



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Морские информационные системы
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Бакалавр)

На тему **«Модель иерархического анализа состояния ИТ-отрасли в России»**

Исполнитель **Румянцев Олег Дмитриевич**

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **к.т.н., доцент**

(ученая степень, ученое звание)

Чернецова Елена Анатольевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий

кафедрой МИС

(подпись)

д.т.н., профессор

(ученая степень, ученое звание)

Бурлов Вячеслав Георгиевич

(фамилия, имя, отчество)

« ____ » _____ 2025 г.

Санкт-Петербург

2025 г.

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 88 страниц, 3 рисунка, 15 таблиц, 32 источников литературы.

Объектом исследования является ИТ-отрасль России.

Предметом исследования являются методы и модели оценки состояния ИТ-отрасли, в частности — метод анализа иерархий (АНР).

Цель исследования: Разработка и апробация модели оценки состояния ИТ-отрасли России с использованием метода анализа иерархий (АНР).

В дипломной работе произведён анализ современного состояния ИТ-отрасли России, а также реализована модель её комплексной оценки с применением метода анализа иерархий (АНР) на примере крупнейших регионов.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Морские информационные системы

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой МИС

_____ / Бурлов В. Г.

«__» _____ 2025 г.

Задание

на выпускную квалификационную работу

Студенту Румянцев Олег Дмитриевич

- 1. Тема** «Модель иерархического анализа состояния ИТ-отрасли в России»

закреплена приказом ректора Университета от «__» _____ 2025 г.
года, №875-с

- 2. Срок сдачи законченной работы** «__» _____ 2025 г.

- 3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:**

- 4. Перечень вопросов, подлежащих разработке (краткое содержание работы):**

- Введение. Актуальность темы, цели и задачи ВКР.
- Глава 1. Теоретико-методологические основы метода анализа иерархий и состояния ИТ-отрасли.
- Глава 2. Методологическое построение модели оценки состояния ИТ-отрасли.
- Глава 3. Применение метода АНР и интерпретация результатов.

- Заключение. Выводы по работе в целом, оценка степени решения поставленных задач, предложения по практическому использованию результатов работы.

5. Перечень материалов, предоставляемые к защите:

- Пояснительная записка;
- Иллюстративные материалы.

6. Консультанты по работе:

Дата выдачи задания: «___» _____ 2025 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы

к.т.н., доцент Чернецова Е.А.

(должность, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя,

(подпись)

отчество)

Задание принял к исполнению «___» _____ 2025 г.

Студент Румянцев О.Д. КВ-Б21-2

(фамилия, имя, отчество, учебная группа)

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СОСТОЯНИЯ ИТ-ОТРАСЛИ	8
1.1 Метод анализа иерархий: теоретические основы и области применения.....	8
1.2 История и текущее состояние ИТ-отрасли в России	12
1.3 Применение метода анализа иерархий в оценке сложных социально-экономических систем	17
1.4 Сравнительный анализ методов оценки сложных систем.....	20
ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИТ-ОТРАСЛИ	22
2.1 Построение иерархической модели оценки состояния ИТ-отрасли России	22
2.2 Определение критериев и субкритериев оценки.....	27
2.3 Методика сбора и анализа экспертных данных	32
2.4 Процедура проведения расчётов и приоритизации критериев	34
2.5 Апробация модели на примере ИТ-отрасли Санкт-Петербурга	40
2.6 Риски и ограничения построенной модели.....	43
ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНР И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	48
3.1 Расчёты и анализ полученных приоритетов критериев и подкритериев	48
3.2 Интерпретация результатов и рекомендации по развитию ИТ-отрасли	51
3.3 Ограничения метода АНР и перспективы его применения	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65
ПРИЛОЖЕНИЯ	68

ВВЕДЕНИЕ

Информационно-технологическая (ИТ) отрасль является неотъемлемой частью современной экономики и ключевым драйвером цифровой трансформации общества. В условиях стремительного развития технологий, нарастания международной конкуренции и ограниченного доступа к внешним ресурсам устойчивое развитие ИТ-сектора приобретает значение фактора национальной безопасности, технологического суверенитета и социальной стабильности.

С начала 2020-х годов в России реализуется ряд стратегических инициатив, направленных на укрепление цифрового потенциала страны: национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», проекты импортозамещения, меры налогового стимулирования и поддержка разработки отечественного программного обеспечения. Тем не менее, эффективность реализации этих программ и общее состояние отрасли требуют объективной, комплексной и количественно обоснованной диагностики. Это особенно актуально в условиях растущей сложности цифровых экосистем, дефицита кадров, ограниченного финансирования и необходимости ускоренной замены зарубежных решений.

Объектом исследования в настоящей работе является российская ИТ-отрасль как многосоставная социально-экономическая система, включающая совокупность организационных, технических, инфраструктурных, кадровых и регуляторных компонентов. Предметом исследования выступают методы и модели оценки её состояния, построенные на базе экспертных и количественных подходов.

Цель работы — разработка и апробация модели анализа иерархий (АНР), адаптированной к оценке состояния ИТ-отрасли России, с последующим выполнением сценарного анализа и формированием управленческих выводов.

Особое внимание уделяется региональному аспекту — сравнению ведущих ИТ-кластеров страны (Москва и Санкт-Петербург), а также включению процедур нормализации, верификации и согласованности, отражающих корректность расчётов.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

- изучить теоретико-методологические основы метода анализа иерархий и обосновать его применение к сложным социально-экономическим системам;
- исследовать текущее состояние и проблемы ИТ-отрасли в России, выявить актуальные направления развития;
- сформировать иерархическую модель оценки состояния отрасли с четырьмя уровнями: цель, критерии, подкритерии и альтернативы;
- разработать матрицы попарных сравнений критериев, подкритериев и альтернатив (Москва/Санкт-Петербург), выполнить расчёт локальных и глобальных приоритетов;
- применить процедуры нормализации, расчёта согласованности (λ_{\max} , CI, CR) и построения матрицы инцидентности;
- провести апробацию модели на примере ИТ-отрасли Санкт-Петербурга и выполнить сравнительный анализ с Москвой;
- реализовать сценарный анализ с вариацией весов критериев под различными условиями (централизованный и рыночный сценарии);
- на основании полученных результатов сформулировать управленческие рекомендации и выявить направления развития модели.

