

На правах рукописи

БУРЫЛОВ Василий Сергеевич

**ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ
НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(стандартизация и управление качеством продукции)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Санкт-Петербург – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Научный консультант: доктор экономических наук, профессор
Леонова Татьяна Иннокентьевна

Официальные оппоненты: **Андреева Татьяна Анатольевна**, доктор экономических наук, доцент, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, профессор кафедры теории менеджмента и бизнес-технологий

Макаров Владимир Васильевич, доктор экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, профессор кафедры экономики данных

Фролова Елена Александровна, доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, заведующий кафедрой инноватики и интегрированных систем качества

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет»

Защита состоится «__» _____ 2026 года в ____ часов на заседании диссертационного совета 24.2.386.02 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» по адресу: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, лит. А, ауд. _____

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <http://unecon.ru/dis-sovety/dissertaczii-predstavlennye-v-spbgeu/> федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет».

Автореферат разослан «__» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

Хорева Л.В.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В эпоху технического прогресса, возникновения новых потребностей человека и общества, а также наличия неопределённых угроз и возможностей возрастает актуальность стратегических решений. Это особенно важно для фундаментальных проблем качества, охватывающих такие направления, как устойчивое развитие, качество государственного управления и качество жизни человека в условиях возрастания рисков и активного внедрения цифровых технологий.

В принятой директиве стратегического развития РФ основной целью ставится экономический рост и повышение качества жизни человека в условиях цифровой трансформации, что определяет значимость стратегического управления качеством, как базы для данных преобразований и необходимость построения стратегии качества в каждой организации и обществе в целом для создания стратегических приоритетов. При этом особое значение приобретает разработка оптимальной стратегии качества с учётом ресурсных и институциональных ограничений, характерных для текущего этапа цифрового развития.

В настоящее время сохраняется ряд вопросов, связанных с формированием оптимальной стратегии качества организации на базе цифровых методов и моделей. К их числу относятся недостаточная теоретическая и методологическая проработанность проблем построения стратегии качества как в её всеобщем, так и в локальном измерении; ограниченное использование методов искусственного интеллекта и цифровых технологий в процессе стратегического управления качеством; отсутствие комплексных механизмов достижения оптимального уровня качества на основе создания и анализа цифровых двойников. Решение таких вопросов потребует дальнейшего совершенствования концепции Всеобщего управления качеством (Total Quality Management) для построения оптимальных стратегий в области качества на основе цифровых методов и моделей. В совокупности это обусловило высокую актуальность проблемы формирования стратегии качества организации и общества на основе цифровых методов и моделей и предопределило выбор направления диссертационного исследования, его цель и задачи.

Степень разработанности научной проблемы. Вопросы теории, методологии и практических рекомендаций по формированию стратегического управления качеством представлено в зарубежных и отечественных исследованиях, среди которых работы таких зарубежных авторов как И. Ансофф, Б. Альстрэнд, Дж. Барни, Э.М. Гольдратт, С. Гошал, Р. Грант, П. Друкер, Р. Кох, Б. Куинн, Дж. Д. Кэмпбелл,

Д. Кэнзуэлл, Дж. Лэмпел, Г. Минцберг, М. Портер, К. Прахалад, Д. Стоунхаус, Д. Тис, Б. Хьюстон, Г.Хэмел, а также отечественных авторов таких как Т.А. Андреева, А.М. Аронов, М.С. Бабарин, А.Г. Гаркушин, В.В. Ефимов, Н.В. Злобина, А.Т. Зуб, А.Н. Петров, Л.Ф. Попова, М.В. Самсонова и др.

Среди работ, посвященных проблемам стратегии качества организаций, следует выделить труды Ю.П. Адлера, И.И. Антоновой, М.С. Бабарина, В.Я. Белобрагина, Н.А. Бонюшко, А. Воробьева, Е.А. Горбашко, Т.И. Зворыкиной, Й. Кондо, Т.И. Леоновой, В.В. Окрепилова, В.Г. Прохорович, Ю.И. Ребрина, К.М. Туманова, М. В. Утевской, Н.Ю. Четыркина, и др.

Работы по формированию стратегии качества устойчивого развития регионов принадлежат таким авторам как Е. В. Азимица, А. В. Бабкин, В. Я. Белобрагин, Л.И. Бирюкова, Ю.В. Вершинина, Н. В. Говорова, Н.В. Злобина, С.Н. Кузьмина, Т.Р. Мкртчян, М.О. Подпругин, Т.А. Салимова, А. В. Титова, Е.А. Третьякова, Ю.В. Черных и др.

Исследованию цифровых методов и моделей стратегии качества, уделено внимание в трудах таких авторов как Г.Г. Азгальдов, Т.А. Андреева, В.Г. Благовещенский, А.И. Боровков, Е.В. Васильева, В.В. Васильев, Л.В. Виноградов, В.Е. Гмурман, И.В. Дергачева, А.Г. Жукова, М.И. Лысачев, В.В. Макаров, В.И. Маколов, В.В. Мирошников, А.И. Орлов, А.Н. Прохоров, В.Г. Самойлович, В.П. Семенов, Е.А. Фролова, Л.В. Черненькая и др.

Анализ существующих исследований показывает, что недостаточно разработаны теоретические и методологические основы стратегического управления качеством в контексте глобальных изменений внешней среды, таких как цифровизации, устойчивого развития глобальных рисков и прочего. В большинстве случаев качество рассматривается через призму конечных результатов деятельности организации, что сводится к анализу экономических показателей и рыночных параметров. Однако такая оценка не отражает комплексное влияние качества на устойчивое развитие, включая его социальные и экологические аспекты. Остается недостаточно изучен вопрос формирования стратегии качества в моделях устойчивого развития, отдельного внимания требует разработка моделей системного анализа оптимального управления качеством и цифровых методов.

Целью диссертационного исследования является разработка теоретических, методологических, методических основ формирования стратегии качества социально – экономических объектов, в частности

организации, регионов, государства, в новых условиях развития общества, на базе применения цифровых методов и моделей математического анализа, оптимизации, векторных подходов и нейронных сетей.

В соответствии с целью исследования в работе были поставлены следующие **задачи**:

1) В свете развития теории стратегического управления качеством разработать концептуальные основы стратегического управления качеством социально – экономического объекта в контексте современных парадигм стратегического управления.

2) Разработать модель всеобщей и локальной стратегии качества социально-экономических объектов.

3) Уточнить содержание понятия оптимальной стратегии качества и разработать алгоритм её формирования с использованием инструментов системного анализа.

4) Разработать алгоритм оптимизации многопараметрического тензора качества на основе эвристического метода медианы Кемени и последующего матричного анализа с применением авторского программного кода на языке Python.

5) Разработать методологический подход к формированию оптимальной стратегии качества развития территориальных социально-экономических объектов Российской Федерации на основе применения векторной оптимизации системы установленных показателей с использованием цифровых методов, направленных на обоснование, разработку и внедрение эффективных управленческих решений.

6) Предложить использование экспертной системы в рамках машинного обучения для решения задач оптимизации стратегии качества.

7) Разработать алгоритм по использованию цифровых двойников при проектировании стратегии качества оптимизируемых процессов.

8) Разработать методологический подход к формированию целевых показателей стратегии качества процесса производства продукции на основе использования создаваемых в ходе машинного обучения экспертных систем.

9) В рамках стратегии качества организаций Водоканала разработать методику, обеспечивающую оптимальные значения тензора качества в контексте качества процесса очистки питьевой воды (на примере ГУП «Водоканал СПб»).

Объектом диссертационного исследования являются социально-экономические объекты, в частности организации, регионы (территории), государство, реализующие цифровые методы и модели для построения стратегии качества социально – экономических объектов.

Предметом диссертационного исследования являются теоретические и методологические аспекты формирования стратегии качества организации на основе цифровых методов и моделей системного анализа элементов качества и их практического применения.

Теоретической базой диссертационного исследования послужили фундаментальные труды зарубежных учёных в области стратегического управления качеством. Важное методологическое значение для работы имели положения теории устойчивого развития организации и общества, а также фундаментальные концепции теории системного анализа, математической оптимизации и статистики.

Диссертационное исследование опирается на международные стандарты ИСО серии 9000, международные стандарты в области управления качеством и устойчивого развития, а также национальные стандарты ГОСТ, соответствующие тематике работы.

Методологическую основу диссертационного исследования образуют общенаучные и специальные цифровые методы системного анализа, логические методы познания, приёмы классификации и систематизации, методы экспертных оценок, оптимизационного моделирования и линейного программирования, а также инструментарий искусственного интеллекта и нейронных сетей, квалиметрические и векторные многокритериальные подходы к оценке качества. Сформулированные в работе выводы представлены в логически завершённом виде и обоснованы соответствующими расчётами, включая результаты исследований, выполненных с использованием цифровых двойников.

Информационную базу диссертационного исследования образуют данные официальных источников, включая материалы по устойчивому развитию общества, размещённые на сайте ООН, статистическую информацию о социально-экономическом развитии Российской Федерации с официального сайта Федеральной службы государственной статистики (Росстат), данные официальных ресурсов Министерств РФ, а также нормативные правовые документы и стандарты ГОСТ Р. Дополнительно использованы числовые базы данных и аналитические материалы, сформированные автором на основе информации, полученной в организациях.

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечиваются применением общепризнанных научных положений TQM, теории систем и нормативных документов в области экономики качества, рассмотренных в большом количестве научных источников, а также публикацией в журналах рекомендованных ВАК, апробацией на ряде конференция.

Обоснованность результатов диссертационного исследования определяется грамотным использованием методов многомерного, статистического и оптимизационного анализа, базирующихся на наиболее авторитетных и цитируемых научных источниках. Для решения поставленных задач применялись методы системного анализа и обработки массивов статистических данных с использованием прикладных программных средств Statistica 13, SPSS, MATLAB, Python и иных цифровых инструментов.

Содержание диссертации соответствует Паспорту научной специальности 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика (стандартизация и управление качеством продукции)» по п. 12 «Стандартизация и управление качеством продукции» в части пп.: 12.8 - Резервы и механизмы повышения качества продукции; 12.10 - Организационно-экономические аспекты совершенствования инструментария обеспечения качества продукции.

Научная новизна основных результатов состоит в разработке теоретико-методологических и методических положений по формированию стратегии качества социально-экономических объектов, организаций, регионов, государства в новых условиях развития общества на базе цифровых методов и моделей, в том числе методов оптимизации; применения тензора качества, использования экспертных систем, нейронных сетей и цифровых двойников по их применению в отраслях народного хозяйства, что позволяет формировать оптимальную стратегию качества развития страны для достижения ее стратегических целей.

