всего исследование субъективных понятий, научное представление действительности во всей ее масштабности затруднено. Такая задача еще более остра для наук, описывающих действия человека, в содержании которых субъективности больше, чем объективности. И с позиций сегодняшнего дня, рассматривая любую экономическую систему необходимо помнить о том, что главным действующим лицом ее является человек, поэтому нечеткость и субъективность в этой системе присутствует по природе. Вот почему, выбраны нечеткий подход (нечеткие когнитивные модели) к описанию СЭС. В настоящее время имеется математический аппарат, который позволяет описывать действительность достаточно четко, проблема в правильности его применения.

Сфера организационного управления в социально-экономических системах поистине всеобъемлюща. Организационное управление развивается, усложняется и совершенствуется, параллельно с развитием человеческого общества. Любую организационную систему можно охарактеризовать как совокупность слабоструктурированных или смешанных проблем, для которых доминирующими являются качественные элементы. Поэтому наиболее важным является вопрос о методологии разработки формализованного описания подобной системы.

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 обоснованных управленческих решений с целью устойчивого и безопасного развития региональной 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 переложенный 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 делает 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 литературы

1. Абдуллин, А.Р. Основы глобалистики / А.Р. Абдуллин – Уфа: РИО БАГСУ, 1999. – 128 с.
2. Абрамова, Н.А. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: проблемы методологии, теории и практики / Н.А. Абрамова, З.К. Авдеева // Проблемы управления. – 2008. – № 3. – С. 85–87.
3. Абрамова, Н.А. О методах поддержки построения и верификации когнитивных карт с применением идей когнитивной графики / Н.А. Абрамова, Т.А. Воронина, Р.Ю. Порцев // Управление большими системами: сборник трудов. – 2010. – № 30-1. – С. 411–430.
4. Абрамова, Н.А. Систематизация теоретических моделей формальных когнитивных карт: общий подход и его применение / Н.А. Абрамова, З.К. Авдеева, А.А. Федотов // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2011): сборник трудов IX Межд. конф.. – М.: ИПУ РАН, 2011. С. 120-129.
5. Аверкин, А.Н. Параллельная реализация генетического алгоритма обучения нечетких когнитивных карт / А.Н. Аверкин, А.А. Паринов //Труды XIII национальной конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012: Труды конференции. Т.2.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. С. 323-329.
6. Албегов Е.В. Гомеостатика: концептуальное моделирование структурированных устойчивых систем / Е.В. Албегов, Д.В. Бутенко, Л.Н. Бутенко. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2014. – 131 с
7. Антохонова, И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов: учеб. пособие / И.В. Антохонова – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 212 с.
8. Багатурия, Г.А. О специфических особенностях научного предвидения будущего в работах Маркса и Энгельса [Электронный ресурс] / Г.А. Багатурия // Труды семинара. Неформализованные элементы системного

моделирования. М.: ВНИИСИ, Режим доступа:
http://ispu.philos.msu.ru/bagaturia_text_1.html

9. Бадьянов, В.И. Иерархия и гетерархия в системе принятия решений / В.И. Бадьянов, Ю.И. Трофимцев - М.: Дело. 2010. 225 с.
10. Баканов, М.И. Теория экономического анализа: учебник / М.И. Баканов – М.: Финансы и статистика, 2003. – 415 с.
11. Бараненко, С.П. Стратегическая устойчивость предприятия / С.П. Бараненко, В.В. Шеметов. – М.: «Центрполиграф», 2004 – 496 с.
12. Басовский, Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка / Л.Е. Басовский – М.: ИНФРА-М, 2003. – 258 с.
13. Беллман, Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л.Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений: сб. переводов под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: «МИР», 1976. – С. 172–215.
14. Белоусов, В.М. Национальная и региональная безопасность России: экономический аспект. Монография / В.М. Белоусов. - Ростов-на-Дону. Изд-во: Фонд науки и образования. 2015 г. - 128 стр.
15. Беляков, С.Л. Нечеткие методы управления потоками в геоинформационных системах / С.Л. Беляков, А.В. Боженюк, Л.А. Гинис, Е.М. Герасименко. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 176 с.
16. Бендиков, М.А. Экономическая безопасность промышленного предприятия в условиях кризисного развития / М.А. Бендиков // Менеджмент в России и за рубежом. – 2000. – №2. – С. 17-30.
17. Берштейн, Л.С. Введение в теорию нечетких графов / Л.С. Берштейн, А.В. Боженюк. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999. – 212 с.
18. Берштейн, Л.С. Нечеткие графы и гиперграфы / Л.С. Берштейн, А.В. Боженюк. – М.: Научный мир, 2005. – 256 с.
19. Бестужев-Лада, И.В. Россия в XX-XXI веках. 1917-2017. Трижды от колосса к коллапсу и обратно / И.В. Бестужев-Лада – М.: Международная Академия исследований будущего, 2008. – 224 с.

20. Блюмин, С.Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова. – Липецк, ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
21. Боженюк А.В. Нахождение живучести нечетких транспортных сетей с применением геоинформационных систем / А.В. Боженюк, И.Н. Розенберг, Д.Н. Ястребинская // – М.: Научный мир, 2012. – 176 с
22. 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.
23. 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.
24. Боженюк, А.В. Принятие решений на основе нечеткой экспертной информации: дис. ... д-ра техн. наук / А.В. Боженюк. – Таганрог, 2001. – 285 с.
25. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – М.: Изд-во «Горячая линия-Телеком», 2012. – 208 с.
26. Борисов, А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
27. Брехман, И.И. Валеология - наука о здоровье / И.И. Брехман - М.: “Физкультура и спорт”, 1990. – 208 с.
28. Бурков, В.Н. Теория графов в управлении организационными системами / В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 2001. – 124 с.
29. Бурцев, В.В. Факторы финансовой безопасности России / В.В. Бурцев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2001. – №1 – С. 55-69.
30. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: «Наука», 1968. – 356 с.
31. Бушуев В.В. Интеллектуальное прогнозирование / В.В. Бушуев, В.Н. Сокотущенко – М: ИД «Энергия», 2016 – 164 с.
32. Видяпин, В.И. Бакалавр экономики: хрестоматия. В 3 тт. / В.И. Видяпин. Москва: Триада, 1999-2004. – 2520 с.

33. Вовк, С.П. Ситуационное управление и нечеткие игры в моделировании организационных систем / С.П. Вовк - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 147с.
34. 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 Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). – Таганрог: ТРТУ, 2001. №3(21) с.171-175.
35. Вовк, С.П. 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.
36. Вовк, С.П. Определение четко доминирующих тактик для выработки альтернативных управляющих решений в условиях полной неопределенности [Электронный ресурс] / С.П. Вовк, Л.А. Гинис // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2. – 10 с. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2327>
37. 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
38. Вокуева, Т.А. Решение задачи имитационного моделирования для когнитивных карт Силова / Т.А. Вокуева // Информационные технологии в управлении и экономике, 2012, №1 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://itue.ru/?p=100>
39. Волкова, В.Н. Теория систем и системный анализ: учеб. 2-е изд., пер. и доп./ В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Изд-во Юрайт, 2017. – 462 с.
40. Волченская Т.В. Компьютерная математика: Часть 2. Теория графов / Т.В. Волченская, В.С. Князьков. – Пенза: Изд-во Пенз.унив-та, 2002. – 101 с.
41. Воронин, А.А. Оптимальные иерархические структуры / А.А. Воронин, С.П. Мишин. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 214 с.
42. Гвишиани, Д.М. Римский клуб. История создания, избранные доклады и выступления, официальные материалы / Д.М. Гвишиани – М.: УРСС, 1997. – 384 с.

43. Геоинформатика: учеб. для студ. вузов / под ред. проф. В.С. Тикунова. – М.: «Академия», 2005. – 480 с.
44. Гиг, Дж. ван. Прикладная общая теория систем: в 2 кн. / Дж. ван Гиг / пер. с нем. под ред. Б. Г. Сушкова, В. С. Тюхтина. – М.: Мир, 1981. – Кн. 1 – 336 с. Кн. 2 – 733 с.
45. Гинис, Л.А. 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).-С115-122
46. Гинис, Л.А. Анализ устойчивости нестационарных экономических систем / Л.А. Гинис // Фундаментальные исследования. – 2006. – №11. – С. 88-89.
47. Гинис, Л.А. Возможности когнитивного моделирования / Л.А. Гинис // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). –2004. – №8(43). – С.162.
48. Гинис, Л.А. Возможности применения мониторинга для прогнозирования финансовой устойчивости предприятия / Л.А. Гинис // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). –2003. – №1 (30). – С. 140.
49. Гинис, Л.А. Иерархические карты принятия решений / Л.А. Гинис // Труды IV межд.конф. «Новые технологии в управлении, бизнесе и праве» – Невинномысск: ЗАО «Невинномысская гор. типография», 2004. – С. 61-62.
50. Гинис, Л.А. Иерархическая структура извлечения знаний / Л.А. Гинис // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). – 2006. – №9 (64). – С. 151.
51. Гинис, Л.А. Иерархическая структура системы экономической безопасности / Л.А. Гинис // Альманах современной науки и образования. – 2007. – №4. – С. 64-67.
52. Гинис, Л.А. Импульсное моделирование на нечетких когнитивных картах / Л.А. Гинис // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – №10 (87). –С. 188-191.

53. Гинис, Л.А. Исследование и моделирование процессов принятия решений в системе обучения: автореф. дис. ... к-та пед. наук / Л.А. Гинис. – Таганрог, 1998. – 20 с.
54. Гинис, Л.А. Истоки современного когнитивного моделирования / Л.А. Гинис // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). – 2005. – №6 (50). – С. 119-128.
55. Гинис, Л.А. Когнитивное моделирование поддержки принятия решений в проблемно-ориентированных системах / Л.А. Гинис // Научное обозрение, 2015. - № 8. – С. 219-224
56. Гинис, Л.А. Комплекс логико-математических моделей блока принятия решений / Л.А. Гинис // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013, – №5(43), – С. 117-118.
57. Гинис, Л.А. Методологические основы нечеткого когнитивного моделирования иерархических проблемно-ориентированных систем [Электронный ресурс] / Л.А. Гинис // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2326>
58. Гинис, Л.А. Моделирование развития демографической ситуации на орграфах / Л.А. Гинис // Фундаментальные исследования. – 2006. – №6. –С. 73-74
59. Гинис, Л.А. Моделирование сложных слабоструктурированных систем на основе нечетких когнитивных карт / Л.А. Гинис // Современные проблемы информатизации в моделировании и программировании: Сб.трудов. Вып.11 /Под ред. д.т.н., проф. О.Я. Кравца. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2006. Часть 2. С. 279-281.
60. Гинис, Л.А. Моделирование сложных систем: когнитивный теоретико-множественный подход / Л.А. Гинис, Л.В. Гордиенко. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 160 с. – ISBN 978-5-9275-2193-7
61. Гинис, Л.А. Моделирование состояния российского банковского сектора методами факторного и кластерного анализа / Л.А. Гинис, М.О.