Методологическую основу работы составляют: метод анализа иерархий Т. Саати, системный подход, экспертные оценки, методы нормализации и математического моделирования. Расчёты выполнены в соответствии с методическими указаниями, включая пошаговую реализацию на контрольном

примере и использование шаблонов нормализации. Значительная часть оценок подтверждена процедурой проверки согласованности ($CR < 0.1$), что обеспечивает надёжность модели.

Научная новизна работы заключается в разработке комплексной пятиуровневой иерархической модели оценки ИТ-отрасли России, интеграции в неё регионального аспекта, математического описания в виде графа и матрицы инцидентности, а также в применении сценарного анализа для оценки стратегических вариантов развития. Практическая значимость определяется возможностью использования модели в рамках мониторинга, государственной цифровой политики, регионального стратегического планирования и оценки программ цифровизации.

Таким образом, представленное исследование ориентировано на создание обоснованного аналитического инструмента, позволяющего структурированно и количественно оценивать состояние ИТ-отрасли и формулировать решения на основе данных. Работа направлена на повышение качества управленческих решений и поддержку цифровой трансформации экономики в условиях неопределённости и вызовов внешней среды.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СОСТОЯНИЯ ИТ-ОТРАСЛИ

1.1 Метод анализа иерархий: теоретические основы и области применения

Метод анализа иерархий (Analytic Hierarchy Process, АНП), разработанный в 1970-х годах американским математиком Томасом Саати, представляет собой один из наиболее эффективных и распространённых методов решения многокритериальных задач принятия решений. В основе метода лежит математически обоснованный подход к структурированию сложных проблем

и осуществлению выбора оптимального решения в условиях значительной неопределенности и субъективности (Saaty, 1980).

Особенностью АНР является использование иерархических структур, в рамках которых комплексная проблема разбивается на отдельные, последовательно связанные компоненты (критерии, подкритерии и альтернативы). Данный метод предусматривает попарные сравнения элементов с последующим вычислением локальных и глобальных приоритетов на основе матриц сравнений (Vaidya & Kumar, 2006).

Принципы метода АНР

Метод анализа иерархий базируется на следующих фундаментальных принципах (Saaty, Vargas, 2012):

- Принцип декомпозиции: любая сложная задача может быть структурирована в виде иерархии, включающей цель, критерии и альтернативы.
- Принцип сравнительных суждений: элементы на каждом уровне оцениваются попарно по значимости с помощью специальной шкалы Саати.
- Принцип синтеза приоритетов: из полученных парных сравнений вычисляются локальные и глобальные приоритеты элементов.
- Принцип проверки согласованности: результаты попарных сравнений проверяются на согласованность и корректность.

Формальная модель метода АНР

Формально процедура АНР включает несколько основных шагов:

1. Построение иерархии:

- Определяется главная цель задачи.
- Выделяются критерии, подкритерии и альтернативы.

2. Составление матриц попарных сравнений:

Составляется матрица $A = (a_{ij})$, где:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}, \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, \quad a_{ii} = 1,$$

где w_i и w_j – приоритеты элементов i и j .

3. Расчет приоритетов:

Вычисляются приоритеты элементов методом собственного вектора:

$$Aw = \lambda_{\max} w,$$

где w – вектор приоритетов, а λ_{\max} – максимальное собственное значение матрицы A .

4. Проверка согласованности:

Индекс согласованности вычисляется по формуле:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad CR = \frac{CI}{RI},$$

где CI — индекс согласованности, CR — коэффициент согласованности, RI — случайный индекс согласованности. Значения CR менее 0,1 считаются приемлемыми.

Преимущества и недостатки АНР

Основные преимущества метода анализа иерархий включают:

- Возможность работы с качественными и количественными показателями.
- Структурированность и прозрачность оценки.
- Возможность учёта субъективного экспертного мнения.
- Высокий уровень формализованности и математического обоснования результатов (Bhushan, Rai, 2004).

К ограничениям метода относятся:

- Сложность при увеличении числа критериев.

- Возможная субъективность результатов при недостаточной подготовке экспертов.
- Чувствительность итоговых приоритетов к изменениям структуры иерархии.

Области применения метода АНР

Метод АНР широко применяется в различных областях, таких как экономика, экология, государственное управление и ИТ. Например, в экономике он используется для выбора инвестиционных проектов, оценки риска и стратегического планирования (Sharma et al., 2013). В государственном управлении метод применяется при выборе приоритетных направлений развития регионов и городов, а также при оценке эффективности госпрограмм (Aragonés-Beltrán et al., 2014). В области информационных технологий АНР используется для выбора оптимальных ИТ-решений, оценки зрелости ИТ-инфраструктуры и определения приоритетов финансирования (Khan & Faisal, 2015).

Обоснование выбора АНР для оценки состояния ИТ-отрасли России

Выбор метода анализа иерархий для анализа состояния российской ИТ-отрасли обусловлен следующими факторами:

- Необходимость комплексного анализа множества разнотипных критериев (экономических, технологических, кадровых).
- Возможность структурирования экспертных оценок и интеграции их с количественными показателями.
- Наличие успешного опыта применения АНР для оценки инновационного потенциала и развития технологических отраслей как в России, так и за рубежом.

Таким образом, метод анализа иерархий представляет собой эффективный инструмент для оценки и принятия решений, позволяющий обеспечить системный и комплексный подход к анализу состояния сложных социально-экономических систем, таких как ИТ-отрасль России.

1.2 История и текущее состояние ИТ-отрасли в России

Информационно-технологическая отрасль в современной России представляет собой один из наиболее динамично развивающихся секторов, определяющих цифровую трансформацию экономики, государственного управления и социальной сферы. Важность ИТ-отрасли обусловлена её сквозным характером: цифровые технологии применяются во всех отраслях — от здравоохранения до промышленности, от образования до оборонного комплекса.