К основным результатам диссертации, полученным лично автором и обладающим научной новизной, относятся:

1. В развитие теории управления качеством разработана концептуальная модель стратегического управления качеством для социально-экономических объектов в рамках новой парадигмы стратегического управления, обусловленной изменениями внешней среды (цифровизации, неопределённости и рисков, устойчивого развития общества, качества жизни, качества государственного управления),

внутренней среды (ресурсного превосходства, управления знаниями, динамическими способностями) и актуальными подходами принятия стратегических решений (стейкхолдерским, системным, адаптивным, ситуационным, проектно-портфельным), определено, что цифровизация выступает базовой платформой стратегического управления; в рамках новой парадигмы раскрыто содержание основных элементов стратегии качества в условиях цифровизации, что в целом отличает данную концепцию от представленных ранее и создает теоретический фундамент для последующих научных положений данной диссертации. Предложенная концепция позволит формировать оптимальную стратегию качества социально – экономических объектов в новых условиях хозяйствования.

2. Разработана модель стратегии качества развития социально-экономического объекта как совокупности стратегий различной уровневой иерархии, а именно: всеобщей стратегии качества (уровня направления общей или корпоративной стратегии) и локальной стратегии качества (уровня функциональной стратегии) социально-экономического объекта, то есть как разных по уровню и содержанию стратегий; представлены взаимосвязь стратегий и векторное представление характеристик стратегий, определены основные элементы формирования стратегии качества как всеобщего, так и локального характера, а именно: целеполагание на основе иерархии целей стратегии качества, проведение внешнего и внутреннего анализа и выбора направления стратегии качества социально-экономического объекта, формализованы векторные характеристики модели, необходимые для их использования во всех предлагаемых цифровых методах и моделях последующих пунктов новизны. В научном плане предложенный подход позволит проводить уровневый анализ формирования стратегии качества организаций и социально – экономических объектов.

3. Определено понятие оптимальной стратегии качества социально – экономического объекта как стратегии, направленной на получение наилучшего результата в области качества при динамическом изменении параметрических требований и внешних воздействий в условиях ограниченных ресурсов; разработан концептуальный алгоритм формирования оптимальной стратегии качества, включающий семь этапов с использованием цифровых методов и моделей системного анализа: в том числе: детерминированных, стохастических, экспертных, комбинированных, являющихся методологической основой для последующего изложения используемых в алгоритме цифровых

методов и моделей. Предложенный алгоритм позволяет находить оптимальное решение при формировании стратегии качества с помощью цифровых моделей и методов, что обеспечивает успех ее реализации и экономию ресурсов.

4. Впервые предложено оценивать оптимальные параметры стратегии качества социально-экономического объекта в виде тензора первого ранга, повышающего достоверность параметров стратегии качества организации, разработан авторский алгоритм нахождения тензора качества с использованием эвристического метода Медианы Кемени и последующего матричного анализа, с помощью разработанного кода на языке Python. Представленный алгоритм позволяет получать надежные результаты целевых показателей стратегии качества, в том числе и в случае использования нечисловых и неопределенных входных параметров математической модели.

5. Для реализации представленных теоретических предложений разработан методологический подход к формированию оптимальной стратегии качества развития территориальных социально-экономических объектов, в частности регионов России; предложены интерпретации моделей развития на основе векторной оптимизации установленных показателей стратегии качества и применения цифровых методов, в частности кластеризации, регрессионного и корреляционного анализа, что позволяет на практике формировать стратегии качества устойчивого развития регионов в ходе социально-экономических преобразований.

6. В развитие цифровых методов формирования стратегии качества разработана экспертная система для неформального выбора параметров стратегии качества социально-экономического объекта, впервые построенная в ходе проведенного машинного обучения, которая на основе встроенных в нее знаний специалистов производит оценку компетентности привлекаемой проектной команды специалистов по формированию параметров стратегии качества на основе цифрового инструмента байесовской сети доверия, реализуемой с помощью авторской компьютерной программы на базе софта HUGIN 9.5. Разработанная программа обеспечивает объективный выбор экспертов для построения стратегии качества.

7. Автором разработан алгоритм проектирования цифровых двойников стратегии качества организации, одновременно сочетающего возможности искусственного и естественного интеллектов, получающиеся в ходе процедуры машинного обучения; такое

проектирование отличается тем, что впервые позволяет учитывать входные параметры стратегии качества разной природы, необходимые для разработки мероприятий стратегии качества и прогнозирования ее коррекции во времени.

8. С использованием предлагаемых цифровых методов и моделей разработан методологический подход к формированию целевых показателей стратегии качества процесса производства продукции на основе использования создаваемых в ходе машинного обучения экспертных систем, который отличает возможность совместного учета объективных и субъективных методов при перманентной обработке полученного массива данных с помощью кодов на базе используемых систем искусственного интеллекта. Представленный подход может применяться в различных отраслях экономики, обеспечивая получения оптимальных параметров стратегии качества процесса производства продукции.

9. В рамках стратегии качества организаций Водоканала, разработана уникальная методика определения оптимальных параметров качества процесса очистки воды как целевых показателей стратегии качества на примере ГУП «Водоканал СПб» и собранного за 10 лет массива статистических данных, подтвердившая адекватность построенного цифрового двойника и позволяющая наметить ориентиры развития стратегии качества процесса очистки воды ГУП «Водоканал СПб», предложенная методика может быть полезной для организаций Водоканала при формировании стратегии качества очистки питьевой воды.

Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии концептуальных положений стратегического управления качеством, углублении теоретических основ формирования и реализации стратегии качества организации и социально – экономических объектов, уточнении содержания фундаментальных категорий оптимизации параметров качества, а также в развитии методологических основ достижения оптимального качества как самостоятельного направления науки о качестве. Существенный вклад внесён в теоретическое обоснование категории тензора качества и её использования в стратегическом управлении, с учетом цифровизации, геополитических рисков, требования устойчивого развития и трансформации экономики.

Практическая значимость исследования состоит в разработке методических рекомендаций и прикладных предложений, которые могут быть использованы организациями и иными социально-экономическими

объектами при формировании моделей стратегии качества в условиях современных вызовов. Полученные результаты способствуют разработке и реализации оптимальных стратегий качества и могут применяться для внедрения цифровых инструментов в систему стратегического управления качеством на различных уровнях социально-экономического развития.

Апробация результатов исследования осуществлялась в ходе обсуждения основных положений и выводов диссертационной работы на XV международной научно-практической конференции «Национальные концепции качества: роль качества в стратегиях социально-экономического развития в новом мире» (Санкт-Петербург, 2024 г.), XVII национальной научно-практической конференции с международным участием «Современный менеджмент: проблемы и перспективы» (Санкт-Петербург, 2022 г.), международной научно-практической конференции молодых ученых Санкт-Петербургского государственного экономического университета «Научные исследования современных проблем развития России: цифровая трансформация экономики» (Санкт-Петербург, 2022 г.), VII всероссийской научно-практической конференции «Эффективное управление экономикой: проблемы и перспективы» (Симферополь, 2022 г.), IX Международном научно-практическом форуме «Эффективные системы менеджмента: качество и цифровые интеллектуальные системы» (Казань, 2021 г.) и других научных конференциях, а также посредством их публикации в сборниках научных трудов и в рецензируемых российских и международных научных изданиях.

Публикации по теме диссертации – содержат 50 опубликованных работ объемом 53,5 п.л., в т. ч. авторским – 24,8 п.л., в числе которых 3 монографии, 18 статей из списка журналов, рекомендованных ВАК, 2 статьи SCOPUS, 27 статей в научных сборниках.

Структура диссертации включает введение, четыре главы, заключение, список литературы и приложения.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Разработана концептуальная модель стратегического управления качеством для социально-экономических объектов в рамках новой парадигмы стратегического управления, обусловленной изменениями внешней среды, внутренней среды и актуальными подходами принятия стратегических решений, определено, что цифровизация выступает базовой платформой

стратегического управления; в рамках новой парадигмы раскрыто содержание основных элементов стратегии качества в условиях цифровизации, что в целом отличает данную концепцию от представленных ранее и создает теоретический фундамент для последующих научных положений данной диссертации.

Необходимость развития стратегического управления качеством (Стр УК), обусловлена тем, что многие ученые в области стратегического управления, такие как П. Друкер, Ф. Котлер, Г. Минцберг, М. Портер, В.С. Катькало, А.И. Пригожин, А.Н. Петров считают, что содержание стратегического управления в отличие от законов физики меняется с изменением условий окружающей среды и самого человека, а теория стратегического управления всегда есть «наука об изменениях» (Г. Минцберг и др.), таким образом возникает необходимость формирования новых парадигм стратегического управления (А.Н. Петров). Новые парадигмы стратегического управления обусловлены в первую очередь, тенденциями формирования цифрового общества, устойчивого развития и обеспечения качества жизни, усиления неопределенности и рисков. Изменение акцентов внутреннего анализа включает необходимость управления знаниями и динамическими способностями (В.С. Катькало). Происходят изменения методов принятия стратегических решений, среди которых наиболее актуальными являются стейкхолдерский, ситуационный, адаптивный, портфельно- проектный подходы (А.Н. Петров), системный подход (Г.Б. Клейнер). Глобальной платформой, на которой строятся все направления стратегического управления качеством, выступает цифровая трансформация (Е.Ю. Плешакова).

СтрУК социально – экономического объекта (СЭО) это часть стратегического управления, позволяющая найти пути и направления деятельности СЭО в области качества для достижения целей развития за счет фактора качества, с наименьшими рисками и высокой эффективностью посредством стратегии качества СЭО.