- Матковская// Обозрение прикладной и промышленной математики – 2007. – том 14, выпуск 5. – С. 866-867.
62. Гинис, Л.А. Научное предвидение в современном мире / Л.А. Гинис – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – 172 с.
63. Гинис, Л.А. Нечеткое когнитивное моделирование для предупреждения рискованных ситуаций на объектах критических инфраструктур / Л.А. Гинис, А.Е. Колоденкова // Вестник УГАТУ. – 2017. – Том 21 №4 (78). – С.113-120.
64. 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
65. Гинис, Л.А. Об одном подходе к моделированию процесса принятия решений / Л.А. Гинис // Сб.докл. II-й Межд. научно-практ.конф. / Под ред.акад. НАНУ В.В. Пилипенко и др. Днепропетровск: ИПК ИнКомЦентра УГХТУ, 2004. – 215с., С. 105-108.
66. Гинис, Л.А. Об одном подходе к построению иерархических информационно-экономических систем / Л.А. Гинис // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). –2006. – №10 (65). – С. 22-26.
67. Гинис, Л.А. Обзор методов научного прогнозирования / Л.А. Гинис // Известия ЮФУ. – 2009. – №3 (92). – С. 231-236.
68. Гинис, Л.А. Автоматизация расчета нечеткого множества баз нечеткого орграфа / Л.А. Гинис, В.А. Боженюк// Сборник научных трудов Sworld. – 2014, Т.10. - № 3. - С. 74-76.
69. Гинис, Л.А. Построение многослойных когнитивных карт / Л.А. Гинис // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ). – 2004. – №4 (39). – С. 212-218.
70. Гинис, Л.А. Построение сценарной модели развития энергетической системы Ростовской области с целью стратегического управления / Л.А. Гинис, М.В. Илясова. // Фундаментальные проблемы пространственного

- развития Юга России: междисциплинарный синтез. Тезисы Всерос. научн. конф. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. – С. 67-70.
71. Гинис, Л.А. Применение когнитивного теоретико-множественного подхода к задаче определения кадастровой стоимости земель [Электронный ресурс] / Л.А. Гинис, О.В. Давыденко // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 7. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N7y2019/6110>
72. Гинис, Л.А. Применение технологии когнитивного анализа для выработки тарифной политики / Л.А. Гинис, А.Г. Чернов // Искусственный интеллект. – 2005. – №3. – С. 360-369.
73. Гинис, Л.А. Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем [Электронный ресурс] / Л.А. Гинис // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 3 (Том 24). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1806>.
74. Гинис, Л.А. Разработка концептуальной проблемно-ориентированной метамодели образного представления сложной системы на основе геоинформационной системы [Электронный ресурс] / Л.А. Гинис, Л.В. Гордиенко, С.В. Левонюк // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4065>
75. 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. – Том 2 №6. – С.166-171.
76. Гинис, Л.А. Решение прикладных задач с использованием разработанных модулей геоинформационных систем / Л.А. Гинис, А.Е. Колоденкова, Л.В. Гордиенко // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2018. №6. – С. 3-11
77. Гинис, Л.А. Технологическое прогнозирование развития нанотехнологий в России / Л.А. Гинис, К.С. Чичерина // Материалы Межрегиональной научно-технич. конференции ЮФО. Юж.Рос.техн.ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ). 2009. – С. 80-81.

78. Горбанёва, О.И. Математическая постановка задач управления на когнитивных моделях / О.И. Горбанёва, А.Д. Мурзин, Г.А. Угольницкий // Проблемы управления. – 2022 – № 5. – С. 25-39.
79. Горелов, С. Математические методы в прогнозировании / С. Горелов – М.: Прогресс, 1993. – 320 с.
80. Горелова, Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем / Г.В. Горелова // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – №3 (140). – С. 239–250.
81. Горелова, Г.В. Когнитивный подход к исследованию геополитических процессов в мировых регионах и когнитивное моделирование их развития (на примере Черноморско-Каспийского региона) [Электронный ресурс] / Г.В. Горелова, В.Н. Рябцев // «Инженерный вестник Дона». – 2012. № 4-2 (Том 23) – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1407>
82. Горелова, Г.В. Лингвистический подход к оценке исходов игры при решении проблем различной сложности / Г.В. Горелова, С.П. Вовк // Известия вузов Северо- Кавказский регион. Технические науки, – 1999. – №10. – С. 45–50.
83. Горелова, Г.В. О когнитивном моделировании сложных систем, инструментарий исследований / Г.В. Горелова // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – №6 (131). – С. 236–240.
84. Горелова, Г.В. Региональная система образования, методология комплексных исследований / Г.В. Горелова, Н.Х. Джаримов. – Краснодар: Изд-во «Печатный двор Кубани», 2002. – 358 с.
85. Горелова, Г.В. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Научное издание / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, Л.А. Гинис. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2005. – 288 с.
86. Государственная научно-техническая программа "БЕЗОПАСНОСТЬ" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.keldysh.ru/papers/2003/source/book/gmalin/pril.htm> (дата обращения: 10.11.2024)

87. Гранберг, А.Г. Основы региональной экономики / А.Г. Гранберг – М.: ГУиВШЭ, 2000. – 495 с.
88. Демидова, Л.А. Принятие решений в условиях неопределенности / Л.А. Демидова, В.В. Кираковский, А.Н. Пылькин. – М.: Научно-техническое изд-во «Горячая линия-Телеком», 2012. – 288 с.
89. Дли, М.И. Трехуровневая нечеткая когнитивная модель для анализа процессов инновационного развития региона / М.И. Дли, Т.В. Какатунова // Прикладная информатика – 2013. - №1(43). – С.5-10.
90. Елисеева, И.И. Статистика: Учебник / под ред. И.И. Елисеевой. – 3-е изд., переб. и доп. – СПб.: Юрайт, 2011. – 565 с.
91. Жуковин, В.Е. Нечеткие многокритериальные модели принятия решений / В.Е. Жуковин. – Тбилиси: Изд-во «Мецниереба», 1998.–72 с.
92. Забелин С.И. Весь мир мне дом / С.И. Забелин. – Минск: БелСоЭС «Чернобыль», 2002. – 144 с.
93. Забелин С.И. Время искать, и время терять / С.И. Забелин – Рязань.: «Сервис», 1998. – 151 с.
94. Завьялова, М.П. Когнитивный «поворот» в науке и философии / М.П. Завьялова // Вестник Томского государственного университета. - 2012. - №2. - С.5-12 [электронный ресурс] - Режим доступа. - URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnyy-povorot-v-nauke-i-filosofii> (дата обращения 30.12.2015).
95. Заде, Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений / Л.А. Заде. В кн. Математика сегодня. М.: «Знание», 1974. С 5–49.
96. Заде, Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде – М.: Мир, 1976. – 165 с.
97. Закревский, А.Д. Логические основы проектирования дискретных устройств / А.Д. Закревский, Ю.В. Поттосин, Л.Д. Черемисинова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 592 с.

98. Звягин, Л.С. Метасистемный подход в экономике и управлении / Л.С. Звягин // Вопросы экономики и управления. – 2016. – №4. – С. 6-11
99. Инновационное развитие социально-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования / Под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. – Киев: Наукова думка, 2015 – 464 с.
100. Информационное обеспечение процесса управления экономическими системами. Научное издание. / А.В. Бабилова, И.С. Богомолова, М.А. Боровская, Л.А. Гинис, А.В. Игнатъев, С.А. Сенченко, Л.Г. Матвеева, И.К. Шевченко; Под ред. проф. М.А. Боровская; доц. И.К. Шевченко. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – С. 80-108.
101. Исследование операций: В 2-х томах. Т1. Методологические основы и математические методы. Пер. с англ. / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981. – 712 с.
102. Исследование операций: В 2-х томах. Т2. Модели и применения. Пер. с англ. / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981. – 677 с.
103. Капица, П.Л. Эксперимент, теория, практика / П.Л. Капица – М.: Наука, 1977. – 353 с.
104. Карамаев, С. Голод одолел ООН / С. Карамаев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lenta.ru/articles/2005/11/24/hunger/>
105. Касти, Дж. Большие системы: связность, сложность и катастрофы / Дж. Касти – М.: Мир, 1982. – 216 с.
106. Кацко, И.А. Информационное обеспечение процесса управления социально-экономическими системами мезоуровня: теория, методология, инструментарий: автореф. дис. ... д-ра экон. наук / И.А. Кацко. – Ростов-на-Дону, 2008. – 59 с.
107. Кини, Р. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. Пер. с англ. / Р. Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
108. Кистанов, В.В. Региональная экономика России: Учебник. / В.В. Кистанов, Н.В. Копылов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 584 с.

109. Когнитивное моделирование как инструмент поддержки принятия решений: монография / О.Н. Лучко, В.А. Маренко. – Омск, Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 119 с.
110. Козаченко, А.В. Экономическая безопасность предприятия: сущность и механизм обеспечения / А.В. Козаченко, В.П. Пономарев, А.Н. Ляшенко. – Киев: Либра, 2003. – 280 с.
111. Кофман, А. Введение в прикладную комбинаторику / А. Кофман - М.: Наука, 1975. - 480 с.
112. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
113. Кофман, А. Введение нечетких множество в управлении предприятиями / А. Кофман, Хил Алуха. – Мн.: Выш.шк., 1992. – 224 с.
114. Кочетков, Ю. Структурный анализ демографического кризиса в Латвии / Ю. Кочетков // Computer Modelling & New Technologies. – 2002. – Volume 6, No.2. – p. 35-38.
115. Кочкаров, А.А. Когнитивное моделирование региональных социально-экономических систем / А.А. Кочкаров, М.Б. Салпагаров // Управление большими системами. – 2007. Вып. 16. – С. 137-145.
116. Кочкаров, А.А. Обеспечение стойкости сложных систем. Структурные аспекты [Электронный ресурс] / А.А. Кочкаров, Г.Г. Малинецкий // М.: Препринт ИПМ. – 2005. - № 53 – Режим доступа http://www.keldysh.ru/papers/2005/prer53/prer2005_53.html (дата обращения 01.08.2015)
117. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес – М.: Мир, 1978. – 345 с.
118. Кулинич, А.А. Когнитивная система поддержки принятия решений "Канва" / А.А. Кулинич // Программные продукты и системы. – 2002. –№3 –С. 25-28.
119. Кульба, В.В. Сценарное исследование сложных систем: анализ методов группового управления / В.В. Кульба, Д.А. Кононов, И.В. Чернов, П.Е. Рощин, О.А. Шулигина // Управление большими системами. – 2010. – № 30-1. – С. 154-186.