Основные этапы становления

Развитие ИТ в России началось в советский период. Уже в 1950–60-е годы были разработаны первые ЭВМ (МЭСМ, БЭСМ, Урал), заложившие основу отечественной вычислительной школы. В условиях командной экономики основное внимание уделялось оборонным и научным задачам. Развитие шло изолированно от мирового ИТ-рынка (Китов, 2010), но Советский Союз входил в тройку мировых лидеров по количеству вычислительных машин на душу населения к началу 1980-х.

С распадом СССР началась трансформация отрасли: в 1990-е годы государственное финансирование резко сократилось, однако именно в этот период оформились частные ИТ-компании, такие как «1С», «Лаборатория Касперского», «АВВУУ». Возникли первые интеграторы, оформились образовательные ИТ-направления в ведущих вузах. При этом рынок оставался фрагментированным, с высокой зависимостью от импортного ПО и оборудования (Агеев, 2012).

С 2000-х годов роль государства в цифровом развитии усиливается: реализуются программы «Электронная Россия» (2002–2010), «Информационное общество» (2011–2020), с 2017 года действует нацпрограмма «Цифровая экономика». Создаются институты развития, технопарки, кластеры, появляются преференции и меры господдержки (Минцифры, 2023).

Современная структура отрасли

Современный российский ИТ-сектор — это многоуровневая система, включающая как крупные корпорации, так и малый бизнес, образовательные учреждения, R&D-центры и стартапы. По данным TAdviser (2023), структура отрасли распределяется по следующим ключевым сегментам:

- Разработка программного обеспечения — крупнейший сегмент, в который входят «1С», «Лаборатория Касперского», «Яндекс», «VK», «СПАРК» и др.;
- ИТ-интеграция и консалтинг — представлена крупными игроками: IBS, LANIT, Cros, Softline;
- Кибербезопасность — активно растущий сегмент: «Код Безопасности», Positive Technologies, SearchInform;
- Производство оборудования — ограничено локализацией; крупнейшие игроки — «Аквариус», «Ядро», МЦСТ.

Отдельное место занимают облачные платформы и дата-центры, объёмы которых в 2023 году выросли на 27% относительно предыдущего года (CNews, 2024).

Экономическое значение

Согласно данным Минцифры РФ и РАЭК (2024), объём рынка ИТ в России в 2023 году достиг 2,5 трлн рублей, при этом рост за последние 5 лет составил

более 60%. Среднегодовой темп роста — 12–15%. Основным драйвером выступают внутренние ИТ-услуги, но важную роль играет и экспорт: объём экспорта ПО и услуг в 2023 году составил \$8,1 млрд. Это подтверждает сохраняющуюся конкурентоспособность отдельных российских решений на международных рынках, несмотря на внешнеэкономические ограничения.

Кадровая ситуация и вызовы

ИТ-отрасль — одна из наиболее чувствительных к кадровым ресурсам. По данным АПКИТ, в 2023 году нехватка квалифицированных специалистов составила от 500 до 700 тыс. человек. Основные причины — резкий рост спроса, низкая пропускная способность вузов, конкуренция с международными компаниями и отток специалистов. Особенно остро ощущается дефицит в области кибербезопасности, DevOps, системного анализа.

В ответ государство реализует программы «Цифровые кафедры», гранты на обучение, ИТ-ипотеку и налоговые льготы для специалистов. Однако системный эффект от этих мер пока не достигнут.

Технологический суверенитет и импортозамещение

С 2022 года приоритетом отраслевой политики стал технологический суверенитет. Основные усилия сосредоточены на создании отечественного ПО, замещении иностранных СУБД, офисных пакетов и операционных систем. По данным TAdviser (2024), доля отечественного ПО в государственных структурах превысила 70%, однако импортозависимость в аппаратной части и специализированном софте (CAD, CAM, CAE) остаётся высокой.

На уровне ОС и офисных решений развиваются «Альт», «РЕД ОС», «МойОфис»; в процессорах — «Эльбрус», «Байкал», «Скала». Проблемы связаны с масштабируемостью, совместимостью и сертификацией.

Основные вызовы и тренды

Текущее состояние отрасли формируется на стыке ограничений и новых возможностей. Среди ключевых вызовов:

- санкционное давление и уход западных вендоров;
- слабая компонентная база и дефицит инфраструктуры;
- кадровый дефицит и образовательный разрыв;
- неопределённость нормативной среды.

Позитивные тренды:

- рост инвестиционной активности в российских IT-компаниях;
- поддержка отрасли на уровне Правительства РФ и регионов;
- активное развитие open-source и кастомизированных решений;
- интеграция ИИ и автоматизации в бизнес-среду.

Сравнительный анализ сильных и слабых сегментов российской IT-отрасли

Несмотря на общую позитивную динамику, развитие различных сегментов российской IT-отрасли происходит неравномерно. Существуют направления, в которых достигнут существенный прогресс, а также области, требующие приоритетного внимания со стороны государства и бизнеса.

Сегмент	Позиция РФ в сравнении с мировыми трендами	Комментарий

Кибербезопасность	Сильные позиции	Российские решения экспортируются и конкурентоспособны.
Разработка ПО	Средний уровень	Развитие в прикладном ПО, отставание в инженерных системах.
Облачные технологии	Умеренное отставание	Развитие активно, но фрагментировано, доверие ниже, чем у западных аналогов.
Искусственный интеллект	Отставание	Академическая база есть, но слабая коммерциализация и недостаток данных.
Производство аппаратуры	Сильное отставание	Критическая зависимость от импорта, особенно в ВЧ-компонентах.
Open-source решения	Потенциал роста	Активное развитие, доля в госсекторе пока ограничена.

Таблица 1. Сравнительный анализ сильных и слабых сегментов российской ИТ-отрасли

Наиболее конкурентоспособными сегментами являются кибербезопасность и прикладное программное обеспечение. Здесь наблюдается устойчивый рост, активная экспортная деятельность и высокая узнаваемость брендов. При этом наибольшие вызовы связаны с аппаратной независимостью, разработкой отечественных процессоров и системной интеграцией критически важных ИТ-решений.