Автор расширяет объектную область СтрУК для всех социально – экономических объектов, которыми могут быть организация, регионы, государство, сообщество и другие, как видов организаций в широком понимании и раскрывает особенности для конкретного социально – экономического объекта. Концептуальная модель СтрУК в рамках новой парадигмы стратегического управления представлена на рис. 1

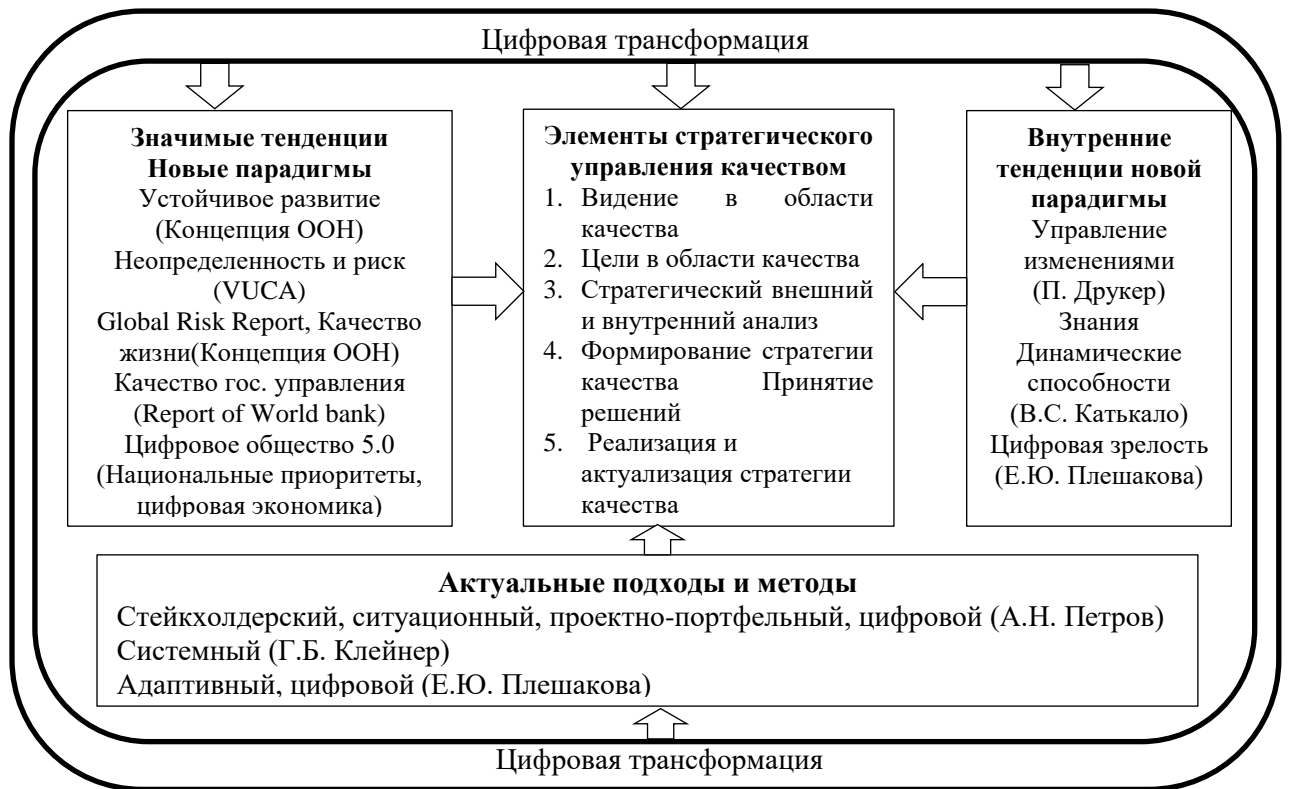


Рисунок 1 - Концептуальная модель Стр УК в условиях новой парадигмы стратегического управления

В диссертации раскрыто содержание элементов Стр УК под влиянием новой парадигмы стратегического управления.

2. Разработана модель стратегии как совокупности всеобщей и локальной стратегии качества социально – экономического объекта, определено их содержание и взаимосвязь, сформулированы все основные элементы формирования стратегии качества.

В рамках новой парадигмы стратегического управления стратегия качества может быть сформирована на различных уровнях стратегической иерархии. Известно, что стратегическая иерархия включают несколько уровней: на верхнем располагается общая («базовая», «корпоративная» для организаций, «большая» для государств и территорий), на следующем уровне могут располагаться так называемые стратегические направления (Д. Аакер). На этом уровне может быть сформирована стратегия качества в ее всеобщем значении (Р.А. Фатхутдинов), стратегия цифровой трансформации (Е.Ю. Плешакова), стратегия безопасности и прочие. На последующем уровне располагаются деловые и функциональные стратегии, как подкрепляющие общую стратегию и ее основные направления, на этом уровне формируются стратегии качества локального характера. Таким

образом, стратегия качества может быть реализована на нескольких уровнях управления и их можно обозначить как всеобщую и локальную.

Всеобщее направление стратегии качества СЭО базируется на TQM в его широком понимании и такой стратегией может быть всеобщая стратегия качества устойчивого развития СЭО, расположенная на верхних уровнях стратегической иерархии, а локальная направленность заключается в осуществлении деятельности в области качества, нацеленной на обеспечение всеобщей стратегии качества и, следовательно, на выполнение функциональной стратегии СЭО, за счет внедрения например, систем менеджмента, контроля, бережливого производства, бездефектного производства, программ шести сигм и других. Обобщенное содержание всеобщей и локальной стратегии качества представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание всеобщей и локальной стратегии качества социально-экономических объектов

Характер стратегии качества	Макроуровень мирового сообщества, государства, территории	Микроуровень организации
Всеобщий	Обеспечение качества устойчивого развития общества, территории; Внедрение ГОСТ Р 56548-2015/ISO/DIS/37101 Устойчивое развитие административно-территориальных образований, ГОСТ Р ИСО 37120-2015 Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни.	Обеспечение качества устойчивого развития организации; Сбалансированное развитие на основе системы показателей (ССП) и устойчивого развития; Развитие на основе модели делового совершенства; Внедрение интегрированных систем управления качеством
Локальный	Национальные приоритетные проекты, государственные программы; Развитие стандартизации и метрологии Программа качества жизни	Функциональная стратеги качества, проекты в области качества в организации; Реализация проектов организации в области качества

Авторское понимание стратегии качества СЭО (организации, отрасли, региона, территорий, государства, сообщества) состоит в том, что стратегия качества СЭО представляет собой концепцию действий СЭО для достижения целей в области качества, которые могут иметь как всеобщий характер, например, достижения качества устойчивого развития, так и локальный характер отдельных направлений управления качеством.

В данном исследовании в отношении формирования всеобщей и локальной стратегии качества социально – экономического объекта (СЭО) можно отметить, что методология стратегии качества СЭО как для всеобщей, так и для локальной стратегии СЭО опирается на миссию и Политику в области качества СЭО и содержат следующие этапы: 1) целеполагание в сфере качества СЭО, по всем уровням управления и функциональным направлениям; 2) внешний стратегический анализ, отражающий возможности и угроз окружающей среды для стратегии качества СЭО; 3) внутренний стратегический анализ СЭО, выявляющий потенциал СЭО, возможности и внутренние стратегические угрозы в области качества; 4) анализ выбора из альтернатив развития в области качества и аргументирование направлений и программ развития стратегии качества СЭО.

В целях формирования политики качества СЭО необходима идеологическая база, построенная на максимизации удовлетворенности требований к качеству деятельности социально – экономического объекта, сформированных потребителями и всеми другими заинтересованными сторонами, по всем направлениям, в том числе экономическому, социальному и экологическому направлениям деятельности СЭО. На рис. 2 представлена концептуальная модель.



Рисунок 2 - Концептуальная модель взаимосвязи всеобщей и локальной стратегии качества социально – экономического объекта

Для формирования всеобщей и локальной стратегии качества нужно обозначить ее характеристики и связи с общей стратегией СЭО, под которой понимается базовая стратегия развития СЭО, так для территорий это может быть, например, достижение лидерства, для корпораций это могут быть стратегии, связанный с рыночным расширением.

На рис. 2 сформировано векторное представление параметров стратегии качества, которое включает:

$X1=\{X1n\}$ вектор внешних требований;

$X2=\{X2k\}$ – вектор ресурсов;

$X3=\{X3m\}$ вектор внешних воздействий;

$y=\{y_j\}$ вектор целевых результатов локальных стратегий качества;

$Y =\{Y_i\}$ – вектор целевых результатов всеобщей стратегии качества;

λ - другие направления общей стратегии;

Z – вектор целевых результатов общей стратеги СЭО.

Формирование целей в области качества деятельности СЭО один из проблематичных вопросов, требующих более тщательного анализа, т.к. в научно-исследовательских литературных источниках недостаточно ясно раскрываются цели стратегии качества и их место в системе целей СЭО. Согласно принятым международным стандартам ИСО серии 9000, основной целью в области качества является высокая удовлетворенность всех заинтересованных сторон качеством продуктов, процессов и другими характеристиками в области качества. Структура целей в сфере качества должна соответствовать иерархии направлений деятельности, которые можно обозначить в 3х координатах: всеобщего управления качеством устойчивого развития, процессов СЭО, локально – функционального управления качеством. Соответственно, может быть выстроена иерархия целей в области качества СЭО, включающая несколько уровней. Выбор направления стратегии формируется на основе проведения внешнего стратегического анализа (факторов макросреды, а именно политики, технологии, демографии и факторов рыночной микросреды, связанных с покупателями, конкурирующими субъектами, поставщиками и товарами) и внутреннего анализа СЭО.

Для сбалансированного развития СЭО встает задача формирования оптимальной стратегии качества СЭО.

3. Определено понятие оптимальной стратегии качества; разработан концептуальный алгоритм формирования оптимальной стратегии качества организации, включающий семь этапов, с

использованием цифровых методов и моделей системного анализа, в том числе: детерминированных, стохастических, экспертных комбинированных, являющихся методологической основой для последующего изложения используемых в алгоритме цифровых методов и моделей.

Под оптимальной стратегией качества СЭО автор будет понимать стратегию, направленную на максимально возможные результаты в области качества при динамическом изменении параметрических требований и внешних воздействий в условиях ограниченных ресурсов. Оптимальная стратегия качества требуют создания набора целей СЭО $\{Y_i\}$ и $\{y_j\}$, которые должны стремиться к оптимальному уровню в условиях ограничений требований, ресурсов и условий $\{X\}$ с использованием цифрового моделирования.

Для формирования оптимальной стратегии качества организации наиболее применимы методы математической цифровой формализации. Автором использован системный анализ, построенный на основных принципах методологии моделирования сложных систем. Автор предлагает применяемые в настоящее время математические модели оптимизации разбить на четыре укрупнённые группы: 1) детерминированные (линейные и нелинейные уравнения, описывающие взаимосвязь параметров системы) модели; 2) цифровые модели (стохастические, нейросетевые, позволяющие производить регрессионный и временной анализ); 3) экспертные модели (традиционные и с применением искусственного интеллекта при осуществлении машинного обучения системы моделей); 4) комбинированные (сочетающие данные экспертного субъективного анализа и последующего их оптимизационного тензорного анализа с помощью разработанных программных кодов).

Ключевым этапом постановки оптимизационной задачи является формирование целевой функции, представляющей собой математическое выражение зависимости критерия оптимальности от совокупности управляемых факторов. Если целевая функция получена с использованием аналитического математического моделирования, то целесообразно использовать классические детерминистские подходы теории дифференциальных уравнений, которые достаточно хорошо изучены и широко применяются в решении задач линейной алгебры. В этом случае модель формирования оптимальной стратегии качества имеет вид:

$$f(Y_i, y_i, X_1, X_3) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$f(X2) \leq R_{\max}$$

где – $f(Y_i, y_i X_1, X_3) \rightarrow$ – целевая функция результатов достижения стратегии качества в зависимости от внешних требований и воздействий; R_{\max} – ограниченные ресурсы.