120. Кульба, В.В. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем / В.В. Кульба, Д.А. Кононов, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко, Р.М. Нижегородцев, И.В. Чернов (Научное издание). – М.: ИПУ РАН, 2002. – 122с.
121. Кульба, В.В. Управление безопасностью и живучестью объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта на основе индикаторного подхода / В.В. Кульба, В.Л. Шульц, А.Б. Шелков, И.В. Чернов, Д.А. Кононов, Д.С. Сомов // Теоретическая и прикладная экономика. 2013. № 2. С. 1-107.
122. Кун, Т. Структура научных революций / Т. Кун –М.: Прогресс, 1977. –300 с.
123. Ларичев, О.И. Объективные модели и субъективные решения / О.И. Ларичев – М.: Наука, 1987. – 143 с
124. Лебедев, В.В. Компьютерное моделирование рыночных механизмов / В.В. Лебедев // Природа. 2001. №12. С. 3-10.
125. Лебедев, В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов / В.В. Лебедев – М.: ИЗОГРАФ, 1997. –224с.
126. Лейбин, В.М. «Модели мира» и образ человека. Критический анализ идей Римского клуба / В.М. Лейбин – М.: «Политиздат», 1981. – 255 с.
127. Леонтьев, В.В. Будущее мировой экономики: Доклад группы экспертов ООН / В.В. Леонтьев – М.: Международные отношения, 1979. – 212с.
128. Лукас В.А. Теория управления техническими системами. – 3-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. - 675 с.
129. Макарова, Е.А. Поддержка принятия решений по управлению качеством образования на основе нечетких когнитивных карт Силова / Е.А. Макарова, Е.Ш. Закиева, Э.Р.Габдуллина // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 1. – С. 76-81.
130. Максимов, В.И., Качаев С.В. Технологии информационного общества в действии: применение когнитивных методов в управлении бизнесом. // “Вестник РФФИ”, Российский фонд фундаментальных исследований. – 1999. –№ 3(17).–С. 73-78.

131. Максимов, В.И., Корноушенко Е.К., Качаев С.В. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений // Распределенная конференция "Технологии информационного общества 98 - Россия", – Режим доступа: <http://www.iis.ru/events/19981130/maximov.ru.html>
132. Маршалл, А. Принципы экономической науки / А. Маршалл – М.: «Прогресс», 1993. – 594 с.
133. Медоуз, Д.Х. За пределами роста. Предотвратить глобальную катастрофу. Обеспечить устойчивое будущее: Продолжение знаменитого доклада Римскому клубу «Пределы роста»: учеб. пособие / Д.Х. Медоуз, Ден.Л. Медоуз, Й. Рандерс. Пер. с англ. Г.А. Ягодина [и др.] – М.: Издат. группа «Прогресс», 1994–302с.
134. Медоуз, Д.Х. Пределы роста. 30 лет спустя / Д.Х. Медоуз, Ден.Л. Медоуз, Й. Рандерс. – М.: Изд-во ИКЦ "Академкнига", 2007. – 342 с.
135. Мелихов, А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А.Н. Мелихов, Л.С. Берштейн, С.Я. Коровин. –М.: Наука, 1990. –272 с.
136. Меркулов, И.П. Когнитивная наука / И.П. Меркулов // Новая философская энциклопедия в четырех томах. Т.2. – М., 2001. – 264 с.
137. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем. Пер. с англ. под ред. Шахнова И.Ф. / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
138. Месарович, М. Общая теория систем: математические основы. Пер. с англ. Наппельбаума Э.Л. / М. Месарович, Я. Такахара. – М.: Мир, 1978. – 311 с.
139. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / А.Н. Борисов [и др.]. – Рига: Зинатне, 1982. – 256 с.
140. Моделирование социальных процессов: учеб. пособие / Н.П. Тихомиров [и др.]. – М.: РЭА им. Г.В. Плеханова, 1993. – 160 с.
141. Моисеев, Н.Н. Предисловие к книге Орловского С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / Н.Н. Моисеев – М.: Наука, 1981. – 165 с.

142. Монсон, П. Современная западная социология / П. Монсон – СПб.: Нотабене, 1992. – 446 с.
143. Нейман, Дж.фон, Моргенштерн. Теория игр и экономическое поведение: Пер. с англ. / Под ред Н.Н.Воробьева. – М.: Наука, 1970. – 708 с.
144. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин [и др]. Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука. Гл.ред.физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.
145. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / под ред. Р.Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
146. Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития). Под. ред. В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. Издание второе. – М.: Изд. «Academia», 2000. – 460 с.
147. Новиков, Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития / Д.А. Новиков – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с.
148. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков – М.: МПСИ, 2005. 584 с.
149. Новиков, Д.А. Управление проектами: организационные механизмы / Д.А. Новиков – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140 с.
150. Оптнер, С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / С. Оптнер – М.: Сов. Радио, 1969. – 216 с.
151. Оре, О. Графы и их применение / О. Оре / Пер. с англ. под ред. И.М. Яглома. – М.: Мир, 1965. – 174 с.
152. Орлов, А.И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга. Под научной ред. проф. С.Г. Фалько. Монография / А.И. Орлов, Е.В. Луценко, В.И. Лойко – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 600 с.
153. Основные теоретические положения В. Парето [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://club-energy.ru/33-26.php>
154. Основы экономического и социального прогнозирования / под ред. Н. Мосина – М.: Высшая школа, 1985. – 186 с.

155. Оценка надежности систем с использованием графов / Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.
156. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
157. Петров, А.А. Опыт математического моделирования экономики / А.А. Петров, И.Г. Поспелов, А.А. Шананин. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544с
158. Печчеи, А. Человеческие качества / А. Печчеи – М.: Прогресс, 1980. – 120 с.
159. Поспелов, Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления / Д.А. Поспелов – М.: Энергоиздат, 1981. – 232 с.
160. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов – М. Наука, 1986. – 288 с.
161. Прангишвили, И.В. Системный подход и общесистемные закономерности / И.В. Прангишвили – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
162. Пределы роста: Пер. с англ. / Д.Х. Медоуз [и др.]. – М.: МГУ, 1991. – 207 с.
163. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учеб. пособие для вузов / Т.Г. Морозова [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 279 с.
164. Прогнозирование и планирование экономики. Учеб. пособие / под ред. Г.А. Кандауровой. – Мн.: УП «Экоперспектива», 2003г. – 152 с.
165. Рабочая книга по прогнозированию / отв.ред. И.В. Бестужев-Лада. – М.: Мысль, 1982. – 426 с.
166. Региональная экономика. Учебник 4-е изд., перераб. и доп. / под ред. Т.Г. Морозовой. – М.: Юнити-Дана, 2012. – 641 с.
167. Робертс, Ф.С. Дискретные математические модели с приложением к социальным, биологическим и экологическим задачам / Ф.С. Робертс – М.: Наука, 1986. – 496 с.
168. Росс, Г.В. Моделирование социально-экономических систем на основе аппарата комбинаторного программирования: Дис. ... д-ра экон. наук / Г.В. Росс. – М.: 2001. – 312 с.

169. Рыков, Ю.Г. Технология использования нечетких когнитивных карт с математической точки зрения / Ю.Г. Рыков. // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша, – 2021. – № 73. – 22 с. DOI: 10.20948/prepr-2021-73.
170. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа анархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
171. Саймон, Г. Науки об искусственном / Г. Саймон. – М.: Едиториал, УРСС, 2004. – 144 с.
172. Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
173. Сафронова, В.М. Прогнозирование и моделирование в социальной работе: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Сафронова – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 192 с.
174. Семененко, А.И. Предпринимательская логистика / А.И. Семененко – СПб.: Политехника, 1997. – 349 с.
175. Силов, В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В.Б. Силов – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
176. Синтез и анализ живучести сетевых систем: монография / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова. – М.: Изд-во «Машиностроение-1», 2007. – 152 с.
177. Смарандаке, Ф. Сущность нейтрософии / Ф. Смарандаке – США, Аризона: HEXIS Publishers, 2006. – 34 с.
178. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш.школа, 2001. – 343 с.
179. Солсо, Р.Л. Когнитивная Психология / Р.Л. Солсо – СПб.: «Питер», 2002. – 592 с.
180. Строкова, Л.А. Использование нечетких когнитивных карт при разработке расчетных моделей оснований / Л.А. Строкова // Известия ТПУ. –2009. – №5. –С. 95 – 100.
181. Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством / В.Л. Шульц, В.В. Кульба, А.Б. Шелков, И.В. Чернов; Центр исслед. проблем безопасности РАН – Москва: Наука, 2015. —542 с.

182. Танаев, В.С. Теория решений. Одностадийные системы / В.С. Танаев, В.С. Гордон, Я.М. Шафранский. – М.: Наука, 1984. – 384 с.
183. Таха, Х.А. Глава 18. Имитационное моделирование в книге «Введение в исследование операций» – 7-е изд./ Хэмди А. Таха. – М.: ИД «Вильямс», 2005. – 912 с., С. 697-737.
184. Теория автоматического управления: Учеб. Ч.І. Теория линейных систем автоматического управления / под ред. А.А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.
185. Теория автоматического управления: Учеб. Ч.ІІ. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления / под ред. А.А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 504 с.
186. Трухаев, Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности / Р.И. Трухаев – М.: Наука, 1981. – 257 с.
187. Тютюнник, В.М. Моделирование процесса принятия решений в условиях неопределенности / В.М. Тютюнник, М.М.С. Альгузо // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 12. С. 107-112.
188. Угольницкий, Г.А. Иерархическое управление устойчивым развитием / Г.А. Угольницкий – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 336 с.
189. Угольницкий, Г.А. Управление устойчивым развитием активных систем / Г.А. Угольницкий – Ростов-н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2016. – 940 с.
190. Уемов, А.И. Системный подход и общая теория систем / А.И. Уемов – М.: Мысль, 1978. – 272 с.
191. Усков, А.А. Системы с нечеткими моделями объектов управления: Монография / А.А. Усков. – Смоленск: Смоленский филиал АНО ВПО ЦС РФ "Российский университет кооперации", 2013. – 153 с.
192. Федулов, А.С. Модели, методы и программные средства обработки нечеткой информации в системах поддержки принятия решений на основе когнитивных карт: автореф. дис. ... д.т.н. / А.С. Федулов. – Москва, 2007. – 30 с.

193. Федулов, А.С. Обобщенные нечеткие когнитивные карты / А.С. Федулов, В.В. Борисов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2004. – № 4. – С. 3–21
194. Федулов, А.С. Нечеткие реляционные когнитивные карты / А.С. Федулов // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. – № 1. – С. 120–133.
195. Философия. Учебное пособие для высших учебных заведений / под ред. Кохановского В.П. – 6-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 574 с.
196. Форрестер, Дж. Мировая динамика / Дж. Форрестер – М.: Издательство: Наука, 1978. – 168 с.
197. Фрэнк Г. Сети, связи, потоки Перевод с англ. / Под ред. Д.А. Поспелова / Г. Фрэнк, И. Фриш // – М.: Связь, 1978. – 448 с.
198. Харари, Ф. Теория графов. Перевод с англ. В.П. Козырева / Под ред. Г.П. Гаврилова. – М.: МИР. – 1973. – 301 с.
199. Цыгичко, В.Н. Прогнозирование социально – экономических процессов / В.Н. Цыгичко – М.: Финансы и статистика, 1986. – 210 с.
200. Черников, Д.О. Макроэкономическая теория / Д.О. Черников // Российский экономический журнал - 2004. - № 3. март. – С. 64 – 68.
201. Чепурных, Н.В. Планирование и прогнозирование природопользования: учеб. пособие / Н.В. Чепурных – М.: Интерпракс, 1995. – 288 с.
202. Черкесов, Г.Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем / Г.Н. Черкесов – М.: Знание, 1987. – 32 с.
203. Чернов, И.В. Имитационное моделирование при исследовании процессов, возникающих в социально-экономических системах / И.В. Чернов // ИПУ РАН, Москва. 2005. – С.31–37.
204. Чумарин, И.Г. Что такое кадровая безопасность компании? [Электронный доступ]/ И.Г. Чумарин // Кадры предприятия. – 2003. – №2. – Режим доступа: www.daily.sec.ru/2004/04/30/I-CHumarin...html
205. Шапиро Д.И. Принятие решений в системах организационного управления: Использование расплывчатых категорий / Д.И. Шапиро – М.: Энергоатомиздат, 1983, – 184 с.