Особую важность приобретает развитие искусственного интеллекта и работы с большими данными. Несмотря на инициативы, такие как создание Центров компетенций и платформы «ГосТех», в этих областях Россия пока уступает

странам-лидерам (США, Китай, Израиль) по масштабам инвестиций, количеству внедрений и технологическим прорывам.

1.3 Применение метода анализа иерархий в оценке сложных социально-экономических систем

Метод анализа иерархий (Analytic Hierarchy Process, АНР) активно используется для решения многокритериальных задач в сложных социально-экономических системах благодаря своей способности структурировать комплексные проблемы и интегрировать качественные и количественные данные в единую аналитическую модель. Его широкое распространение обусловлено растущей потребностью в принятии обоснованных решений в условиях высокой неопределённости и многокритериальности.

Преимущества АНР в анализе социальных и экономических систем

Социально-экономические системы характеризуются значительным количеством критериев, неоднородностью их влияния, а также субъективностью экспертных оценок. В таких условиях классические эконометрические и статистические методы оказываются недостаточными. АНР позволяет компенсировать эти ограничения за счёт следующих преимуществ:

- Возможность включения как количественных (экономические показатели, численность населения), так и качественных критериев (социальное доверие, политическая стабильность).
- Использование экспертных оценок, что позволяет учитывать субъективный фактор, который неизбежно присутствует в анализе социально-экономических процессов.
- Высокая степень структурированности и прозрачности оценки за счёт попарных сравнений и иерархической организации критериев и альтернатив.

Области применения метода АНР

Метод анализа иерархий успешно применяется в широком круге задач:

1. Региональное и муниципальное управление:

- Оценка приоритетов территориального развития.
- Выбор направлений для государственных инвестиций.
- Оценка эффективности государственных программ.

2. Экономика и бизнес-планирование:

- Анализ инвестиционной привлекательности регионов и предприятий.
- Оценка риска и принятие решений по финансированию крупных проектов.

3. Устойчивое развитие и экология:

- Приоритизация экологических проектов.
- Оценка стратегий управления отходами и ресурсами.

4. Управление человеческими ресурсами:

- Выбор приоритетных направлений развития кадрового потенциала.
- Оценка программ повышения квалификации и мотивации сотрудников.

Особенности адаптации метода АНР

Несмотря на универсальность метода АНР, его применение к социально-экономическим системам требует особых подходов к реализации:

- Формирование компетентной группы экспертов: точность и достоверность оценок напрямую зависят от уровня компетентности экспертов. Необходима тщательная процедура их отбора и подготовки.

- Разработка адекватной иерархической структуры: правильно выстроенная иерархия критериев существенно влияет на итоговые результаты и качество принимаемых решений.
- Контроль согласованности суждений: важным аспектом является регулярная проверка коэффициента согласованности (CR). Значения выше 0,1 требуют пересмотра матриц сравнений, что гарантирует надёжность результатов.

Примеры успешного применения

Одним из ярких примеров успешного применения АНР является использование метода в программе стратегического развития территорий Европейского Союза. Также значительные результаты были получены при использовании метода в оценке инвестиционной привлекательности регионов России, при планировании инфраструктурных проектов в крупных городах и в задачах управления экологическими проектами (Aragonés-Beltrán et al., 2014; Sharma et al., 2013).

Обоснование применения АНР к ИТ-отрасли России

ИТ-отрасль России представляет собой типичный пример сложной социально-экономической системы, характеризующейся высоким уровнем неопределённости и множеством взаимосвязанных факторов (экономических, социальных, технологических). Применение метода анализа иерархий позволяет:

- Структурировать и систематизировать информацию о текущем состоянии отрасли.
- Выявить ключевые проблемы и приоритетные направления развития.
- Учесть мнение экспертного сообщества и интегрировать количественные и качественные критерии оценки.

Таким образом, использование АНР является научно обоснованным, логичным и перспективным подходом для оценки состояния и перспектив развития ИТ-отрасли России, что будет рассмотрено в последующих разделах настоящего исследования.

1.4 Сравнительный анализ методов оценки сложных систем

Оценка состояния социально-экономических и отраслевых систем может осуществляться с использованием различных методов, каждый из которых имеет свои достоинства и ограничения. В контексте анализа состояния ИТ-отрасли, важным является выбор метода, способного учитывать многокритериальность, экспертную неопределённость и необходимость обоснованной приоритизации. В настоящем исследовании в качестве основного инструмента был выбран метод анализа иерархий (АНР), что обусловлено его рядом преимуществ по сравнению с альтернативными подходами.

Обзор альтернативных методов

Наиболее часто применяемыми подходами для оценки сложных систем являются:

- SWOT-анализ — используется для качественной оценки сильных и слабых сторон системы, возможностей и угроз;
- Delphi-метод — основан на анонимных экспертных опросах с несколькими раундами до достижения согласия;
- Бальная (рейтинговая) шкала — упрощённый способ оценки по набору критериев с последующим суммированием баллов;
- Многокритериальный анализ (MCDM) — объединяет различные методы выбора на основе нескольких критериев (включая TOPSIS, ELECTRE, VIKOR и др.);

- АНР (аналитическая иерархия) — позволяет структурировать проблему, учитывать как количественные, так и качественные критерии, и определять их относительную значимость.

Сравнительная таблица методов

Метод	Учитывает мнения экспертов	Позволяет расставить приоритеты	Учитывает количественные и качественные данные	Требует матрицы сравнений	Подходит для цифровизации
SWOT	Частично	Нет	Да	Нет	Да
Delphi	Да	Нет	Да	Нет	Частично
Бальная шкала	Да	Ограничено	Частично	Нет	Да
MCDM (TOPSIS и др.)	Да	Да	Да	Нет (в зависимости от метода)	Частично
АНР	Да	Да (чёткая иерархия)	Да	Да	Да

Таблица 2. Сравнительная таблица методов

Обоснование выбора АНР

Метод анализа иерархий был выбран в качестве базового по следующим причинам:

1. Иерархическая структура — позволяет логически декомпозировать сложную задачу на уровни: цель → критерии → подкритерии → альтернативы.
2. Гибкость — АНР применим как к количественным, так и к качественным показателям, что особенно важно в условиях неполной статистики.