Современная практика показывает, что не все управленческие и экономические ситуации поддаются строгой формализации средствами цифрового моделирования, особенно при наличии субъективных факторов. В подобных условиях эффективным инструментом выступает комплексный системный анализ, сочетающий формализованные и неформализованные методы, что позволяет повысить обоснованность принимаемых решений. В диссертации предложен концептуальный алгоритм определения оптимальных целевых параметров стратегии качества организации, в которой формализуемые и неформализуемые методы сбалансированы и дополняют друг друга (рис. 3).

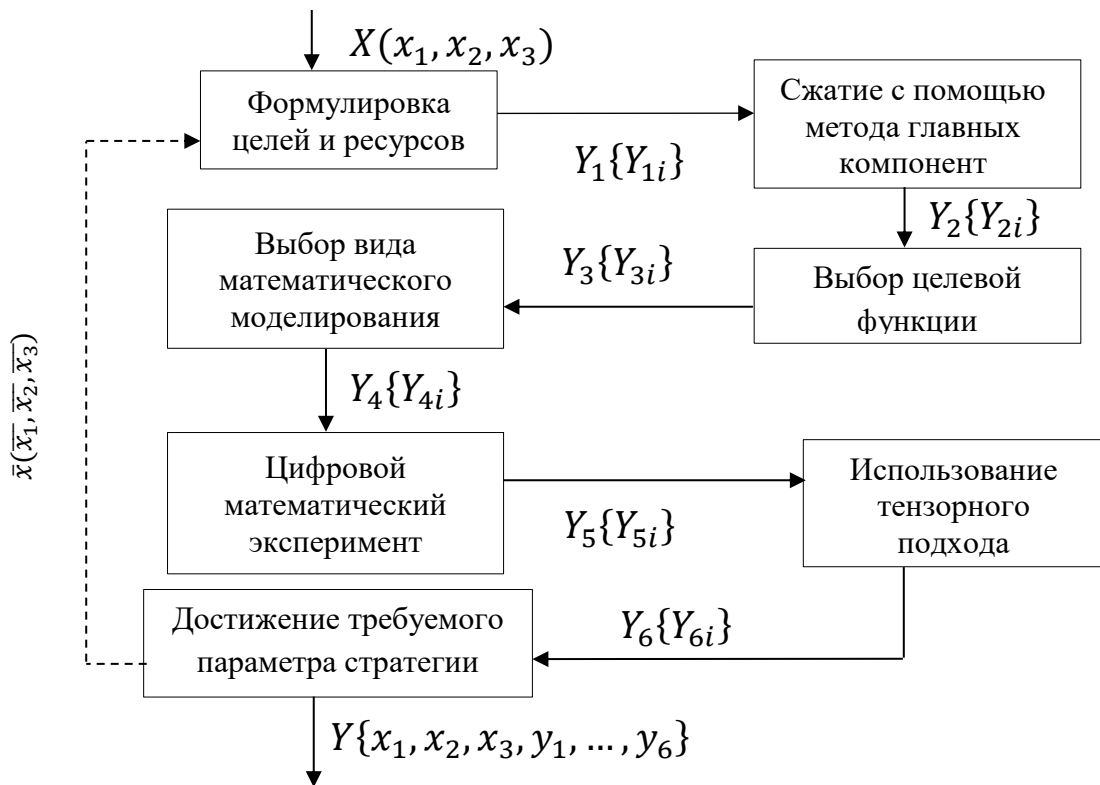


Рисунок 3 - Концептуальный алгоритм формирования параметров стратегии качества организации на основе цифровых методов и моделей

Этапы алгоритма включают: 1) алгоритм (Рис. 3) начинается с формулировки целей и ресурсов стратегии качества разработки системы и выбор совокупности критериев ее характеризующих; 2) определение перечня параметров обеспечения качества и накладываемых на них ограничений, производим их сжатие с помощью метода главных компонент; 3) выбор целевой функции, соответствующей исследуемой

системе входных и выходных переменных; 4) выбор вида математического моделирования исследуемого объекта и построения его целевой функции; 5) производится планируемый дробный цифровой математический эксперимент в интересующей области изменения параметров процесса, нахождение соответствующих оптимальных значений; 6) осуществляется многокритериальный анализ полученных параметров построенного ранее и проверенного на адекватность цифрового двойника исследуемого объекта и нахождение совокупности оптимальных с точки зрения стратегии качества решений; 7) с помощью команды экспертов или используя код, полученный в ходе машинного обучения, производится неформализуемое принятие решения о управленческих, технических и технологических действиях для достижения требуемых параметров стратегии качества.

Y – итоговый вектор результирующих показателей всеобщей стратегии качества, компонентами которого являются вектора параметрических внешних требований к качеству; вектора ресурсов для реализации стратегии качества, вектор внешних воздействий на качество и вектор целевых результатов локальных стратегий качества.

Результирующие показатели образуются из совокупности всех возможных показателей. Критериальных показателей гораздо меньше (не более 10), а возможных показателей может быть несколько сотен. В случае неудовлетворенностью экспертами значениями результирующих показателей стратегии качества, действия по схеме настоящего алгоритма повторяются, но уже с новыми значениями вектора входных параметров. Цифровые методы и модели будут раскрыты в последующей изложении, в том числе рассмотрены методы построения тензора, байесовских сетей, искусственного интеллекта и цифровых двойников.

4. Предложено оценивать оптимальные параметры стратегии качества социально-экономического объекта в виде тензора первого ранга, повышающего достоверность параметров стратегии качества организации, разработан алгоритм нахождения тензора качества с использованием эвристического метода Медианы Кемени, и последующего матричного анализа, разработан код на языке Python.

По предложению автора, для проектирования стратегии качества организации следует использовать подходы тензорного анализа и ввести многопараметрический критерий стратегии качества, как положительный тензор:

$$Y = \|y_{ij}\|, \quad (2)$$

где Y – итоговый тензор качества;

u_{ij} – компоненты тензора качества по отдельным кластерам.

При решении задачи обработки массива статистической информации о анализируемом процессе с помощью метода главных компонент исключаются многочисленные коррелирующие между собой латентные переменные и осуществляется переход к нескольким независимым. Вместе с тем погрешность последующих оценок может достигать 15 – 20%. Полученные на основе главных компонент регрессионные зависимости использовались в оптимизационном исследовании функции тензора качества:

$$f(y) = f(u_1, u_2, \dots, u_n), \text{ в виде } \nabla f(u_1) = 0. \quad (3)$$

Однако аппроксимация регрессионными моделями приводит к сглаживанию поверхности многомерного пространства и повышает вероятность пропуска глобального экстремума, что может привести к получению неоптимальных параметров. Для снижения указанной погрешности возможно разбиение области аппроксимации на зоны с однородными значениями функций отклика и использование регрессионных сплайн-функций, однако и данный подход сопровождается дополнительными источниками ошибок. В связи с этим автором предложено более надёжное решение задачи выбора оптимального значения показателя качества. Общий показатель состоит из комбинации нескольких показателей на основе многопараметрического метода нахождения медианы Кемени.

Для реализации данного подхода разработана специализированная программа, оптимизирующая процесс анализа статистических данных. В исследовании использованы программные средства Statistica 13 компании StatSoft Inc., позволяющие проектировать эксперименты и формировать регрессионные нейронные сети, а также авторская программа на языке Python для построения матричных представлений и вычисления собственных значений. Алгоритм реализации метода представлен на рисунке 4.

Предложенный автором подход к определению тензора качества включает в себя компоненты, которые могут быть как детерминистическими, так и вероятностными. Для определения этих компонентов используются методы теории нечисловых и нечетких множеств, которые реализуются с помощью инструментов искусственного интеллекта. Этот процесс осуществляется путем построения и машинного обучения экспертных систем.

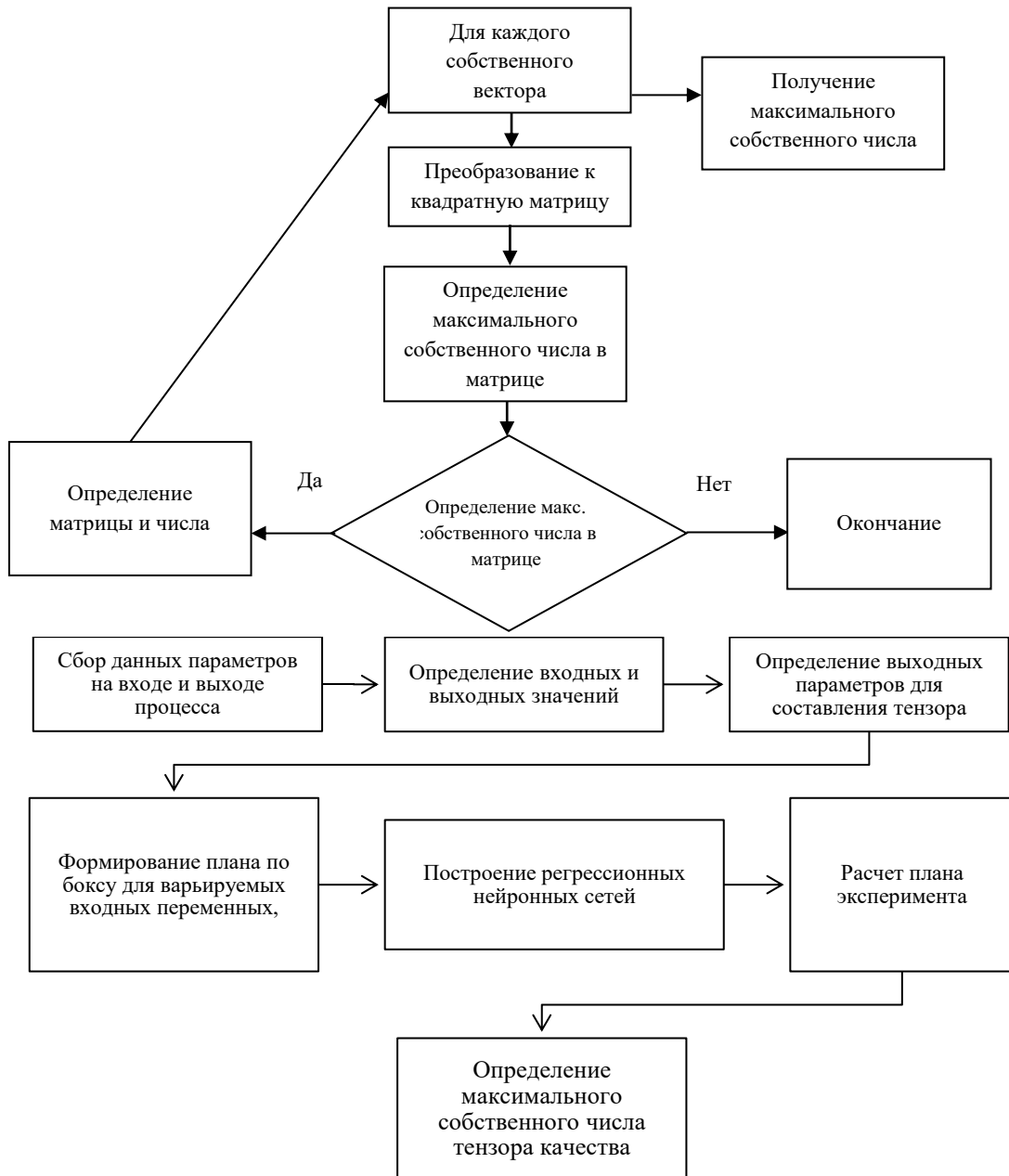


Рисунок 4 - Алгоритм получения тензора качества организации как целевого критерия стратегии качества

Используя этот подход, можно создать тензор качества, который учитывает как точные значения параметров (детерминистические), так и вероятностные, нечеткие распределения параметров. Таким образом, система способна адаптироваться к различным ситуациям и условиям, учитывая не только точные данные, но и степень неопределенности в этих данных.