206. Экономическая безопасность хозяйственных систем: Учебник / под общ. ред. А.В. Колосова. – М.: РАГС, 2001. – 445 с.
207. Экономическая и национальная безопасность: Учебник / под ред. Е. А. Олейникова. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 768 с.
208. Ямалов, И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / И.У. Ямалов – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 288 с.
209. Ямалов, И.У. Поддержка принятия решений для управления в условиях чрезвычайных ситуаций на основе когнитивных и динамических моделей: автореф. дис. ... докт. техн. наук / И.У. Ямалов. – Уфа, 2007. – 34 с.
210. Янч, Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч – М.: Прогресс, 1970. – 568 с.
211. Acheson, P. Model Based Systems Engineering for SoS Using Agent-Based Modeling / P. Acheson, C. Dagli, N. Kilicay-Ergin // *Procedia Computer Science*, – 2013. – №16, – pp. 11 – 19. DOI: 10.1016/j.procs.2013.01.002
212. Axelrod, Robert M., Structure of decision: The Cognitive Maps of Political Elites / R.M. Axelrod - Princeton, NJ, Princeton University Press, 1976, – 404 p.
213. Carlsson C. Adaptive Fuzzy Cognitive Maps for Hyperknowledge Representation in Strategy Formation Process // *Proceedings of International Panel Conference on Soft and Intelligent Computing*, Technical University of Budapest, 1996 43-50 [Electronic resource]. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/2359377>
214. Carvalho, J.P. Rule based fuzzy cognitive maps in humanities, social sciences and economics // Chapter «Soft Computing in Humanities and Social Sciences» in book «Studies in Fuzziness and Soft Computing». Vol. 273, 2012. – pp. 289-300
215. Chrysostomos, D. Fuzzy cognitive map in modeling supervisory control systems / D. Chrysostomos, C. Stylios and P.P. Groumpos // *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, V.8 Issue 2, March 2000, – pp. 83-98.
216. Cicourel, A.V. Cognitive Sociology: Language and Meaning in Social Interaction / A.V. Cicourel - Harmondsworth: Penguin Education, 1973. – 191 p.

217. Craiger, J.P. Modeling Organizational Behavior with Fuzzy Cognitive Maps / J.P. Craiger, D.F. Goodman, R.J. Weiss and A. Butler // Intern. Journal of Computational Intelligence and Organisations. – 1996. – vol.1. – pp. 120-123.
218. Dubois, D. Fuzzy sets and systems: theory and application / D. Dubois, H. Prade. – New-York. Academic Press, 1980. – 393 p.
219. Eden, C. Cognitive mapping / C. Eden // Eur. J. of Operational Res. – 1988. – Vol. 36. №1. – pp.1-13.
220. Eden, C. Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems / C. Eden // Eur. J. of Operational Res. – 2003. – Vol. 159. – pp. 673–686.
221. Gamage, G.B. The development of an integrated model for assessing sustainability of complex systems / G.B. Gamage, C. Boyle, R. McDowall // International Journal of Sustainable Development. – 2013. – v.16, (3/4). – pp. 297–309.
222. Georgiou, Ion. A graph-theoretic perspective on the links-to-concepts ratio expected in cognitive maps / Ion Georgiou // European Journal of Operational Research. – 2009. – Volume 197, Issue 2. – pp. 834-836.
223. Ginis L.A. Analysis of problem oriented systems structure with uncertainty based on fuzzy graphs / A.V. Bozhenyuk, L.A. Ginis // ACSR - Advances in Computer Science Research (Proc. ser. of ITSMSSM 2016). – 2016. – Vol. 51 – pp. 542-545 (WoS).
224. Ginis, L.A. Cognitive and Simulation Modeling of Socioeconomic Systems / L.A. Ginis, G.V. Gorelova, A.E. Kolodenkova // ACSR - Advances in Computer Science Research. – 2017. – Vol. 72 – pp.50-54 (WoS).
225. 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. – pp. 840-844 (Scopus) DOI: 10.4028/www.scientific.net/msf.931.840
226. Ginis, L.A. Development of a Geoinformation Project as a Tool for Support Decision Making in the Subject Area / L.A. Ginis, L.V. Gordienko, V.V. Kudryakhin // Proceedings of International Russian Automation Conference

- (RusAutoCon-2021), 5-11 Sept. 2021, Sochi, Russia (IEEE, Scopus)
DOI: 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537509
227. Ginis, L.A. Geoinformation Project as Complex Object Forecasting and Decision Making Tool in Intelligent Information and Management Systems / L.A. Ginis, L.V. Gordienko // Proceedings of International Russian Automation Conference (RusAutoCon-2020), 6-12 Sept. 2020, Sochi, Russia (IEEE, Scopus)
DOI: 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208046
228. 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, doi:10.1088/1742-6596/1661/1/012035 (Scopus).
229. Ginis, L.A. Modeling and the analysis of complex systems on the basis of fuzzy graphs models / A.V. Bozhenyuk, L.A. Ginis // Life Sciences Journal – 2014. – Vol. 11, № 7s – pp.187–191. ISSN: 1097-8135 (Scopus).
230. 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 // ACSR - Advances in Computer Science Research. – 2017. – Vol. 72 – pp.114-118 (WoS).
231. Ginis, L.A. The Development of Geographic Information System Model for Information Flows Monitoring of Complex Objects / L.V. Gordienko, S.V. Levoniuk // IEEE Conference 2017 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Omsk, 2017). 2017. pp.1–4 (Scopus)
232. 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 // ACSR - Advances in Computer Science Research (Proc. ser. of ITSMSSM 2017). – 2017. – Vol. 72 – pp.359-362 (WoS).
233. Gorelova, G. The construction hierarchical multilayered cognitive cards of light-structured systems / G. Gorelova, L. Ginis // 2002 IEEE International Conf.of Artificial Intelligence System (ICAIS 2002). Computer Society. IEEE. Los Alamitos, California, – 2002. – pp. 131-132 (WoS, Scopus)

234. Haddad, W.M. Impulsive and Hybrid Dynamical Systems: Stability, Dissipativity, and Control / W.M. Haddad, V. Chellaboina, S.G. Nersesov. – Princeton University Press, 2006. – 520 p.
235. Huerga, A.V. A Balanced Differential Learning algorithm in Fuzzy Cognitive Maps / A.V. Huerga [Electronic resource] // Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). C\ Jordi Girona 1-3. E0834, Barcelona, Spain. – URL: https://www.researchgate.net/publication/253000100_A_Balanced_Differential_Learning_algorithm_in_Fuzzy_Cognitive_Maps
236. Innocent P.R. Clinical diagnosis using Fuzzy Cognitive Maps and Fuzzy Temporal Reasoning [Electronic resource] // Dept. of Computer Science De Montfort University Leicester, UK – URL: <http://www.cse.dmu.ac.uk/~pri/scbpaper.pdf>
237. Kalmar-Nagy, T. Can complex systems really be simulated? / T. Kalmar-Nagy, L. Stanculescu // Applied Mathematics and Computation. – 2014. – v.227. – pp. 199–211.
238. Kandasamy, W.B. Vasantha. Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophic Cognitive Maps / W.B. Vasantha Kandasamy, F. Smarandache - India. Xiquan. Phoenix, 2003. – 211 p.
239. Kandasamy, W.B. Vasantha. Elementary fuzzy matrix theory and fuzzy models for social scientists / W.B. Vasantha Kandasamy, F. Smarandache, K. Ilanthenral - USA. Los Angeles, 2007. – 352 p.
240. Kim, H.S. Fuzzy implications of fuzzy cognitive map with emphasis on fuzzy causal relationship and fuzzy partially causal relationship/ H.S. Kim, K.C. Lee // Fuzzy Sets and Systems. – 1998. – vol. 97. – pp. 303-313.
241. Kosko, B. Fuzzy Cognitive Maps / B. Kosko // Intern. Journal of Man-Machine Studies, – 1986. – vol. 24. – pp. 65 – 75.
242. Kosko, B. Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic./ B. Kosko // Hyperion, Disney Books 1993, – 336 p.

243. Lee, K.C. Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller-part I, II / K.C. Lee // IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics. – 1990. – Vol. 20, №2. – pp. 404-435.
244. León, M. Fuzzy Cognitive Maps for Modeling Complex Systems / M. León, C. Rodriguez, M.M. García, R. Bello, K. Vanhoof // Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6437 LNAI, Is. PART 1, 2010. – p. 166-174.
245. Liu Zhi Qiang. On Causal Inference in Fuzzy Cognitive Maps / Zhi Qiang Liu, Y. Miao [Electronic resource] // IEEE Transactions on fuzzy systems, Vol. 8, No. 1, January 2000.– pp. 107-119. – URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2234841&CFID=892363553&CFTOKEN=99374719> (23-01-2017)
246. Loomis, C.P. Social systems / C.P. Loomis, E.D. Dyer – Schenkman, Cambridge, MA, 1976. – 368 p.
247. Luqman, M.M. Fuzzy multilevel graph embedding / M.M. Luqman, JY. Ramel, J. Lladós, T. Brouard // Pattern recognition. – 2013. - vol 46, Is.: 2. – pp. 551-565.
248. Miao Yuan. Transformation of cognitive maps / Yuan Miao, ChunYan Miao, XueHong Tao, ZhiQi Shen, ZhiQiang Liu // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. Vol. 18 Issue 1, February 2010 pp. 114-124 URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1771951> (23.01.2013)
249. Mordeson, J.N. Fuzzy Graphs and Fuzzy Hypergraphs / John N. Mordeson, S.N. Premchand – Springer, 2000. – 248 p.
250. Puranen, T. Metaheuristics Meet Metamodels. A Modeling Language and a Product Line Architecture for Route Optimization Systems / T. Puranen. – University of Jyväskylä, 2012. – 270 p.
251. Rosenfeld, A. Fuzzy Graphs, Fuzzy Set and their Applications to Cognitive and Decision Processes / A. Rosenfeld. – Academic Press, 1975. – pp. 77-95
252. Saeed, K. The dynamics of economic growth and political instability in developing countries / K. Saeed // System Dynamics Review. – 1986. – Vol. 2. № 1. – pp. 20-35.