3. Математическая строгость — наличие формализованной процедуры расчёта весов, проверки согласованности оценок и агрегации приоритетов.
4. Поддержка экспертного подхода — метод учитывает коллективные знания экспертов, что повышает обоснованность результатов в условиях недостатка объективных данных.
5. Пригодность к автоматизации — существует множество программных решений для реализации АНР (Excel, Super Decisions, Python-библиотеки), что упрощает внедрение в цифровые аналитические системы.

Таким образом, выбор метода АНР обусловлен его способностью эффективно справляться с задачами многокритериального анализа в условиях высокой неопределённости и неполноты информации. Это делает его особенно актуальным в контексте оценки состояния и перспектив развития российской ИТ-отрасли.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИТ-ОТРАСЛИ

2.1 Построение иерархической модели оценки состояния ИТ-отрасли России

Метод анализа иерархий (АНР) представляет собой эффективный инструмент для анализа и принятия решений в сложных социально-экономических системах, таких как информационно-технологическая (ИТ) отрасль. Особенностью метода является структурирование исследуемой проблемы в виде иерархической модели, что обеспечивает наглядность и чёткость оценки.

Цель и структура иерархической модели

Цель построения иерархической модели заключается в комплексной оценке текущего состояния российской IT-отрасли. Модель включает четыре уровня, позволяющих последовательно декомпозировать общую цель на конкретные показатели:

Уровень 1 – Цель анализа

- Оценка текущего состояния IT-отрасли России: Цель анализа состоит в выявлении текущего уровня развития отрасли, её сильных и слабых сторон, а также формировании рекомендаций по направлениям государственной и частной поддержки.

Уровень 2 – Основные направления анализа (первый уровень критериев)

Основные направления анализа были выбраны на основе актуальных государственных программ и отраслевых исследований. Ключевые направления включают:

1. Экономическая эффективность
2. Кадровая устойчивость
3. Технологическая суверенность
4. Инфраструктурное обеспечение
5. Государственная политика и регулирование

Уровень 3 – Подкритерии (второй уровень критериев)

Для каждого направления анализа были определены подкритерии, отражающие специфические аспекты их функционирования:

Экономическая эффективность:

- Рост выручки
- Объём инвестиций

- Доля экспорта IT-услуг
- Количество малых и средних IT-компаний

Кадровая устойчивость:

- Количество IT-специалистов
- Качество подготовки специалистов
- Отток кадров
- Количество профильных образовательных программ

Технологическая суверенность:

- Доля отечественного программного обеспечения
- Использование российских микропроцессоров
- Уровень импортозависимости
- Распространение open-source решений

Инфраструктурное обеспечение:

- Количество и мощность дата-центров
- Пропускная способность каналов связи
- Доступность облачных сервисов
- Развитие сетей 5G и широкополосного доступа

Государственная политика и регулирование:

- Объём финансовой поддержки отрасли
- Наличие преференций и льгот
- Развитость законодательной базы
- Реализация стратегии «Цифровая экономика» и программ импортозамещения

Уровень 4 — Альтернативы сравнения

Для реализации полного цикла метода анализа иерархий необходимо наличие альтернатив, между которыми осуществляется сравнение по всем подкритериям. В настоящем исследовании в качестве альтернатив выбраны два ведущих региона Российской Федерации:

- Москва — крупнейший ИТ-центр страны, характеризующийся высокой концентрацией ИТ-компаний, развитой инфраструктурой, значительным экспортным потенциалом и активной государственной поддержкой;
- Санкт-Петербург — второй по значимости цифровой кластер, обладающий сильной академической и инженерной школой, высоким уровнем кадрового обеспечения и активной интеграцией отечественных решений в практику бизнеса.

Выбор данных регионов обусловлен их ключевой ролью в национальной ИТ-экосистеме, а также доступностью статистических и экспертных данных. Именно на них ориентирована последующая процедура попарного сравнения, расчёта приоритетов и согласованности, реализуемая в главах 2.4 и 3.1.

Обоснование выбора структуры модели

Выбор именно такой структуры модели обусловлен необходимостью:

- Полного и объективного отражения текущего состояния отрасли
- Удобства последующей интеграции экспертных и количественных оценок
- Соответствия актуальным потребностям аналитики и принятия управленческих решений в условиях ограничений и неопределённости

Таким образом, представленная иерархическая модель позволяет систематизировать оценку ИТ-отрасли и формировать объективные, обоснованные рекомендации для её дальнейшего развития.

Визуальная схема иерархической модели представлена в Приложении А.

Математическая формализация иерархической модели

Для формального описания иерархической структуры модели оценки состояния ИТ-отрасли метод анализа иерархий (АИР) представляется в виде направленного ациклического графа:

$$G = (V, E),$$

где:

- V — множество вершин, соответствующее элементам всех уровней иерархии: цели анализа, критериев, подкритериев и альтернатив;
- $E \subseteq V \times V$ — множество ориентированных рёбер, отражающих отношения подчинённости и влияния между уровнями.

Модель включает следующие уровни:

- Уровень U_0 : Цель оценки — v_0 = Оценка состояния ИТ-отрасли России;
- Уровень U_1 : Критерии оценки — $\{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}\}$, где $n = 5$ (экономическая эффективность, кадровая устойчивость и др.);
- Уровень U_2 : Подкритерии — для каждого критерия $v_{1i} \in U_1$ задано множество подкритериев $\{v_{2i1}, v_{2i2}, \dots, v_{2im}\}$;
- Уровень U_3 : Альтернативы — $\{A_1, A_2\} = \{\text{Москва, Санкт-Петербург}\}$.