5. Разработан методологический подход к формированию стратегии качества развития территориальных СЭО (регионов, государства) России на основе цифровых методов и моделей.

Всеобщая стратегия качества территориальных СЭО может быть построена на базе достижения качества устойчивого развития, как базовой доктрины, направленной на повышение качества жизни, являющегося главной целевой составляющей развития общества.

В диссертации раскрыта представленная выше в общем виде векторная оптимизация стратегии качества устойчивого развития для территориальных СЭО (регионов, государства), которая необходима для нахождения оптимального баланса составляющих стратегии. Принципиальная векторная модель взаимосвязи показателей стратегии качества развития территориальных СЭО представлена на рисунке 5.

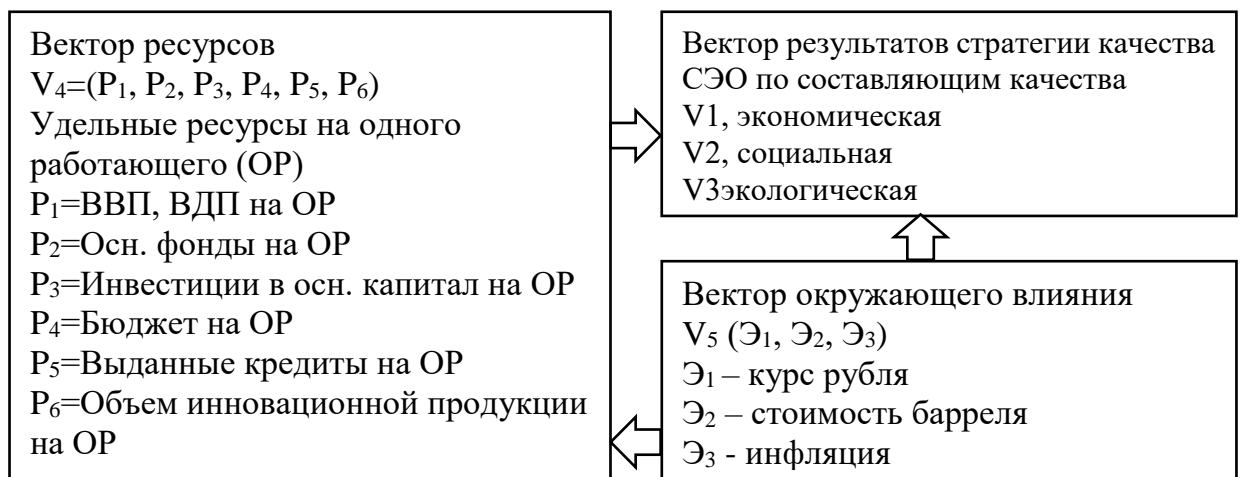


Рисунок 5 - Модель взаимного влияния показателей стратегии качества развития СЭО

Оптимизационную модель можно представить в виде:

$$\{Y_k = f(V1, V2, V3, E1, E2, E3) \rightarrow \max \quad (4)$$

При ограничениях на ресурсы:

$$V_4 = (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6) \leq P_{\text{лим}}$$

Для формирования стратегии качества региона (территории), как вида СЭО, возможно применять совокупность критериев, показывающих степень социального и экономического развития, дающая возможность качественно его оценить. Также необходимо найти оптимальный баланс составляющих, что можно сделать на основе анализа взаимосвязи показателей. Это позволит решить задачу построения стратегии качества устойчивого развития в регионе для достижения наиболее благоприятного уровня качества жизни жителей.

В диссертации более подробно рассмотрена всеобщая стратегия качества региона как стратегия качества устойчивого развития регионов. Для построения оптимальной стратегии качества разработан состав целевых показателей, что проиллюстрировано для регионов в таблице 2.

По данным показателям собрана цифровая база данных, база, включающая 85 регионов по 25 показателям качества устойчивого развития, включающих экономические, социальные и экологические показатели на основе официальных отчетов РОССТАТ, позволяющие реализовать цифровые методы для построения стратегии качества.

Таблица 2 - Показатели всеобщей стратегии качества устойчивого развития регионов

Категории устойчивости	Показатели		
Экономическая	ВРП на душу населения, руб.	x1	
	Уровень безработицы (15 лет и старше), %	x2	
	Среднедушевые денежные доходы населения, руб.	x3	
	Стоимость основных фондов на душу населения, млн. руб.	x4	
	Инвестиции в основной капитал на душу населения, руб.	x5	
	Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг на душу населения, руб.	Добыча полезных ископаемых	x5
		Обрабатывающие производства	x6
		Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	x7
		Водоснабжение и водоотведение	x8
	Расходы бюджета на душу населения, руб.	x10	
	Объем инновационных товаров, работ и услуг на затраты на научные исследования и разработки, руб.	x11	
Социальная	Коэффициент естественного прироста населения на 1000 чел. Населения	x12	
	Смертность населения (без показателя смертности от внешних причин), число умерших на 100 000 человек населения	x13	
	Коэффициент миграционного прироста на 10000 человек населения	x14	
	Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, в % от общей численности населения субъекта	x15	
	Уд. вес аварийного жилищного фонда в общей площади всего жилищного фонда, %	x16	
	Заболеваемость на 1000 человек населения (зарегистрировано заболеваний у пациентов с диагнозом, установленным впервые в жизни)	x17	
	Число зарегистрированных преступлений на 100000 человек	x18	
	Уд. вес фиксированного набора потребительских товаров и услуг в среднедушевых доходах населения, %	x19	
	Выпуск специалистов среднего звена, бакалавров, специалистов, магистров, тыс. чел.	x20	
Экологическая	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. т.	x21	

Улавливание загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, тыс. т.	x22
Использование свежей воды, млн. м3	x23
Объем оборотной и последовательно используемой воды, млн. м3	x24
Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн. м3	x25

В диссертации для определения направлений развития стратегии качества применен кластерный анализ. Статистическое исследование проводилось в программном комплексе IBM SPSS Statistics 26. Дендрограмма кластеров представлена на рисунке 6.

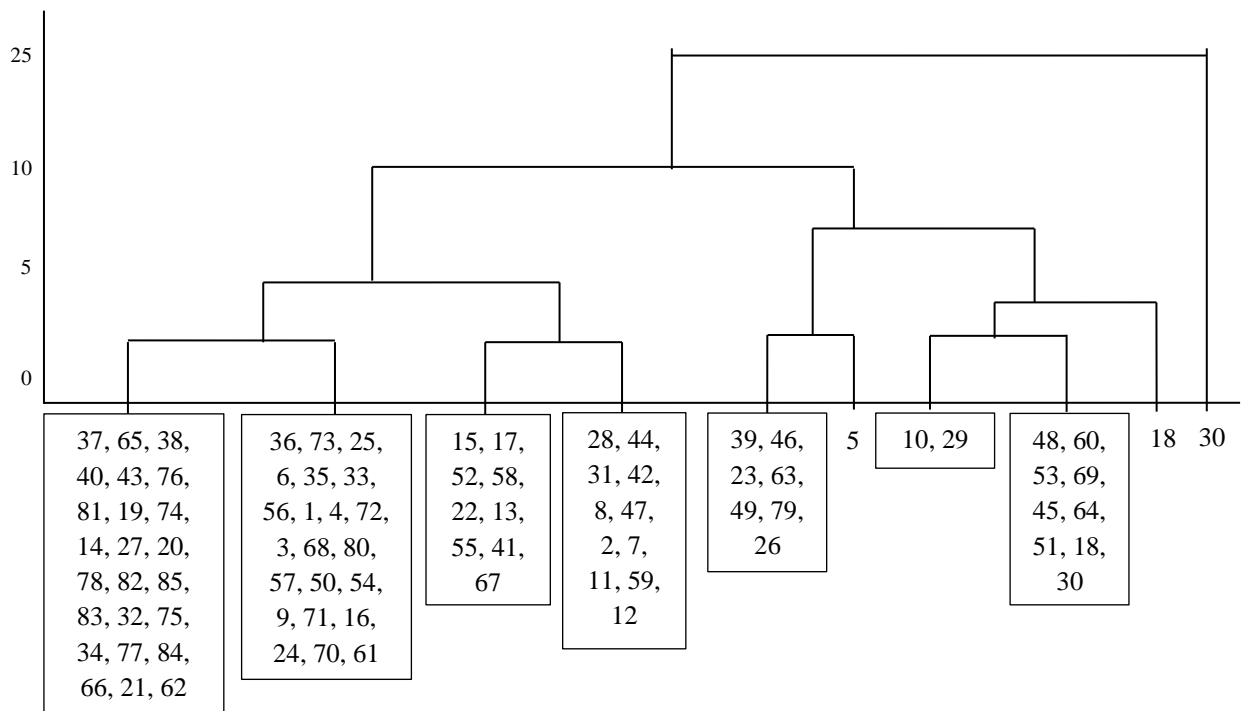


Рисунок 6 - Кластерный анализ развития регионов России (номера регионов в соответствии со статистическими базами)

На рисунке 6 можно видеть распределение регионов по группам – кластерам, а также расстояние между кластерами в процентах. Анализ позволяет сформировать оптимальную стратегию качества для каждого регионального кластера. Кластерный анализ позволил обозначить наиболее актуальные направления развития для каждого кластера.

На основе статистических данных построены регрессионные модели, позволяющие выявить основные факторы, влияющие на ключевые показатели. Анализ проводится на основе средних показателей, характеризующих семь выделенных кластеров.