253. Sarala, R. Modeling causally dependent events using fuzzy cognitive maps / R. Sarala, G. Zayaraz, V. Vijayalakshmi, R. Sivaranjani // Proceedings of IEEE ICCIC 2014. - Article number 7238339
254. Siraj A. Fuzzy cognitive maps for decision support in an intelligent intrusion detection system /A. Siraj, S.M. Bridges, R.B. Vaughn// IFSA World Congress and 20th NAFOPS International Conf./. 2001. – Joint 9th (v.4). – pp. 2165-2170.
255. Slesarev, D. Sustainable Development of the Regional Social-Economic System: an Innovative Dimension/ D. Slesarev, V. Yanovskiy // Public Policy And Administration. – 2014. - V. 13. – № 1. –pp. 9-21.
256. Stylios, C.D. Introducing the theory of Fuzzy Cognitive Maps in Distributed Systems/ C.D. Stylios, V.C. Georgopoulos and P.P. Groumpos // Proceedings of 12th IEEE Intern. Symposium on Intelligent Control, Istanbul, Turkey, 1997, – pp. 55-60.
257. Sun, R. Theoretical status of computational cognitive modeling / R. Sun // Cognitive Systems Research. – 2009. V. 10, Issue 2., – pp. 124-140.
258. System of Systems Modeling and Analysis / J.E. Campbell, D.E. Longsine, D. Shirah, and D.J. Anderson. – Springfield, VA, 2005. – 135 p.
259. The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes by Magorah Maruyama (June 1963). Web Publication by Mountain Man Graphics, Australia. [Electronic resource] – URL: http://www.mountainman.com.au/chaos_05.htm (17.01.2018)
260. Vovk S.P., Ginis L.A. Modelling and forecasting of transitions between levels of hierarchies in Difficult formalized systems / S.P. Vovk, L.A. Ginis // European Researcher. – 2012. – Vol. (20), №5-1. – pp. 541-545.
261. William L. Craine. Fuzzy hypergraphs and fuzzy intersection graphs / Craine William L. – University of Idaho, 1993. - 73 p.
262. Xiong, Dan. Optimal robust decentralized control design for fuzzy complex systems / D. Xiong, Y.H. Chen, H. Zhao // Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, IOS Press, – 2014. – v.26 (1). pp. 211–222.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ

№ 4/13 от 50/13

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014610008

Учёт и контроль местоположения сотрудников служб ОАО
«РЖД»

Правообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет) (RU)*

Авторы: *Гинис Лариса Александровна (RU), Зубков Сергей Александрович (RU), Седых Максим Анатольевич (RU)*

Заявка № 2013660323

Дата поступления 12 ноября 2013 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 09 января 2014 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

32/15 г. № 62/14

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2015611638

Программа нахождения нечеткого множества баз в нечетком
орграфе первого рода

Правообладатель: *федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования «Южный
федеральный университет» (Южный федеральный университет)*
(RU)

Авторы: *Боженюк Александр Витальевич (RU), Боженюк Виталий
Александрович (RU), Гинис Лариса Александровна (RU)*

Заявка № 2014663177

Дата поступления 17 декабря 2014 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 03 февраля 2015 г.



Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Курий

N 44/16 g. 5/16/17

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016616996

Страховая оценка транспортных средств на основе
ГИС-технологий

Правообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет) (RU)*

Авторы: *Гинис Лариса Александровна (RU),
Гордиенко Лариса Владимировна (RU)*



Заявка № 2016614312

Дата поступления 28 апреля 2016 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 23 июня 2016 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016618840

Инвентаризация городской дорожной сети на основе
ГИС-технологий

Правообладатель: *федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования «Южный
федеральный университет» (Южный федеральный университет)
(RU)*

Авторы: *Гинис Лариса Александровна (RU),
Гордиенко Лариса Владимировна (RU)*

Заявка № 2016616213

Дата поступления 15 июня 2016 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 09 августа 2016 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017662354

**Учет объектов земельного кадастра на основе
геоинформационных технологий**

Правообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет) (RU)*

Авторы: *Гинис Лариса Александровна (RU),
Гордиенко Лариса Владимировна (RU)*

Заявка № **2017618851**

Дата поступления **04 сентября 2017 г.**

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **02 ноября 2017 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Ивлиев**



Приложение 2. Акты внедрения



Общество с ограниченной ответственностью
"Научно-производственная компания"

"Бюро Кадастра Таганрога"

Российская Федерация, Ростовская область, 347922, г. Таганрог,
ул. Петровская, 44, офис 503

тел. (8634) 315-445
факс (8634) 315-445

E-mail: info@cbt.ru
http://www.cbt.ru

ОКПО 27177005, ОГРН 1026102578127
ИНН / КПП 6154020008 / 615401001

27.01.2025 г. № 44

АКТ

об использовании результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени доктора технических наук
Гинис Ларисы Александровны

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационного исследования Гинис Л.А. на тему «Методы и модели управления комплексной безопасностью организационных социально-экономических систем на основе имитационно- когнитивной технологии» были апробированы и внедрены в деятельность отдела «технической поддержки и развития» при разработке программного комплекса «САУ-ГИС».

Разработанная Гинис Л.А. метамодель иерархических многоуровневых систем, инструментарий поддержки принятия решений и отдельные алгоритмы позволяют осуществлять проектирование и построение организационной структуры геоинформационной системы, определять местоположения центров передачи информации и распределения ресурсов формализовано.

Опыт работы специалистов ООО «НПК БКТ» позволяет сделать вывод о том, что применение результатов диссертационного исследования Гинис Л.А. позволяет установить взаимосвязь и соответствие целей организации ГИС с последующим принятием обоснованных управляющих решений за счет учета полной предыстории процесса управления.

Директор ООО «Научно-производственная
компания «Бюро кадастра Таганрога», к.т.н. профессор

В.В. Холодков

Начальник отдела
Технической поддержки и развития


В.А. Яковлев



УТВЕРЖДАЮ

Директор Института
компьютерных технологий и
информационной безопасности
Южного федерального
университета



 Г.Е. Веселов
« 01 » 2025 г.

АКТ

**о внедрении результатов диссертационного исследования
Гинис Ларисы Александровны в учебный процесс**

Настоящим актом подтверждаем, что результаты, полученные в диссертационной работе Гинис Л.А. на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Методы и модели управления комплексной безопасностью организационных социально-экономических систем на основе имитационно-когнитивной технологии» были внедрены и используются при реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования, реализуемых на кафедре информационных измерительных технологий и систем Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета:

- с 2017 года и по настоящее время при подготовке бакалавров по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры». В частности, в лекционных курсах «Экономико-математические методы и моделирование», «Программное обеспечение географических информационных систем», научно исследовательская практика и при подготовке выпускной квалификационной работы;
- с 2019 года и по настоящее время при подготовке магистрантов по направлению подготовки 09.04.03 «Прикладная информатика». В частности, в лекционных курсах «Прикладная геоинформатика» и «Геоинформационные системы и технологии»; преддипломная практика и при подготовке выпускной квалификационной работы.

Зам. директора ИКТИБ ЮФУ по УР,
председатель учебно-методического совета



А.Е. Лызь

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия
Ростовской области



О.П. Горбанева
ИЮНЯ 2014 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы
Гинис Ларисы Александровны

Теоретические и практические результаты диссертационной работы Гинис Ларисы Александровны в виде: когнитивной модели сельского хозяйства Ростовской области; стратегий и сценариев развития отрасли, полученные на основе разработанной в диссертационной работе методологии, внедрены в работу специалистов отдела учета инвестиций и сопровождения проектов министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области.

Результаты, получаемые с помощью модели позволяют:

- анализировать динамику изменения численности населения в сельской местности;
- разрабатывать сценарии развития АПК области;
- выявлять наиболее перспективные инвестиционные площадки АПК Ростовской области;
- проводить проверку эффективности инвестиционных проектов с помощью импульсного моделирования.

Названные решения в совокупности приводят к совершенствованию методов разработки планов развития АПК Ростовской области.

Предложенный в диссертационной работе оригинальный научно-обоснованный подход к созданию модели функционирования и развития региональной социально-экономической системы на основе иерархических нечетких когнитивных карт вносит значительный вклад в обоснование разработки стратегий и планов развития и обеспечивает предсказуемость влияния управленческих решений на устойчивое и безопасное социально-экономическое развитие региона.

Начальник отдела учета инвестиций
и сопровождения проектов
министерства сельского хозяйства
и продовольствия Ростовской области

Е.М. Сорокина

ООО Ипериион Системс Инжиниринг (Рус)
Ул. Скаковая, д. 17/1, офис 1212-1217
Москва 125040 – Российская Федерация

[Тел] +7.495.5040477
[Факс] +7.495.5040478

[www] www.hyperionsystems.net
[e-mail] info@hyperionsystems.ru

ΥΠΕΡΙΩΝ
HYPERION SYSTEMS ENGINEERING

21.02.2014 г.

АКТ
о внедрении результатов диссертационной работы
Гинис Ларисы Александровны

Результаты диссертационной работы Гинис Ларисы Александровны в виде предложенной концепции объединения слабоструктурированной и структурированной информации, позволяющей автоматизировать процесс поддержки принятия решений в рамках производственной логистической системы обсуждались на заседании экспертной группы консалтинговой практики.

Было принято решение об использовании предложенного инструментария анализа и модели в виде многослойных нечетких когнитивных карт при решении задач оптимизации производства и, в частности, для автоматизации задач мониторинга финансовой безопасности предприятия и прогнозирования тенденций развития системы ресурсообеспечения металлургических комплексов вторичным сырьем. Предложенная модель прошла тестирование при выполнении ряда консалтинговых проектов.

Технический директор

С.А. Котеленко, к.т.н.



ООО «Ипериион Системс Инжиниринг (Рус)» компания, созданная по законодательству Российской Федерации и входит в состав в группу компаний Ипериион Системс Инжиниринг, с головным офисом расположенном на Кипре и филиалами, зарегистрированными в

- Греции
- Российской Федерации
- Королевстве Бахрейн
- Королевстве Саудовской Аравии
- Индии
- Китае
- Сингапуре
- Великобритании

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
– начальник УМУ
ФГБОУ ВПО РГУПС
А.В. Охотников



2014 г.

АКТ

**о внедрении научных результатов
докторской диссертационной работы Гинис Л.А. в учебный процесс
Ростовского государственного университета путей сообщения**

В учебный процесс кафедры Информатика при обучении магистрантов по направлению «Информатика и вычислительная техника» внедрены следующие результаты докторской диссертации Гинис Л.А.:

- классификационная схема методов моделирования и прогнозирования для исследования поведения и динамики социально-экономических систем на основе когнитивного подхода;
- инструментарий моделирования подсистем социально-экономических систем четкими и многослойными нечеткими когнитивными картами,
- методы исследования структурных и динамических свойств подсистем социально-экономических систем и разработки управляющих решений.

Указанные результаты включены в курсы: «Моделирование информационных процессов и систем», «Информационно-управляющие системы в научных исследованиях и на производстве», «Проектирование информационно-управляющих систем».

Использование в учебном процессе результатов докторской диссертации Гинис Л.А. позволило повысить уровень подготовки магистров в области методов моделирования компьютерных сетей, информационно-управляющих автоматизированных систем на железнодорожном транспорте, а также способствовало созданию новых лабораторных и практических работ по отмеченным курсам.