Каждой вершине уровня присваивается вес (приоритет) w_i , определённый с помощью метода АИР. При этом для любого подмножества на одном уровне выполняется нормировка:

$$\sum w_i = 1.$$

Глобальный приоритет альтернатив A_j определяется как произведение весов всех вышележащих уровней:

$$W(A_j) = \sum w_i \cdot w_{ij} \cdot w_{ijk},$$

где:

- w_i — вес критерия,
- w_{ij} — вес соответствующего подкритерия,
- w_{ijk} — локальный приоритет альтернативы по заданному подкритерию.

Таким образом, модель позволяет формализовать структуру принятия решений и обеспечить количественно обоснованную приоритизацию альтернатив в условиях множественных критериев.

2.2 Определение критериев и субкритериев оценки

Эффективность применения метода анализа иерархий (АИР) напрямую зависит от корректного выбора и обоснования системы критериев, отражающих существенные характеристики исследуемой системы. В случае оценки состояния российской ИТ-отрасли необходимо учитывать специфику её функционирования: высокую динамичность, зависимость от кадровых и технологических факторов, а также влияние государственной политики и международной конъюнктуры.

На основе анализа стратегических документов, отраслевых отчётов и консультаций с экспертами была сформирована структура, включающая пять основных критериев и двадцать подкритериев. Эти параметры охватывают ключевые направления развития отрасли и обладают высокой значимостью с точки зрения её устойчивости и конкурентоспособности.

Экономическая эффективность

Экономические параметры определяют жизнеспособность и инвестиционную привлекательность отрасли, а также её способность генерировать добавленную стоимость.

Подкритерии:

- Рост выручки — отражает общую динамику финансовых потоков в отрасли.
- Объём инвестиций — ключевой индикатор доверия со стороны частного и государственного капитала.
- Доля экспорта IT-услуг — показатель международной конкурентоспособности российских компаний.
- Количество малых и средних IT-компаний — характеризует степень рыночной активности и инновационного потенциала.

Комментарий: Данный критерий поддаётся количественному измерению и является одним из наиболее устойчивых индикаторов, опирающихся на объективные макроэкономические данные.

Кадровая устойчивость

IT-отрасль — это, прежде всего, отрасль знаний. От уровня и стабильности кадрового потенциала напрямую зависит способность генерировать и масштабировать цифровые решения.

Подкритерии:

- Количество IT-специалистов — отражает доступность кадрового ресурса.
- Качество подготовки специалистов — определяется уровнем профильного образования, наличием практик, стажировок и международных сертификаций.

- Отток кадров — один из ключевых рисков, особенно в условиях роста миграционных потоков и внешней конкуренции.
- Количество профильных образовательных программ — влияет на среднесрочную и долгосрочную обеспеченность отрасли специалистами.

Комментарий: Кадровые параметры оцениваются преимущественно на основе статистики Минобрнауки, опросов, рейтингов вузов и профессиональных ассоциаций.

Технологическая суверенность

Современные условия требуют обеспечения автономности технологического развития. Данный критерий включает параметры, характеризующие степень зависимости отрасли от внешних решений и компонентов.

Подкритерии:

- Доля отечественного программного обеспечения — отражает уровень внедрения российских разработок в организациях и госструктурах.
- Использование российских микропроцессоров — критический показатель суверенности аппаратной базы.
- Уровень импортозависимости — обобщённая оценка зависимости от иностранных технологий.
- Распространение open-source решений — альтернативный путь снижения зависимости от зарубежного проприетарного ПО.

Комментарий: Этот критерий требует как количественных данных (например, объёмы закупок ПО), так и экспертных суждений.

Инфраструктурное обеспечение

Развитая цифровая инфраструктура является основой для функционирования и масштабирования ИТ-сектора.

Подкритерии:

- Количество и мощность дата-центров — инфраструктурная основа для хранения и обработки данных.
- Пропускная способность каналов связи — влияет на доступность и качество ИТ-услуг.
- Доступность облачных сервисов — фактор гибкости и масштабируемости бизнес-моделей.
- Развитие сетей 5G и широкополосного доступа — отражает степень цифрового покрытия территории.

Комментарий: Оценка проводится на основе данных Минцифры, Роскомнадзора, операторов связи и отраслевых исследований.

Государственная политика и регулирование

Формирование эффективной нормативной и финансовой среды — ключевая функция государства в условиях технологической трансформации.

Подкритерии:

- Объём финансовой поддержки отрасли — включает прямое финансирование, гранты, налоговые льготы.
- Наличие преференций и льгот — отражает уровень поддержки малого и среднего бизнеса.
- Развитость законодательной базы — критерий зрелости нормативно-правового регулирования в сфере ИТ.
- Реализация стратегии «Цифровая экономика» и программ импортозамещения — интегральный показатель выполнения госпрограмм.

Комментарий: Анализ проводится на основе официальных документов, федеральных программ, отчетов Счётной палаты и независимых аудитов.

Классификация критериев

Для систематизации оценки критерии можно классифицировать по следующим признакам:

Критерий	Тип данных	Источник	Управляемость	Оценочная шкала
Экономическая эффективность	Количественные	Росстат, TAdviser	Высокая	Объективная
Кадровая устойчивость	Смешанные	Минобрнауки, опросы	Средняя	Комбинированная
Технологическая суверенность	Качественные/количественные	Минцифры, экспертные оценки	Средняя	Индикативная
Инфраструктура	Количественные	Роскомнадзор, провайдеры	Высокая	Объективная
Регулирование	Качественные	Госпрограммы, НПА	Средняя	Экспертная

Таблица 3. Классификация критериев

Методика выбора критериев

Подбор критериев осуществлялся по следующим направлениям:

- Изучение актуальных национальных стратегий и государственных программ, включая «Цифровую экономику Российской Федерации»;
- Анализ отраслевых исследований и аналитики (РАЭК, TAdviser, Минцифры);
- Консультации с экспертами: представители ИТ-компаний, аналитических центров, органов власти.

Таким образом, сформированная система критериев и подкритериев является комплексной, репрезентативной и адаптированной к специфике анализа состояния ИТ-отрасли в современной России. Она обеспечивает методологическую базу для применения метода АНР и последующего формального анализа приоритетов и направлений развития.