В результате, на основании анализа корреляции получили ряд уравнений регрессии (обозначения показателей в соответствии с таблицей 2):

$$X1 = 155573.3 * X4 + 1.5 * X5 + 69458.3 \quad (5)$$

t-статистика $x_4 = 4.4$, t-статистика $x_5 = 3.5$, R-квадрат = 0.987, F статистика = 149.2.

$$X15 = 1.565 * X2 + 5.096 \quad (6)$$

t-статистика = 4.9, R-квадрат = 0.826, F статистика = 23.8.

$$X18 = 57.5 * X15 + 589.3 \quad (7)$$

t-статистика = 4.3, R-квадрат = 0.787, F статистика = 18.4.

$$X20 = 0.00000274 * X7 + 5.382 \quad (8)$$

t-статистика = 28.7, R-квадрат = 0.994, F статистика = 823.3.

$$X21 = 6.043 * X6 + 0.124 * X24 + 79.32 \quad (9)$$

t-статистика $x_6 = 2.2$, t-статистика $x_{24} = 6.9$, R-квадрат = 0.964, F статистика = 53.8.

$$X25 = 0.000044 * X7 - 7.295 \quad (10)$$

t-статистика = 9.3, R-квадрат = 0.945, F статистика = 85.5.

Статистические характеристики регрессий показывают высокую надежность моделей. Вместе с тем проведенный выше кластерный и регрессионный анализ не позволяет провести количественный анализ влияния тех или иных факторов на основные показатели качества устойчивого развития регионов в следствии многообразия определяющих его параметров, и в связи с тем, что они латентны и коррелируют друг с другом. Поэтому данные следует представить в виде тензора многомерного пространства и его оптимизация, т.е. в результате проведения многокритериального анализа возможно найти такое соотношение входных переменных, которое позволит максимизировать значение тензора качества устойчивого развития.

6. Разработана экспертная система для неформального выбора параметров стратегии качества социально-экономического объекта, впервые построенная в ходе проведенного машинного обучения, которая на основе встроенных в нее знаний специалистов производит оценку компетентности привлекаемой проектной команды специалистов по формированию параметров стратегии качества на основе цифрового инструмента байесовской сети доверия, реализуемой с помощью авторской компьютерной программы на базе софта HUGIN 9.5.

Разработанную автором экспертную систему целесообразно применять при автоматизации процессов проектирования качества в условиях ограниченности или недоступности части исходных данных.

Принятие решений в системе осуществляется на основе накопленных знаний и вероятностных зависимостей, описываемых теорией вероятностей и, в частности, теоремой Байеса, позволяющей оценивать вероятность наступления события при условии реализации связанных с ним факторов.

Формирование стратегического качества организации предполагает учёт множества взаимосвязанных параметров, что делает особенно важным корректное задание причинно-следственных связей между событиями. В этом контексте значимым достижением является использование экспертных систем, основанных на знаниях и байесовских сетях доверия, которые позволяют получать вероятностные прогнозы результирующих показателей и анализировать альтернативные сценарии управленческого воздействия.

Для оценки компетентности привлекаемой группы экспертов автором построена байесовская сеть доверия, реализуемая с помощью компьютерной программы HUGIN 9.5. (рис.7).



Рисунок 7 -Пример построения байесовской сети доверия для оценки компетентности команды специалистов (получено автором в программе HUGIN)

Байесовская сеть доверия отражает причинно-следственную зависимость от вершин «Компетентность разработчика» и вершин «Компетентность аналитика» к вершине «Качество группы экспертов» и другие аналогичные зависимости. Причинно-следственные зависимости отображены стрелками. В случае, когда одна вершина находится в определенном состоянии, это оказывает влияние на зависимые события.

Для построения байесовской сети доверия необходимо определить множество таблиц априорных и условных вероятностей между вершинами как причинно-следственные связи. Эти таблицы заполняются с помощью экспертных оценок специалистов соответствующей области. Таким образом, байесовская сеть обучается на экспертных оценках. В диссертации приведен пример описанной байесовской сети доверия (БСД) с указаниями вероятностей. Вероятность того, что качество команды экспертов соответствует установленным требованиям и равно 65,82%.

7. Автором разработан алгоритм проектирования цифровых двойников стратегии качества организации, одновременно сочетающего возможности искусственного и естественного интеллектов, получающиеся в ходе процедуры машинного обучения; такое проектирование отличается тем, что впервые позволяет учитывать входные параметры стратегии качества разной природы, необходимые для разработки мероприятий стратегии качества и прогнозирования ее коррекции во времени.

Основу цифрового двойника стратегии качества организации, разработанного автором, составляет набор целей, которые должны стремиться к оптимальному уровню в условиях динамического изменения требований, ресурсов и условий на базе искусственного и естественного интеллектов, позволяющих учитывать входные параметры стратегии качества разной природы (рис. 8).

Использование созданного цифрового двойника стратегии качества организации при ее проектировании позволит в дальнейшем на стадиях всего жизненного цикла путем подбора оптимальных управляющих параметров достигать максимального социально-экономического эффекта от принимаемых решений в кратчайшие сроки и с высокой точностью предсказания.

Ключевым методом, позволяющим полностью избавиться от мультиколлениарности и, следовательно, повысить достоверность достижения оптимальных значений реализующем на практике принципы искусственного интеллекта, является использование нейронных сетей, связывающих входные и выходные параметры процесса с учетом их взаимных связей.



Рисунок 8 - Алгоритм процедуры проектирования цифрового двойника для стратегии качества

8. Разработан методологический подход к формированию целевых показателей стратегии качества процесса производства продукции на основе использования создаваемых в ходе машинного обучения экспертных систем, которую отличает возможность совместного учета объективных и субъективных методов при высокоскоростной обработке полученного массива данных с помощью кодов используемых систем искусственного интеллекта.

Методологический подход к формированию целевых показателей стратегии качества процесса производства продукции построен на основе

вышеприведенного на рис. 3 концептуального алгоритма формирования параметров стратегии качества и векторного представления параметров стратегии качества организации на основе цифровых методов и моделей машинного обучения, основные этапы которого можно представить в виде следующего алгоритма:

- 1 этап: ставятся задачи формирования целевых показателей стратегии качества процесса производства продукции, на основании вероятностного компетентностного анализа формируется состав экспертов;
- 2 этап: проводится анализ состава входных и выходных параметров, составляющих тензор качества;
- 3 этап: подбираются соответствующие задаче оптимальных параметров стратегии качества программные средства разработки экспертных систем, использующие искусственный интеллект;
- 4 этап: осуществляется имитационное моделирование и совместный учет объективных и субъективных методов, в ходе которого производится формирование и нахождение оптимальных значений полученных регрессий параметров стратегии качества, их упрощение за счет исключения мультикорелируемости входных данных;
- 5 этап: построение цифрового двойника параметров стратегии качества с использованием регрессионных нейронных сетей;
- 6 этап: с помощью ряда статистических параметрических и непараметрических критериев проверяется пригодность (адекватность) цифровой модели стратегии качества для конкретных пользователей и устанавливается область ее применимости.

С использованием полученного цифрового двойника исследуемого процесса производится проектирование его стратегии качества на рассматриваемый период. Указанные этапы методики были использованы для определения оптимальных параметров качества процесса очистки воды.

9. В рамках стратегии качества организаций Водоканала, разработана уникальная методика определения оптимальных параметров качества процесса очистки воды как целевых показателей стратегии качества на примере ГУП «Водоканал СПб» и собранного за 10 лет массива статистических данных, подтвердившая адекватность построенного цифрового двойника и позволяющая наметить ориентиры развития стратегии качества процесса очистки воды ГУП «Водоканал СПб» предложенная методика может быть

полезной для организаций Водоканала при формировании стратегии качества очистки питьевой воды.

Стратегия качества организаций Водоканала представляет собой долгосрочную программу действий, направленную на повышение качества деятельности и услуг водоснабжения и водоотведения, а также на устойчивое развитие системы водоснабжения и водоотведения. Одной из главных задач является достижение 100% очистки питьевой воды и сточных вод, соответствующих стандартам качества.

Автором, на базе рассмотренной стратегии качества ГУП «Водоканал СПб», разработана методика оптимизации параметров качества процесса очистки питьевой воды Санкт-Петербурга, как одного из ключевых направления стратегии качества ГУП «Водоканал СПб». В конкретном случае, а именно, формирования оптимальной стратегии качества организации для технологического процесса очистки питьевой воды, оптимизируемым критерием качества рассматривался выходной параметр – мутность воды после осветления (y_i). Входными параметрами являлись: цветность (x_1); мутность сырой воды (x_2); окисляемость (x_3); расход (x_4); доза коагулянта и флокулянта на каждой линии ($x_5 - x_6$); температура сырой воды (x_7). Данные параметры измерялись на каждой из четырех линий очистки, в результате получали обобщенный критерий качества в виде тензора первого ранга $U_k (y_1, y_2, y_3, y_4)$.

Стратегическая задача оптимизации качества ставилась так: изменяя входные параметры цифровой модели на каждой из линий очистки, подобрать такое их соотношение, которое обеспечивало бы наилучшее качество очистки питьевой воды по критерию – мутность воды после осветления.

В ходе имитационного моделирования были обнаружены корреляции между каждой парой переменных. Так, для избавления от мультикорелинарности входных данных, воспользовались хорошо зарекомендовавшим себя при решении подобных задач методом пошагового исключения малозначимых переменных на основе зависимости значений коэффициентов регрессии от величины гребня процесса, что позволило получить регрессию в виде:

$$y_1 = 6,10128 - 0,63 \times x_2 + 0,15 \times x_1 + 0,03 \times x_3 - 0,00001 \times x_4 - 0,75 \times x_5 - 0,04 \times x_7 \quad (11)$$

В случае нахождения уравнения регрессии определения качества очистки питьевой воды на первой линии используя методику пошаговой регрессии получили уравнение:

$$y_1 = -3,35 + 0,16x_1 - 0,78x_2 \quad (12)$$

Ключевым методом, реализующем на практике принципы искусственного интеллекта, является использование нейронных сетей, связывающих входные и выходные параметры процесса с учетом их взаимных связей. Для того чтобы произвести имитационное моделирование с построенными компьютерными моделями с целью нахождения оптимального соотношения входных параметров, построен дробный факторный план с 7 варьируемыми переменными.

Далее построены регрессионные нейронные сети для всех выходных параметров y_1 – y_4 , на основании собранных данных, так для архитектуры нейронной сети MPL 7-24-1 первой технологической линии очистки воды представлен на рис. 9. Для оптимизации обеспечения гарантированного качества питьевой воды методом хлораммонизации на объектах водоподготовки ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» может быть применен подход с использованием машинного обучения и построения Баевских сетей доверия (БСД), в ходе реализации которого определены рациональные параметры технологического процесса обеззараживания и показатели эффективности.