Форма внедрения. Результаты научной работы Гинис Л.А. отражены в следующих учебно-методических разработках, используемых в учебном процессе:

1. Гинис, Л.А. Мировые информационные ресурсы, информационный бизнес и Интернет: учеб. пособие / Л.А. Гинис. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – 104с.
2. Гинис, Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, Л.А. Гинис. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2005. – 288 с. (5,04/15,12 п.л.). – ISBN 5-7507-0157-3.
3. Гинис, Л.А. Научное предвидение в современном мире / Л.А. Гинис – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – 172 с. (10,75 п.л.). – ISBN 978-5-8327-0398-5

4. Гинис, Л.А. Нечеткие методы управления потоками в геоинформационных системах / С.Л. Беляков, А.В. Боженюк, Л.А. Гинис, Е.М. Герасименко. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 176 с. – ISBN 978-5-8327-0493-7.

5. Информационное обеспечение процесса управления экономическими системами. Научное издание. / А.В. Бабилова, И.С. Богомолова, М.А. Боровская, Л.А. Гинис, А.В. Игнатьев, С.А. Сенченко, Л.Г. Матвеева, И.К. Шевченко; Под ред. проф. М.А. Боровская; доц. И.К. Шевченко. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – 267 с., С.80-108. (1,8/16,7 п.л.). – ISBN 978-5-8327-0283-4.

Д.т.н., профессор кафедры «Информатика»
руководитель направления подготовки магистров
«Информатика и вычислительная техника»

Бутакова М.А.

Приложение 3. Описание программы «GraphTask»

Для автоматизации проведения импульсного моделирования и прогноза развития социально-экономической системы разработана программа на языке С# «GraphTask».

Разработанное программное обеспечение включает три модуля. Представим их кратко.

1. Модуль создания и корректировки взвешенного орграфа отвечает за выполнение следующих функций.

- задание вершин орграфа для будущей модели;
- ввод матрицы смежности, описывающей отношения между элементами модели (рисунок 1);

	А Энергетические мощности	В Потребление энергии	С Стоимость энергии	Д Населенность	Е Число рабочих мест	Ф Количество предприятий	Г Состояние окр. среды
А Энергетические мощности	0	0	-1	0	0	-1	0
В Потребление энергии	1	0	1	0	0	0	-1
С Стоимость энергии	0	-1	0	0	0	0	0
Д Населенность	0	1	0	0	0	0	0
Е Число рабочих мест	0	0	0	1	0	0	0
Ф Количество предприятий	0	1	0	0	1	0	0
Г Состояние окр. среды	0	0	0	1	0	0	0

Рисунок 1. – Матрица смежности

- задание исходных значений параметров вершин орграфа (рисунок 2);
- визуализация созданного орграфа (рисунок 3);
- сохранение построенного орграфа в файле на машиночитаемом носителе для последующего использования построенной познавательной модели.

Вектор исходных значений вершин
8
16,65
2,8
4,2295
2,199
16,799
6

Рисунок 2 – Вектор исходных значений вершин

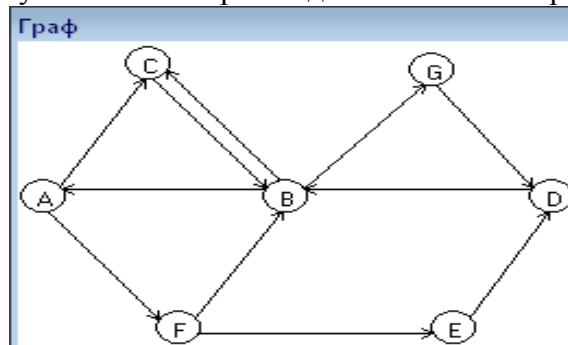


Рисунок 3 – Орграф

2. Модуль импульсного моделирования выполняет функции:

- открытие файла данных познавательной модели;
- выбор вершин (вершины) для импульса и задание начальных импульсов в вершине (вершинах) (рисунок 4);

Вектор начального импульса
0
0
0
0
0
0
1

Рисунок 4 – Вектор начального импульса

Правила задания вектора начального импульса следующие:

- значение вектора начального импульса получается следующим образом: если хотим улучшить состояние окружающей среды, которое на данный момент составляет 6, на 10 %, то вычисляем 10% от исходного значения данного показателя ($(10*6)/100=0,6$) и, следовательно, получаем вектор начального импульса (0;0;0;0;0;0,6);
- пользователь может выбрать одну или несколько вершин для импульса.
 - задание количества шагов моделирования (число тактов прогнозирования);
 - проведение расчетов импульсного моделирования по заданным входным данным (рисунок 5).

Число лет для прогнозирования:	5					Посчитать
Результаты прогнозирования:						
Показатели	1 Год	2 Год	3 Год	4 Год	5 Год	
Энергетические мощности	8	8	8,3	8,6	8,6	
Потребление энергии	16,65	16,95	17,25	17,25	16,95	
Стоимость энергии	2,8	2,8	3,1	3,1	2,8	
Населенность	4,5295	4,8295	5,1295	5,1295	5,1295	
Число рабочих мест	2,199	2,199	2,199	2,199	1,899	
Количество предприятий	16,799	16,799	16,799	16,499	16,199	
Состояние окружающей среды	6,6	6,9	6,9	6,9	7,2	

Рисунок 5 – Результаты прогнозирования

3. Модуль отображения результатов моделирования выполняет функции:

- представление сводной таблицы моделирования (показатели, стратегии) (рисунок 6);

Сводная таблица:			
Показатели	1	2	3
Энергетические мощности	9,2	9	8,6
Потребление энергии	17,25	17,15	16,95
Стоимость энергии	2,8	2,8	2,8
Населенность	6,0295	5,7295	5,1295
Число рабочих мест	1,599	1,699	1,899
Количество предприятий	15,599	15,799	16,199
Состояние окружающей среды	8,4	8	7,2
Назад			Выход

Рисунок 6 – Сводная таблица

- отображение на графике результатов моделирования и возможность распечатки на принтере (рисунок 7).

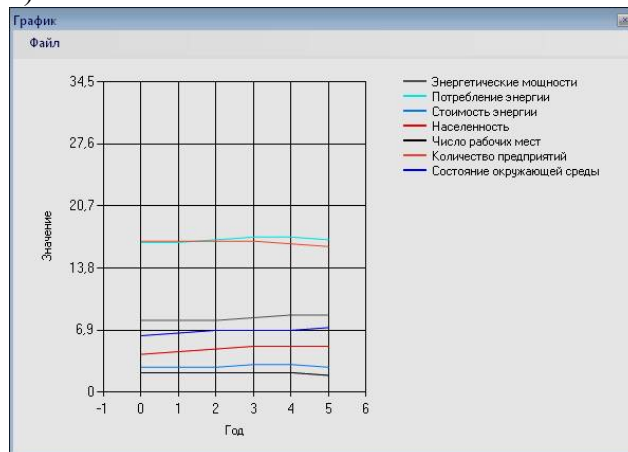


Рисунок 7 – График

Алгоритм программы можно отобразить в виде блок-схемы (рисунок 8).

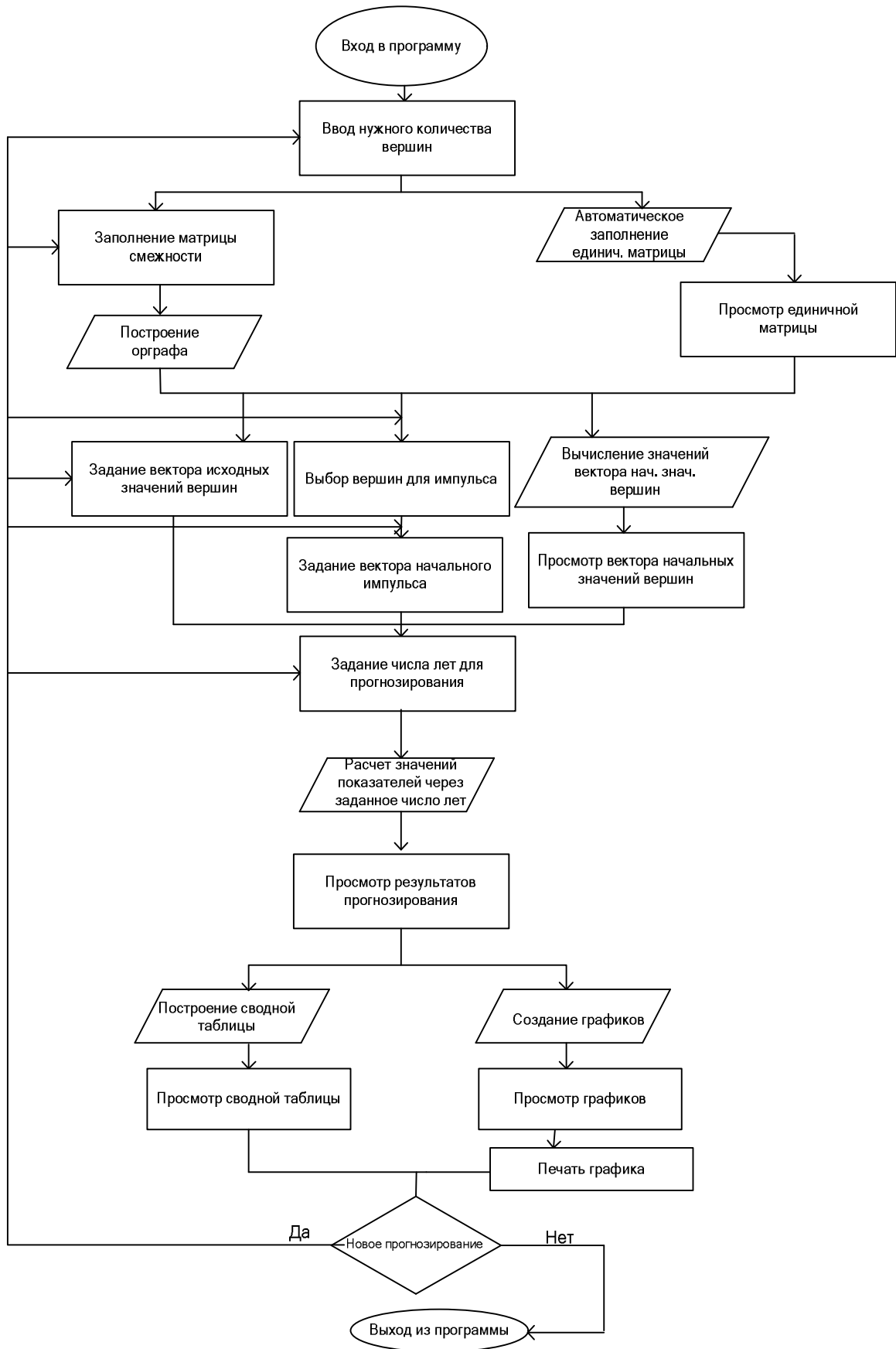


Рисунок 8 – Алгоритм

Представленный алгоритм в виде блок-схемы позволяет нам уяснить последовательность действий, которые должны быть выполнены при анализе процессов распространения возмущения на орграфе.