Вывод:

Таким образом, сформированный перечень критериев и подкритериев обеспечивает всесторонний охват ключевых характеристик ИТ-отрасли России. Подход учитывает как стратегические, так и прикладные аспекты, что позволяет использовать модель АНР для детальной диагностики состояния отрасли с опорой на структурированные экспертные оценки.

2.3 Методика сбора и анализа экспертных данных

Эффективность применения метода анализа иерархий (АНР) существенно зависит от качества и достоверности используемых экспертных данных. Процесс сбора и анализа экспертных оценок был построен на основе чётко определённой методики, включающей несколько последовательных этапов.

Этапы методики

Этап 1: Формирование экспертной группы

Экспертная группа была сформирована из специалистов, обладающих профессиональными знаниями и практическим опытом работы в ИТ-отрасли. В неё вошли представители:

- Крупных ИТ-компаний;
- Государственных органов, ответственных за реализацию ИТ-проектов;
- Научного и образовательного сообщества (профессора ведущих университетов и отраслевые аналитики).

Всего было привлечено 15 экспертов, что обеспечивает достаточный уровень объективности и разнообразия мнений.

Этап 2: Разработка анкет для экспертного опроса

Для сбора экспертных данных была разработана анкета, включающая:

- Попарные сравнения критериев и подкритериев по шкале Саати (от 1 до 9);
- Оценку качественных показателей по пятибалльной шкале;
- Возможность добавления комментариев и предложений по улучшению оценки.

Анкета прошла предварительное тестирование для проверки её понятности и корректности.

Этап 3: Сбор экспертных данных

Сбор данных осуществлялся методом личных интервью и онлайн-опроса, что позволило обеспечить высокий уровень вовлечённости и удобство для экспертов. В процессе опроса особое внимание уделялось поддержанию согласованности и чёткости понимания вопросов.

Этап 4: Проверка согласованности экспертных оценок

Полученные оценки были подвергнуты обязательной проверке коэффициента согласованности (Consistency Ratio, CR). Экспертные оценки с уровнем согласованности выше допустимого порога ($CR > 0,1$) подвергались дополнительному анализу и уточнению с участием экспертов.

Анализ и агрегация данных

Для анализа собранных экспертных данных были использованы:

- Метод главного собственного вектора для определения локальных и глобальных приоритетов;
- Средневзвешенное значение и медиана для агрегирования количественных оценок;
- Статистические методы для выявления возможных расхождений и проверки согласованности данных.

Обоснование выбранной методики

Предложенная методика сбора и анализа экспертных данных обеспечивает:

- Высокую достоверность и объективность полученных результатов;
- Возможность выявления и устранения противоречий в экспертных оценках;
- Удобство и прозрачность процедуры для всех участников опроса.

Таким образом, применённая методика позволяет эффективно использовать метод анализа иерархий (АНР) для оценки состояния ИТ-отрасли России, обеспечивая надёжные и информативные результаты анализа.

2.4 Процедура проведения расчётов и приоритизации критериев

Важным этапом реализации метода анализа иерархий (АНР) является расчёт приоритетов критериев и подкритериев, который осуществляется на основе собранных экспертных данных. Данный процесс включает несколько последовательных шагов, обеспечивающих надёжность и объективность получаемых результатов.

Этапы процедуры расчётов

Этап 1: Составление матриц попарных сравнений

На основе экспертных оценок формируются матрицы попарных сравнений для всех уровней иерархии. Оценки выставляются по шкале Саати (от 1 до 9), отражая относительную важность элементов по сравнению друг с другом. В

частности, для каждого критерия определяются 4 подкритерия, для которых строятся 4×4 матрицы; для сравнения двух регионов (Москва и Санкт-Петербург) по каждому подкритерию — 20 матриц 2×2.

Этап 2: Расчёт локальных приоритетов

Для каждой матрицы производится вычисление локальных приоритетов с использованием метода главного собственного вектора. Компоненты соответствующего собственного вектора представляют собой веса элементов на данном уровне.

Этап 3: Проверка согласованности результатов

Для верификации корректности экспертных оценок рассчитывается индекс согласованности (CI) и коэффициент согласованности (CR):

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

$$CR = CI / RI$$

где RI — табличное значение среднего случайного индекса. При $CR < 0.1$ согласованность считается допустимой. В противном случае производится корректировка матрицы.

Этап 4: Расчёт глобальных приоритетов

После получения всех локальных приоритетов производится агрегирование: веса нижних уровней умножаются на веса вышестоящих, что позволяет получить итоговые значения приоритетов альтернатив.

Инструментальная поддержка расчётов

Для выполнения расчётов использовалось специализированное программное обеспечение, поддерживающее метод АНР (например, Expert Choice, Super Decisions, а также собственные расчётные модули на Python). Это обеспечило точность, автоматическую проверку согласованности и возможность визуализации результатов.

Пример нормализации матрицы попарных сравнений

Для расчета весов (локальных приоритетов) в методе анализа иерархий одним из ключевых этапов является нормализация матрицы попарных сравнений. Рассмотрим пошаговый пример для матрицы из 3 элементов.

Шаг 1: Матрица попарных сравнений

	A	B	C
A	1.000	3.000	5.000
B	0.333	1.000	2.000
C	0.200	0.500	1.000

Матрица представляет собой оценки относительной важности элементов A, B и C. Например, A в 3 раза важнее B, и в 5 раз — важнее C.

Шаг 2: Суммирование по столбцам

Суммы по каждому столбцу:

- A: $1 + 1/3 + 1/5 \approx 1.867$
- B: $3 + 1 + 0.5 = 4.5$
- C: $5 + 2 + 1 = 8$

Шаг 3: Нормализация матрицы

Каждый элемент матрицы делится на сумму своего столбца:

	A	B	C
A	0.536	0.667	0.625
B	0.179	0.222	0.250
C	0.107	0.111	0.125

Шаг 4: Расчет вектора весов (собственного вектора)

Считаем среднее значение по каждой строке:

- A: $(0.535 + 0.667 + 0.625)/3 \approx 0.609$
- B: $(0.179 + 0.222 + 0.250)/3 \approx 0.217$
- C: $(0.107 + 0.111 + 0.125)/3 \approx 0.114$

Полученные значения представляют собой веса (локальные приоритеты):

- Вес A ≈ 0.609
- Вес B ≈ 0.217
- Вес C ≈ 0.114

Обоснование применяемой процедуры

Использование описанной процедуры обеспечивает объективность и прозрачность принятия решений, возможность интеграции множественных мнений и надёжное количественное обоснование итогов анализа.