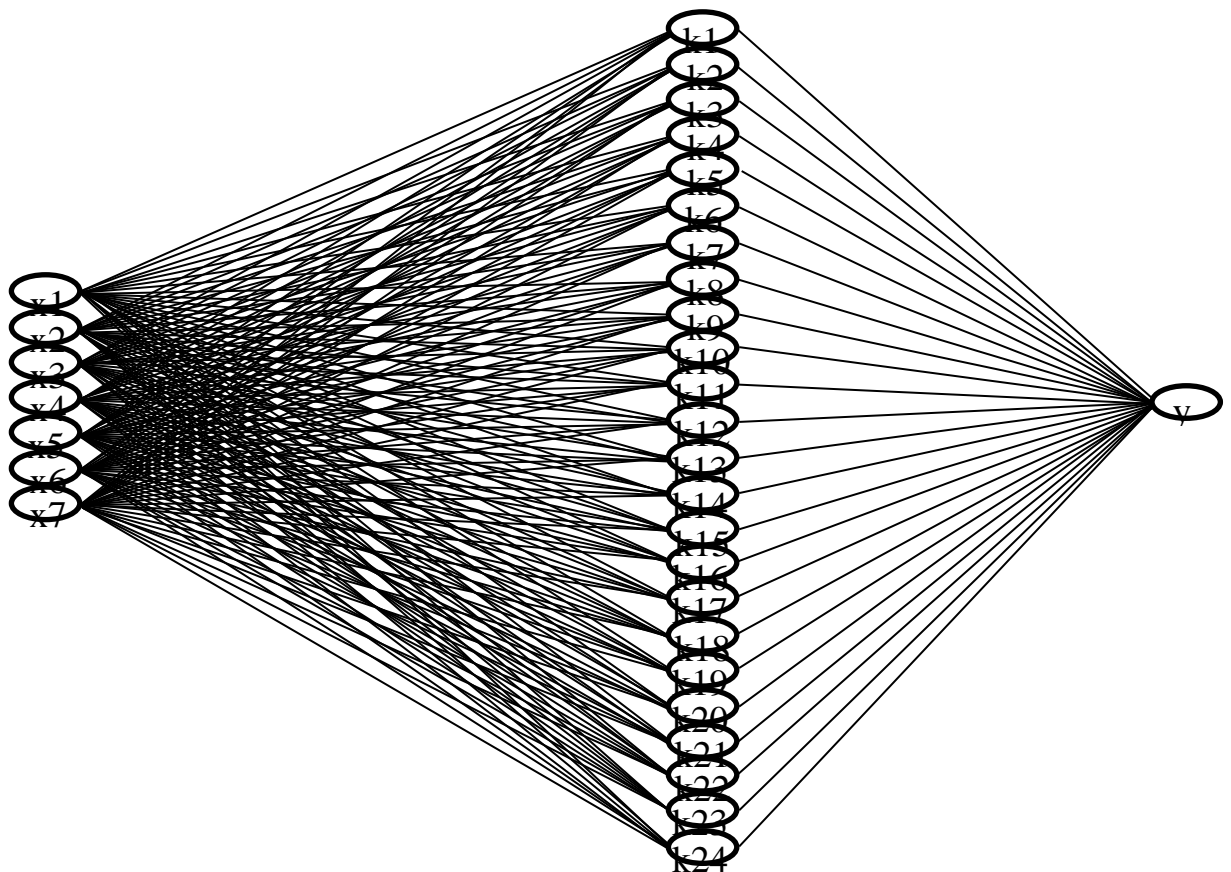


Рисунок 9 - Архитектура нейронной сети MPL 7-24-1 первой технологической линии очистки воды

Проведенный с помощью основных параметрических и непараметрических статистических критериев, анализ адекватности построенных цифровых моделей показал их удовлетворительную точность, достаточную для решения задач создаваемой стратегии качества. Так, эти значения могут составить контрольные интервалы для проектирования автоматизированной системы управления качеством процессом очистки питьевой воды ГУП «Водоканал СПб». В дальнейшем, поддержание параметров этого вектора автоматической системой управления и будет гарантировать оптимальное качество очищаемой питьевой воды.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного диссертационного исследования достигнута поставленная цель, заключающаяся в развитии теоретических, методологических и методических основ формирования стратегии качества социально-экономических объектов в условиях цифровой трансформации и усложнения внешней среды. В работе уточнено содержание стратегического управления качеством как элемента общего стратегического менеджмента и обоснована необходимость его трансформации с учётом процессов цифровизации, устойчивого развития и роста неопределённостей. Разработана модель стратегии качества социально-экономического объекта, основанная на единстве всеобщей и локальной стратегий, определено их функциональное назначение и взаимосвязь с общей стратегией развития. Сформулировано понятие оптимальной стратегии качества и предложен концептуальный алгоритм её формирования, базирующийся на системном анализе и применении цифровых методов моделирования. Обоснован и разработан оригинальный подход к оценке параметров стратегии качества в виде тензора первого ранга, а также алгоритм его определения с использованием эвристических и матричных методов, реализованных с применением современных программных средств. В развитие методологии стратегического управления качеством предложено использование экспертных систем и байесовских сетей доверия, позволяющих учитывать неформализуемые факторы и повышать обоснованность принимаемых решений. Разработан методологический подход к формированию стратегии качества устойчивого развития территориальных социально-экономических объектов на основе векторной оптимизации экономических, социальных и экологических показателей с применением цифровых методов анализа данных. Практическое применение предложенных теоретических положений

подкрепляется разработкой цифровых методов и модели формирования стратегии качества, апробированных на примере оптимизации параметров процесса очистки питьевой воды. Полученные научные результаты, выводы и рекомендации могут быть использованы в практике стратегического управления качеством организаций и территорий, а также при разработке и реализации программ развития в условиях цифровой экономики и устойчивого развития.

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК России

1. Бурылов, В.С. Современные подходы к оценке качества программного обеспечения / В.С. Бурылов // Глобальный научный потенциал. - 2025 – №12(177). – С. 251-257 – 0,3 п.л.
2. Бурылов, В. С. Риск-ориентированный контроль в системе менеджмента качества организации / В. С. Бурылов, П. В. Голубев, С. С. Дымный, Э. Э. Мамедов // Глобальный научный потенциал. – 2025. – № 2(167). – С. 356-361. – 0,7 п.л. / 0,17 п.л.
3. Бурылов, В.С. Теоретические основы формирования системы эффективного управления качеством в организации / В. С. Бурылов, П. В. Голубев, С. С. Дымный, Э. Э. Мамедов // Глобальный научный потенциал. – 2025. – № 1(166). – С. 238-243. – 0,5 п.л. / 0,12 п.л.
4. Бурылов, В.С. Развитие фундаментальных основ экономики качества / В.С. Бурылов, С.С. Дымный, М.И. Кирсанова, Э.Э.о. Мамедов // Наука и бизнес: пути развития. - 2024 – №12(162). – С. 161-166 – 0,4 п.л. / 0,1 п.л.
5. Бурылов, В.С. Оптимизация качества программного обеспечения / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов, Т.И. Леонова, А.Д. Силакова // Экономика и управление: проблемы, решения. - 2024 – Том 1. №6(147). – С. 6-13 – 0,7 п.л. / 0,17 п.л.
6. Бурылов, В.С. Создание и машинное обучение искусственных экспертных систем при проведении квалитетического анализа / В.С. Бурылов Л.В. Виноградов, Т.И. Леонова, А.Д. Колбина // Экономика и управление: проблемы, решения. - 2024 – Том 6. №4(145). – С. 19-29 - 1,25 п.л./0,31 п.л.
7. Бурылов, В.С. Анализ квалитетической модели качества цифровых услуг / В.С. Бурылов, Е.В. Васильева, Л.В. Виноградов, А.Д. Колбина, Т.И. Леонова, В.И. Лузгин // Modern Economy Success. – 2023. - №6. – С. 42-48 – 1,36 п.л./0,23 п.л.

8. Бурылов, В.С. Использование инструментов искусственного интеллекта для многокритериальной оптимизации тензора качества / Л. В. Виноградов, А. Д. Колбина, В. С. Бурылов // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2022. – № 3(61). – С. 58-63. – 0,7 п.л./0,24 п.л.
9. Бурылов, В.С. Оптимизация качества деятельности организации на основе цифровых технологий / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов, Т.И. Леонова, // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: экономические, гуманитарные и общественные науки. – 2022. -№2. – С. 68-72 – 0,3 п.л. / 0,1 п.л.
10. Бурылов, В.С. Оценка устойчивого развития регионов в условиях цифровизации / В.С. Бурылов, Т.И. Леонова // Наука и бизнес: Пути развития. - 2021. - №11(125). - С. 167-170 – 0,93 п.л. / 0,46 п.л.
11. Бурылов, В.С. Всеобщий и локальный характер стратегии качества социально-экономических объектов / В.С. Бурылов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования – М.: ФГБУ "РСТ", 2020. - №1 (53) – С. 26-32 - 0,3 п.л.
12. Бурылов В.С. Оптимизация тензора качества процессов / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2019. - №12(130) – С. 14-25 - 0,3 п.л. / 0,1 п. л.
13. Бурылов, В.С. Методика оценки качества деятельности предприятий автосервиса / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов, Т.И. Леонова // Журнал правовых и экономических исследований - 2016. - № 1. - С. 88-91. – 0,3 / 0,1 п. л.
14. Бурылов, В.С. Показатели конкурентоспособности автосервисных предпринимательских структур / В.С. Бурылов // [Электронный ресурс] Управление экономическими системами электронный научный журнал. – 2015. - №4 –С. 42-52. – 0,3 п.л.
15. Бурылов, В.С. Обеспечение оптимального уровня качества продукции / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов, В. А. Любаева // Инновации. – 2015. – № 3(197). – С. 105-107. - 0,3 / 0,1 п.л.
16. Бурылов, В.С. Обеспечение оптимального уровня качества производственной системы / В.С. Бурылов // Вестник Инжэкона серия: Экономика. - 2012. выпуск 5(56) – С. 188-190. – 0,3 п.л.
17. Бурылов, В.С. Применение проекционных методов при оптимизации системы менеджмента качества предприятия [Электронный ресурс] / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов, В.П. Семенов // Управление

экономическими системами электронный научный журнал. – 2012. - №4 – С. 22 -32. – 0,3 / 0,1 п.л.

18. Бурылов, В.С. Разработка системы показателей оценки качества работы предприятий автосервиса / В. С. Бурылов // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. – 2011. – № 2. – С. 262-265. – 0,3 п.л.

19. Burylov, V., Leonova, T., Vinogradov, L. & Mozaleva, N. Modeling Of Regions Sustainable Development Based On Digital Technologies // Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society, ICEST-II 2021, vol 116. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences European Publisher, 2021, P. 707-716. – 1,2 п.л. / 0,3 п.л., DOI:10.15405/epsbs.2021.09.02.79

20. Burylov, V., Pasholikhov, M., Vinogradov, L., Leonova, T., Mamedov, E. The Use of Neural Networks for Optimization of the Quality of Business Activity in the Digital Environment // Innovations in Digital Economy. SPBPU IDE 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1619, Springer, Cham, - 2022, P. 188-198. – 1 п.л. / 0,2 п.л., DOI:10.1007/978-3-031-14985-6_13

Монографии

21. Бурылов, В.С. Цифровые методы формирования оптимальной стратегии качества организации: монография / В.С. Бурылов. – СПб.: Политех-пресс, 2024. – 198 с. – 10,0 п.л.