Фрагменты листинга программы

File Form1.cs

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Collections;
namespace GraphTask
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public const int nodeRadius = 10; //радиус вершины
        public const int arrowHeight = 5; //высота стрелки
        public const int arrowLength = 2; //длина стрелки
        public const int step = 2; //смещение
        //экземпляр места для прорисовывания графа
        public cGraphImage Graph;
        //для графа
        public struct fPoint
        {
            public float X, Y;
        }
        //вершина графа
        public class cNode
        {
            public char Name; //буква вершины графа
            public Point cords; //координаты вершины
            public Color col;
            public bool clicked;
            //конструктор
            public cNode(char Name, int x, int y)
            {
                this.Name = Name;
                cords = new Point(x, y);
                col = Color.Black;
                return;
            }
            public cNode()
            {
                cords = new Point(0,0);
            }
        }
        //ребро графа
        public class cRip
        {
            public cNode from; //из какой вершины
            public cNode to; //в какую вершину
            public int weight; //вес
            public cRip(cNode from,cNode to, int weight)
            {
                this.from = from;
                this.to = to;
                this.weight = weight;
                return;
            }
            public cRip()
            {
                return;
            }
        }
    }
}

```

```

//Graph-drawing place class
public class cGraphImage : PictureBox
{
    private ArrayList nodes;
    private ArrayList rips;
    //конструктор
public cGraphImage(Form parent,int left, int top, int width, int height)
    {
        this.Parent = parent;
        this.Left = left;
        this.Top = top;
        this.Width = width;
        this.Height = height;
        nodes = new ArrayList();
        rips = new ArrayList();
        this.Refresh();
        return;
    }
public cGraphImage(Form parent)
    {
        this.Parent = parent;
        this.Left = 0;
        this.Top = 0;
        this.Width = 0;
        this.Height = 0;
        nodes = new ArrayList();
        rips = new ArrayList();
        return;
    }
public cGraphImage()
    {
        nodes = new ArrayList();
        rips = new ArrayList();
        return;
    }
private float len(fPoint a, fPoint b)
    {
        return (float)(Math.Sqrt((a.X - b.X) * (a.X - b.X) + (a.Y - b.Y) * (a.Y - b.Y)));
    }
protected override void OnPaint(PaintEventArgs pe)
    {
        Pen myPen = new Pen(Color.Black);
        myPen.Brush = Brushes.Black;
        myPen.Width = 1;
        pe.Graphics.Clear(Color.White);
        for (int i = 0; i < nodes.Count; i++)
        {
            cNode it = (nodes[i] as cNode);
            myPen.Color = it.col;
            pe.Graphics.DrawEllipse(myPen, it.cords.X-nodeRadius, it.cords.Y-nodeRadius,
nodeRadius*2,nodeRadius*2);
            //букву
            char name;
            name = it.Name;
            pe.Graphics.DrawString(name.ToString(), this.Parent.Font, Brushes.Black, it.cords.X - 4, it.cords.Y-4);
            it = null;
        }
        myPen.Color = Color.Black;
        for (int i = 0; i < rips.Count; i++)
        {
            ...
            //простое добавление ребра
            public void connectNodes(int to, int from){

```

```

cRip newRip = new cRip(nodes[from] as cNode, nodes[to] as cNode, 3);
addRip(newRip);
}
//движение вершин
private cNode getNodeUnderMouse(Point cords)
{
    for (int i = 0; i < nodes.Count; i++)
    {
        cNode it = (nodes[i] as cNode);
        int x = cords.X;
        int x0 = it.cords.X;
        int y = cords.Y;
        int y0 = it.cords.Y;
        if (((x - x0) * (x - x0) + (y - y0) * (y - y0)) <= nodeRadius * nodeRadius)
        {
            return it;
        }
        it = null;
    }
    return null;
}
//получение указателя на вершину по номеру
public cNode getNode(int i)
{
    return nodes[i] as cNode;
}
//выделение
protected override void OnMouseMove(MouseEventArgs e)
{
    //если есть нажатая вершина - не выделяем ничего
    cNode clickedNode = null;
    for (int i = 0; i < nodes.Count; i++)
    {
        if ((nodes[i] as cNode).clicked)
        {
            clickedNode = nodes[i] as cNode;
        }
    }
    cNode it = getNodeUnderMouse(e.Location);
    if (it != null && (it==clickedNode || clickedNode == null))
    {
        it.col = Color.Red;
    }
    for (int i = 0; i < nodes.Count; i++)
    {
        if (nodes[i] != it && (nodes[i] as cNode).col == Color.Red && nodes[i] != clickedNode)
        {
            (nodes[i] as cNode).col = Color.Black;
        }
        if ((nodes[i] as cNode).clicked)
        {
            bool flag = false;
            int x, y, x1, y1;
            x = e.X;
            y = e.Y;
            for (int g = 0; g < nodes.Count; g++)
            {
                x1 = (nodes[g] as cNode).cords.X;
                y1 = (nodes[g] as cNode).cords.Y;
                if (((x - x1) * (x - x1) + (y - y1) * (y - y1)) <= (4*nodeRadius * nodeRadius) && i != g)
                {
                    flag = true;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    if (!flag && (e.X - nodeRadius) > 0 && (e.X + nodeRadius) <= Width && (e.Y - nodeRadius) > 0 && (e.Y
+ nodeRadius) <= Height)
    {
        (nodes[i] as cNode).cords.X = e.Location.X;
        (nodes[i] as cNode).cords.Y = e.Location.Y;
    }
}
}
this.Refresh();
}
protected override void OnMouseUp(MouseEventArgs e)
{
    for (int i = 0; i < nodes.Count; i++)
    {
        if ((nodes[i] as cNode).clicked)
        {
            (nodes[i] as cNode).clicked = false;
        }
    }
}
//снятие выделения если вышли за пределы
protected override void OnMouseLeave(EventArgs e)
{
    for (int i = 0; i < nodes.Count; i++)
    {
        if ((nodes[i] as cNode).col == Color.Red)
        {
            (nodes[i] as cNode).col = Color.Black;
        }
    }
    this.Refresh();
    return;
}
//нажатие клавиши
protected override void OnMouseDown(MouseEventArgs e)
{
    if (e.Button != MouseButton.Left)
    {
        return;
    }
    cNode it = getNodeUnderMouse(e.Location);
    if (it != null)
    {
        it.clicked = true;
    }
    this.Refresh();
    return;
}
}
public Form1()
{
    InitializeComponent();
}
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
}
}
}
}
}

```

...
File MainForm.cs
using System;

```

using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;
namespace GraphTask
{
    public partial class MainForm : Form
    {
        public char[] englishAlphab = new char[26]
        {'A','B','C','D','E','F','G','H','I','J','K','L','M','N','O','P','Q','R','S','T','U','V','W','X','Y','Z'};
        public enum eDocks { None, Left, Top, Right, Bottom }
        //const
        const int lHeight = 14;
        const int lWidth = 10;
        //GLOBALS
        public cMatrixGrid connectMatrix;
        public GraphForm GraphForm;
        public PrognosisForm prognosisForm;
        public eDocks GraphDocked = eDocks.None;
        public eDocks GraphicsDocked = eDocks.None;
        public eDocks PrognosisDocked = eDocks.None;
        public eDocks TableDocked = eDocks.None;
        public PrognosisForm.cSimpleGrid identityMatrix;
        public TableForm tableForm;
        public GraphicForm graphicForm;
        public int dockDeltaGraph=0,dockDeltaGraphics=0,dockDeltaPrognosis=0,dockDeltaTable = 0;
        public MainForm()
        {
            InitializeComponent();
        }
        public class cMatrixGrid : PictureBox
        {
            // private Point columnSize; //draw size of column
            // private Point rowSize; //draw size of row
            private int colCount; //current columns
            private int rowCount; //current rows
            private NumericUpDown delNum; //instance of a NumericUpDown element, occurs when trying to fix an int cell
in grid
            private TextBox delText; //instance of a TextBox element, occurs when trying to fix a text cell
            private string[,] Values; // values of grid
            private Point clicked; //cords of clicked cell
            private Point textCord;//cords of textBox
            private Point intCord;//cords of numericUpDown
            private void ValChange(int x,int y, string newVal)
            {
                if (x * y != 0)
                {
                    //задан вес
                    if (newVal != "0")
                    {
                        (Parent as MainForm).GraphForm.Graph.connectNodes(y - 1, x - 1);
                    }
                }
            }
            else
            {
                if (x + y != 0)
                {
                    //задано имя
                    (Parent as MainForm).prognosisForm.updateResultsNames();
                    (Parent as MainForm).graphicForm.updateSeries();
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        (Parent as MainForm).tableForm.UpdateNames();
    }
}
return;
}
//propertyes
//Cell
public String[,] Cell
{
    get
    {
        return Values;
    }
}
//Count
public int Count
{
    get
    {
        return colCount-1;
    }
}
//конструкторы
public cMatrixGrid(Form parent)
{
    rowCount = 0;
    colCount = 0;
    delNum = null;
    this.Parent = parent;
    clicked = new Point(0, 0);
    textCord = new Point(0, 0);
    intCord = new Point(0, 0);
}
public cMatrixGrid(Form parent, int Left, int Top, int Width, int Height)
{
    rowCount = 0;
    colCount = 0;
    delNum = null;
    this.Parent = parent;
    this.Width = Width;
    this.Height = Height;
    this.Left = Left;
    this.Top = Top;
    clicked = new Point(0, 0);
    textCord = new Point(0, 0);
    intCord = new Point(0, 0);
}
//реинициализация класса
public void reInit(int maxNodes){
    Values = new string[maxNodes, maxNodes];
    if (delText != null)
    {
        delText.Dispose();
        delText = null;
    }
    if (delNum != null)
    {
        delNum.Dispose();
        delNum = null;
    }
    clicked.X = 0;
    clicked.Y = 0;
    intCord.X = 0;

```

```

intCord.Y = 0;
textCord.X = 0;
textCord.Y = 0;
rowCount = maxNodes;
colCount = maxNodes;
Values[0, 0] = "";
for (int i = 1; i < maxNodes; i++)
{
    for (int g = 1; g < maxNodes; g++)
    {
        Values[i, g] = "0";
    }
}
for (int i = 1; i < maxNodes; i++)
{
    Values[0, i] = "?";
    Values[i, 0] = "?";
}
this.Refresh();
return;
}
//перепроверка
public void reCheck()
{
    for (int i = 0; i < colCount; i++)
    {
        for (int g = 0; g < rowCount; g++)
        {
            ValChange(i, g, Values[i, g]);
        }
    }
    Refresh();
}
//отрисовка
protected float[] getCords(int colInd, int rowInd, int rowCount, int colCount, float H, float W)
{
    float[] res = new float[4];
    float cW, cH;
    cW = W / colCount;
    cH = H / rowCount;
    res[0] = colInd * cW;
    res[1] = rowInd * cH;
    res[2] = cW;
    res[3] = cH;
    return res;
}
protected override void OnPaint(PaintEventArgs pe)
{
    pe.Graphics.Clear(Color.White);
    Pen myPen = new Pen(Color.Black, 1);
    pe.Graphics.DrawRectangle(myPen, 0, 0, Width - 1, Height - 1);
    float[] cords = new float[4];
    for (int i = 0; i < colCount; i++)
    {
        for (int g = 0; g < rowCount; g++)
        {
            cords = getCords(i, g, rowCount, colCount, Height, Width);
            //рисуем
            pe.Graphics.DrawRectangle(myPen, cords[0], cords[1], cords[2], cords[3]);
            //расставляем значения
            if (i * g == 0 && i + g != 0)
            {

```