22. Бурылов, В.С. Формирование оптимальной стратегии качества в условиях цифровизации: монография / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов, Е.А. Горбашко, Т.И. Леонова – СПб.: Издательство СПГЭУ, 2020. – 181с. – 11,0 п.л. / 2,8 п.л.

23. Бурылов, В.С. Экономико-математические методы в управлении качеством: монография / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов, В.П. Семенов – СПб: Издательство СПбГИЭУ, 2011. – 300 с. – 12,0 / 4,0 п.л.

Доклады на научных конференциях и другие научные публикации

24. Бурылов, В.С. Оптимизация стратегии устойчивого развития общества / В. С. Бурылов, Т. И. Леонова, Н. И. Мозалева // Устойчивое развитие экономики: сборник научных трудов / под ред. Е.А. Горбашко, В.Я. Белобрагина. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020. – С. 159-167.– 0,3 п.л. / 0,1 п.л.

25. Бурылов, В.С. Развитие стратегического менеджмента качества в организации / В. С. Бурылов, Т. И. Леонова // Электронный научный журнал. – 2020. – № 5(34). – С. 142-145. – 0,3 п.л. / 0,15 п.л.

26. Бурылов, В.С. Роль науки и образования в повышении конкурентоспособности предприятий автосервиса / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов // Вестник факультета управления СПбГЭУ - СПб.: СПбГЭУ, 2018. – С. 72-75 – 0,3 / 0,15 п.л.
27. Бурылов, В.С. Современные методы оценки и согласования результатов экспертных исследований качества / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов, В.П. Семенов, Р.О. Назаров // Управление качеством: проблемы, исследования, опыт: Сборник научных трудов. - СПб.: СПбГИЭУ, 2011. выпуск 7 – С.40-52. - 0,4 / 0,1 п.л.
28. Бурылов, В.С. Разработка методики математического моделирования систем менеджмента качества производственных предприятий / В. С. Бурылов, В. П. Семенов, Л. В. Виноградов // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Технические науки. – 2010. – № 8. – С. 147-152. – 0,45 / 0,15 п.л.
29. Бурылов, В.С. Развитие методов цифрового определения качества продукции и услуг / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов, Т. И. Леонова // Национальные концепции качества: роль качества в стратегиях социально-экономического развития в новом мире: Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–22 октября 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2024. – С. 90-94. – 0,3 / 0,1 п.л.
30. Бурылов, В.С. Динамические цифровые модели показателей качества производственных процессов / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов, Т. И. Леонова, А. Д. Колбина // Национальные концепции качества: роль качества в научно-технологическом развитии страны: Сборник материалов Национальной научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 09 октября 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2023. – С. 81-85. – 0,3 / 0,07 п.л.
31. Бурылов В.С. Цифровой след обучающихся на основе данных LMS / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов // Современный менеджмент: проблемы и перспективы: сборник статей по итогам XVII национальной научно-практической конференции с международным участием. В двух частях, Санкт-Петербург, 29–30 сентября 2022 года. Том Часть II. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – С. 199-202. – 0,24 / 0,12 п.л.
32. Бурылов, В.С. Сравнительный анализ показателей социально-экономического развития регионов / В. С. Бурылов, А. И. Зозуля, Т. И.

Леонова // Научные исследования современных проблем развития России: Цифровая трансформация экономики: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции молодых ученых Санкт-Петербургского государственного экономического университета. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 17 февраля 2022 года / Под редакцией Е.А. Горбашко. Том Часть 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – С. 27-32. – 0,37 / 0,12 п.л.

33. Бурылов, В.С. Устойчивое развитие в организации: международный опыт / В. С. Бурылов, А. И. Долинина, Т. И. Леонова // Научные исследования современных проблем развития России: Цифровая трансформация экономики: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции молодых ученых Санкт-Петербургского государственного экономического университета. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 17 февраля 2022 года / Под редакцией Е.А. Горбашко. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – С. 92-96. – 0,31 / 0,1 п.л.

34. Бурылов, В.С. Актуальные проблемы подготовки кадров для IT-отрасли в связи с уходом иностранных фирм с рынка России / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов, Т. И. Леонова // Национальные концепции качества: подготовка кадров для цифровой трансформации промышленности и экономики: Сборник материалов Национальной научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 28 октября 2022 года / Под редакцией В.В. Окрепилова, Е.А. Горбашко. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – С. 69-72. – 0,25 / 0,06 п.л.

35. Бурылов, В.С. Оптимизация стратегии качества устойчивого развития регионов на основе цифровых технологий / В. С. Бурылов, Т. И. Леонова // Эффективное управление экономикой: проблемы и перспективы: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции, Симферополь, 14–15 апреля 2022 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2022. – С. 11-15. – 0,3 / 0,15 п.л.

36. Бурылов, В.С. Многокритериальная оптимизация тензора качества производственных процессов / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов // Национальные концепции качества: техническое регулирование и стандартизация в развитии цифровой экономики: Сборник материалов и докладов Национальной научно-практической конференции с

международным участием, Санкт-Петербург, 04–05 октября 2021 года / Под редакцией В.В. Окрепилова, Е.А. Горбашко. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 109-116. – 0,5 / 0,25 п.л.

37. Бурылов, В.С. Методика построения и анализа цифрового следа для формирования оптимальной стратегии повышения качества обучения студентов при дистанционной и смешанной форме обучения / Л. В. Виноградов, В. С. Бурылов // Национальные концепции качества: техническое регулирование и стандартизация в развитии цифровой экономики : Сборник материалов и докладов Национальной научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 04–05 октября 2021 года / Под редакцией В.В. Окрепилова, Е.А. Горбашко. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 338-344. – 0,4 / 0,2 п.л.

38. Бурылов, В.С. Оценка потенциала устойчивого развития регионов / В. С. Бурылов, Т. И. Леонова, А. И. Зозуля // Устойчивое развитие социально-экономической системы Российской Федерации: сборник трудов XXIII Всероссийской научно-практической конференции, Симферополь, 18–19 ноября 2021 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2021. – С. 44-49. – 0,37 / 0,12 п.л.

39. Бурылов, В.С. Рекомендации для бизнеса по достижению целей устойчивого развития (ЦУР) / В. С. Бурылов, Т. Р. Мкртчян, А. И. Долинина // Устойчивое развитие социально-экономической системы Российской Федерации: сборник трудов XXIII Всероссийской научно-практической конференции, Симферополь, 18–19 ноября 2021 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2021. – С. 119-123. – 0,3 / 0,1 п.л.

40. Бурылов, В.С. Использование элементов системного анализа при выработке оптимального управляющего решения / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов // Современный менеджмент: проблемы и перспективы: Сборник статей по итогам XVI международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 29–30 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 18-22. – 0,3 п.л. / 0,15 п.л.

41. Бурылов, В.С. Индикативный анализ уровня качества государственного управления / В. С. Бурылов, Т. И. Леонова // Современный менеджмент: проблемы и перспективы: Сборник статей по

итогах XVI международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 29–30 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 22-25. – 0,3 п.л. / 0,15 п.л.

42. Бурылов, В.С. Оценка качества устойчивого развития региона / В.С. Бурылов, Т.И. Леонова, Н.И. Мозалева // Эффективное управление экономикой: проблемы и перспективы: Сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции. Научн. ред. В. М. Ячменевой, редколлегия: И.М. Пожарицкая, Р.А. Тимаев, Т.И. Воробец. Симферополь – Симферополь: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2021 – С. 55-59. – 0,3 п.л. / 0,1 п.л.

43. Бурылов, В.С. Оценка качества устойчивого развития регионов на основе математического кластерного анализа / В. С. Бурылов, Т. И. Леонова, Н. И. Мозалева // Эффективные системы менеджмента: качество и цифровые интеллектуальные системы: материалы IX Международного научно-практического форума, Казань, 15–16 апреля 2021 года / Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова. – Казань: Издательство "Познание", 2021. – С. 67-72. – 0,3 п.л. / 0,1 п.л.

44. Бурылов, В.С. Оптимизация качества развития экономики на основе машинного обучения / В. С. Бурылов, Т. И. Леонова, Н. И. Мозалева // Национальная концепция качества: подготовка управленческих кадров: сборник тезисов докладов национальной научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 02–06 октября 2020 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020. – С. 255-258. – 0,3 п.л. / 0,1 п.л.

45. Бурылов, В.С. Моделирование процесса очистки питьевой воды с применением искусственных нейронных сетей / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов, А. Г. Жукова // Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей: Сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30 сентября – 01 2019 года / Под редакцией Е.А. Горбашко. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью "Редакционно-издательский центр "КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС", 2019. – С. 140-143. – 0,3 п.л. / 0,1 п.л.

46. Бурылов, В.С. Оптимизация качества услуг ОАО "РЖД" / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов // Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей: Сборник

тезисов докладов международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30 сентября – 01 2019 года / Под редакцией Е.А. Горбашко. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью "Редакционно-издательский центр "КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС", 2019. – С. 125-130. – 0,3 п.л. / 0,15 п.л.

47. Бурылов, В.С. Выбор потребителями предприятий автосервиса в условиях цифрового пространства / В. С. Бурылов, Л. В. Виноградов // Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей : сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 01 октября 2018 года / Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью "Редакционно-издательский центр "КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС", 2018. – С. 213-215. – 0,3 п.л. / 0,15 п.л.

48. Бурылов, В.С. Квалиметрическая оценка качества деятельности предприятий автосервиса / В. С. Бурылов // Эффективные системы менеджмента - гарантии устойчивого развития: Материалы V международного научно-практического форума, Казань, 25–27 февраля 2016 года / Под редакцией И.И. Антоновой. Том Часть I. – Казань: Издательство "Познание", 2016. – С. 72-75. - 0,3 п.л.

49. Бурылов, В.С. Обеспечение конкурентоспособности предприятий автосервиса за счет качества предоставляемых услуг / В. С. Бурылов, Л.В. Виноградов // Национальные концепции качества: повышение качества в обеспечении конкурентоспособности экономики: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 29 сентября 2015 года / под редакцией Е.А. Горбашко. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2015. – С. 57-60. – 0,3 п.л. / 0,15 п.л.

50. Бурылов, В.С. Перспективные направления математических моделей систем менеджмента качества / В.С. Бурылов, Л.В. Виноградов // Управление качеством: проблемы, исследования, опыт: Сборник научных трудов. - СПб.: СПбГИЭУ, 2009. выпуск 6 – С.32-39. -0,4 / 0,2 п.л.