```

        pe.Graphics.DrawString((Parent as MainForm).englishAlphab[i + g - 1] + " " + Values[i, g], Parent.Font,
Brushes.Red, cords[0], cords[1]);
    }
    else
    {
        pe.Graphics.DrawString(Values[i, g], Parent.Font, Brushes.Red, cords[0], cords[1]);
    }
}
}
//рисуем выделенную, если есть
if (clicked.X + clicked.Y != 0)
{
    myPen.Width = 2;
    myPen.Color = Color.Blue;
    cords = getCords(clicked.X, clicked.Y, rowCount, colCount, Height, Width);
    if (clicked.X == 0)
    {
        cords[0]++;
        cords[2]--;
    }
    if (clicked.X == colCount - 1)
    {
        cords[2]--;
    }
    if (clicked.Y == 0)
    {
        cords[1]++;
        cords[3]--;
    }
    if (clicked.Y == rowCount - 1)
    {
        cords[3]--;
    }
    pe.Graphics.DrawRectangle(myPen, cords[0], cords[1], cords[2], cords[3]);
}
}
//получение номера клетки
private int[] getCell(Point mouseCord)
{
    float cW, cH;
    cW = Width / colCount;
    cH = Height / rowCount;
    int[] res = new int[2];
    res[0] = (int)(mouseCord.X / cW);
    res[1] = (int)(mouseCord.Y / cH);
    return res;
}
//получаем значение клетки
int[] point;
point = getCell(e.Location);
clicked.X = point[0];
clicked.Y = point[1];
if (delText != null && textCord != clicked) //смена фокуса для текста
{

```

...

Приложение 4. Фрагменты листинга программы Matrix

Main.cpp

```
#include "mainwindow.h"
#include <QApplication>
int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication a(argc, argv);
    MainWindow w;
    w.show();
    return a.exec();
}
MainWindow.h
#ifndef MAINWINDOW_H
#define MAINWINDOW_H
#include <QMainWindow>
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <QDebug>
#include <vector>
#include <map>
struct Mystruct
{
    std::map<unsigned int,bool> Map;
    double value;
};
namespace Ui {
class MainWindow;
}
class MainWindow : public QMainWindow
{
    Q_OBJECT
public:
    explicit MainWindow(QWidget *parent = 0);
    ~MainWindow();
    std::vector<Mystruct*> result;
    std::vector<Mystruct*> iterator;
    std::vector<Mystruct*> buffer;
    Mystruct *newel;
    void check();
    void minimize(std::vector<std::vector<double> >);
    void showResult();
public slots:
    void changeMatrix(int number);
    void count();
private:
    Ui::MainWindow *ui;
};
#endif // MAINWINDOW_H
```

Mainwindow.cpp

```
#include "mainwindow.h"
#include "ui_mainwindow.h"

MainWindow::MainWindow(QWidget *parent) :
    QMainWindow(parent),
    ui(new Ui::MainWindow)
{
    ui->setupUi(this);
    connect(ui->spinBox,SIGNAL(valueChanged(int)),this,SLOT(changeMatrix(int)));
    connect(ui->pushButton,SIGNAL(clicked()),this,SLOT(count()));
}
MainWindow::~MainWindow()
```

```

{
    delete ui;
}
void MainWindow::changeMatrix(int number)
{
    ui->tableWidget->setColumnCount(number);
    ui->tableWidget->setRowCount(number);
}
void MainWindow::check()
{
    std::cout<<"Checking..."<<std::endl;
    int notfound = 0;
    bool deleted = 0, remove = 0;
    std::cout<<"Result vector:"<<std::endl;
    for(unsigned int i=0; i<result.size();i++)
    {
        std::cout<<result[i]->value<<" ";
        for (std::map<unsigned int,bool>::iterator it=result[i]->Map.begin(); it!=result[i]->Map.end(); ++it)
        {
            std::cout<<it->first<<" "<<it->second<<" ";
        }
        std::cout<<std::endl;
    }
    std::cout<<"New element:"<<std::endl;
    std::cout<<newel->value<<" ";
    for (std::map<unsigned int,bool>::iterator it=newel->Map.begin(); it!=newel->Map.end(); ++it)
    {
        std::cout<<it->first<<" "<<it->second<<" ";
    }
    std::cout<<std::endl;
    for(unsigned int i=0; i<result.size();i++)
    {
        if(result[i]->Map.size()<newel->Map.size())
        {
            for (std::map<unsigned int,bool>::iterator it=result[i]->Map.begin(); it!=result[i]->Map.end(); ++it)
            {
                std::cout<<"Searching0: "<<it->first<<" end: "<<newel->Map.end()->first<<std::endl;
                if(newel->Map.find(it->first)==newel->Map.end()/*&&newel->Map.end()->first!=it->first*/)
                {
                    std::cout<<"Not found0: "<<std::endl;
                    notfound++;
                    break;
                }
            }
        }
        if(notfound==0)
            if(result[i]->value>=newel->value)
            {
                std::cout<<"Coincidense => element should be deleted"<<std::endl;
                deleted = 1;
                break;
            }
        notfound = 0;
    }
    if(result[i]->Map.size()>=newel->Map.size())
    {
        for (std::map<unsigned int,bool>::iterator it=newel->Map.begin(); it!=newel->Map.end(); ++it)
        {
            std::cout<<"Searching 1: "<<it->first<<" end: "<<result[i]->Map.end()->first<<std::endl;
            if(result[i]->Map.find(it->first)==result[i]->Map.end()/*&&result[i]->Map.end()->first!=it->first*/)
            {
                std::cout<<"Not found 1: "<<std::endl;
                notfound++;
                break;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
}
if(notfound==0)
{
    if(result[i]->value<=newel->value)
    {
        std::cout<<"Coincidense => element in vector should be deleted"<<std::endl;
        std::cout<<"Checking from the beginning..."<<std::endl;
        result.erase(result.begin()+i);
        remove = 1;
        break;
    }
    else
    {
        if(result[i]->Map.size()==newel->Map.size()) {
            deleted = 1;
            break;
        }
        else {
            deleted = 0;
        }
    }
}
notfound = 0;
}
}
if(!deleted||remove)
{
    result.push_back(newel);
    std::cout<<"Adding new element"<<std::endl;
}
std::cout<<"Checking finished"<<std::endl;
}
void MainWindow::minimize(std::vector<std::vector<double> > matrix)
{
    for(unsigned int i=0; i<matrix.size(); i++)
    {
        newel = new Mystruct;
        Mystruct *firstelem = new Mystruct;
        double min = matrix[i][0];
        for(int j=0; j<matrix.size(); j++)
        {
            min = std::min(min,matrix[i][j]);
        }
        firstelem->value = matrix[i][0];
        firstelem->Map[i] = 1;
        newel->value = min;
        newel->Map[i] = 1;
        // result.push_back(newel);
        iterator.push_back(firstelem);
    }
    for(unsigned int i=1; i<matrix.size(); i++)
    {
        std::cout<<"=====Iteration " <<i<<std::endl;
        for(unsigned int j = 0; j<iterator.size(); j++)
        {
            for(unsigned int k = 0; k<matrix.size(); k++)
            {
                newel = new Mystruct;
                newel->value = std::min(iterator[j]->value,matrix[k][i]);
                for (std::map<unsigned int,bool>::iterator it=iterator[j]->Map.begin(); it!=iterator[j]->Map.end(); ++it)
                {

```

```

        //newel->Map = iterator[j]->Map;
        newel->Map[it->first] = 1;
    }
    newel->Map[k] = 1;
    this->check();
}
}
iterator = result;
result.clear();
}
}
void MainWindow::count()
{
    std::vector<std::vector<double>> matrix, matrix2, matrix3;
    std::vector<double> newline;
    QTableWidgetItem *newItem;
    QString newdata;
    ui->textBrowser->clear();
    double Mbuf = 0, min = 0;
    for(int i=0; i<ui->tableWidget->columnCount(); i++)
    {
        for(int j=0; j<ui->tableWidget->columnCount(); j++)
        {
            newline.push_back(ui->tableWidget->item(i,j)->text().toDouble());
        }
        matrix.push_back(newline);
        matrix2.push_back(newline);
        matrix3.push_back(newline);
        newline.clear();
    }
    for(int i=0; i<matrix.size(); i++)
    {
        for(int j=0; j<matrix.size(); j++)
            std::cout<<matrix[i][j]<<" ";
        std::cout<<std::endl;
    }
    for(unsigned int l = 0; l<matrix.size()-1; l++)
    {
        for(unsigned int k = 0; k<matrix.size(); k++)
            for(unsigned int i = 0; i<matrix.size(); i++)
            {
                for(unsigned int j = 0; j<matrix.size(); j++)
                {
                    min = std::min(matrix2[k][j],matrix[j][i]);
                    if(min>Mbuf)
                        Mbuf = min;
                }
                matrix3[k][i] = Mbuf;
                Mbuf = 0;
            }
        matrix2 = matrix3;
    }
    ui->tableWidget_2->setColumnCount(matrix3.size());
    ui->tableWidget_2->setRowCount(matrix3.size());
    for(unsigned int i=0; i<matrix2.size(); i++)
        matrix2[i][i]=1;
    for(unsigned int i=0; i<matrix3.size(); i++)
        for(unsigned int j=0; j<matrix3.size(); j++)
        {
            newItem = new QTableWidgetItem();
            // newdata.number(matrix[i][j]);
            newdata = QString::number(matrix2[i][j]);
            qDebug()<<matrix2[i][j];

```

```

        newItem->setText(newdata);
        qDebug()<<newdata;
        ui->tableWidget_2->setItem(i,j,newItem);
    }
    this->minimize(matrix2);
    ui->textBrowser->append("Базы:");
    this->showResult();
    iterator.clear();
    for(unsigned int i = 0; i<matrix2.size(); i++)
    {
        for(unsigned int j = 0; j<matrix2.size(); j++)
            matrix3[j][i] = matrix2[i][j];
    }
    this->minimize(matrix3);
    ui->textBrowser->append("Антибазы:");
    this->showResult();
    iterator.clear();
    for(unsigned int i = 0; i<matrix2.size(); i++)
    {
        for(unsigned int j = 0; j<matrix2.size(); j++)
            matrix3[i][j] = std::min(matrix2[i][j],matrix2[j][i]);
    }
    this->minimize(matrix3);
    ui->textBrowser->append("Сильная связность:");
    this->showResult();
    iterator.clear();
}
void MainWindow::showResult()
{
    std::cout<<"Result vector:"<<std::endl;
    QString resultbuf;
    for(unsigned int i=0; i<iterator.size();i++)
    {
        std::cout<<iterator[i]->value<<": ";
        resultbuf+=QString::number(iterator[i]->value)+" ";
        for (std::map<unsigned int,bool>::iterator it=iterator[i]->Map.begin(); it!=iterator[i]->Map.end(); ++it)
        {
            std::cout<<it->first<<" "<<it->second<<" ";
            resultbuf+="x"+QString::number(it->first+1);
        }
        resultbuf+=")v";
        std::cout<<std::endl;
        // ui->textBrowser->append();
    }
    resultbuf.chop(1);
    ui->textBrowser->append(resultbuf);
}
...

```