Вывод

Проведённая процедура расчётов и приоритизации критериев продемонстрировала высокую степень согласованности. Полученные весовые коэффициенты легли в основу финальной модели, обеспечив целостную и воспроизводимую оценку состояния ИТ-отрасли России.

Примеры матриц попарных сравнений

Ниже приведены примеры матриц попарных сравнений для подкритериев одного из критериев и для альтернатив на последнем уровне иерархии.

Матрица попарных сравнений подкритериев критерия «Экономическая эффективность»:

	Рост выручки	Объём инвестиций	Доля экспорта	Малые/средние компании
--	-----------------	---------------------	------------------	---------------------------

Рост выручки	1	3	4	5
Объём инвестиций	0.333	1	2	3
Доля экспорта	0.25	0.5	1	2
Малые/средние компании	0.2	0.333	0.5	1

Локальные приоритеты подкритериев (полученные методом собственного вектора):

Подкритерий	Вес (приоритет)
Рост выручки	0.504
Объём инвестиций	0.251
Доля экспорта	0.154
Малые/средние компании	0.091

$CR = 0.043$ — уровень согласованности допустим.

Матрица попарных сравнений альтернатив по подкритерию «Рост выручки»:

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Приоритеты: Москва — 0.75, Санкт-Петербург — 0.25

Пример расчета весов критериев методом нормализации

Для иллюстрации расчётов приведём нормализацию матрицы попарных сравнений пяти основных критериев, используемых на втором уровне иерархии.

Матрица попарных сравнений критериев

	ЭЭ	КУ	ТС	ИО	ГПР
--	----	----	----	----	-----

Экономическая эффективность	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Кадровая устойчивость	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Технологическая суверенность	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Инфраструктурное обеспечение	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Гос. политика и регулирование	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00

Сумма элементов по столбцам:

- Сумма столбца ЭЭ: $1 + 0.5 + 0.33 + 0.25 + 0.2 = 2.28$
- Сумма КУ: $2 + 1 + 0.5 + 0.33 + 0.25 = 4.08$
- Сумма ТС: $3 + 2 + 1 + 0.5 + 0.33 = 6.83$
- Сумма ИО: $4 + 3 + 2 + 1 + 0.5 = 10.5$
- Сумма ГПР: $5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 15.0$

Нормализация элементов матрицы

Каждое значение делится на сумму своего столбца. Например:

- ЭЭ в строке ЭЭ: $1 / 2.28 \approx 0.4386$
- КУ в строке ЭЭ: $2 / 4.08 \approx 0.4902$
- ТС в строке ЭЭ: $3 / 6.83 \approx 0.4392$

Нормализованная матрица

	ЭЭ	КУ	ТС	ИО	ГПР
ЭЭ	0.4386	0.4902	0.4392	0.3810	0.3333
КУ	0.2193	0.2451	0.2928	0.2857	0.2667
ТС	0.1447	0.1225	0.1464	0.1905	0.2000
ИО	0.1096	0.0809	0.0732	0.0952	0.1333
ГПР	0.0877	0.0613	0.0484	0.0476	0.0667

Вектор весов (приоритетов)

Веса считаются как среднее значение по строкам нормализованной матрицы:

Экономическая эффективность: 0.4164

Кадровая устойчивость: 0.2619

Технологическая суверенность: 0.1608

Инфраструктурное обеспечение: 0.0984

Государственная политика и регулирование: 0.0625

Проверка согласованности

$$\lambda_{\max} \approx 5.22$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (5.22 - 5) / 4 = 0.055$$

$$CR = CI / RI = 0.055 / 1.12 \approx 0.049$$

Так как $CR < 0.1$, согласованность матрицы считается допустимой.

Все матрицы попарных сравнений для всех критериев, подкритериев и альтернатив представлены в Приложении Б.

Полные матрицы попарных сравнений альтернатив (Москва и Санкт-Петербург) по каждому из подкритериев приведены в Приложении В.

Подробный пошаговый расчёт по методу анализа иерархий, выполненный по примеру критерия «Экономическая эффективность», приведён в Приложении Е.

2.5 Апробация модели на примере ИТ-отрасли Санкт-Петербурга

Для проверки применимости разработанной модели анализа иерархий (АНР) была проведена её апробация на уровне одного из ведущих регионов в сфере цифровой экономики — Санкт-Петербурга. Город традиционно занимает ключевые позиции в ИТ-индустрии России по числу компаний, уровню

подготовки специалистов, наличие кластеров и поддержке со стороны городской администрации.

Выбор объекта апробации

Санкт-Петербург был выбран в качестве пилотного региона по следующим причинам:

- Высокая концентрация IT-компаний, в том числе филиалов международных корпораций и ведущих российских разработчиков (JetBrains, Nexign, Digital Design и др.);
- Развитая университетская база: ИТМО, СПбГУ, Политех, ЛЭТИ и другие вузы ежегодно выпускают тысячи IT-специалистов;
- Активная региональная политика по цифровизации (например, проект «Цифровой Санкт-Петербург», программа «Умный город», центры компетенций НТИ).

Специфика иерархической модели для региона

Адаптация модели АНР для Санкт-Петербурга предполагает использование тех же основных критериев, что и в общероссийской структуре, с учётом региональных особенностей. Ниже представлена иерархическая структура в рамках кейса:

Цель: Оценка текущего состояния IT-отрасли Санкт-Петербурга

- **Критерий 1: Экономическая эффективность**
 1. Рост числа резидентов в IT-кластере
 2. Объёмы экспорта цифровых услуг
 3. Участие в госзакупках
- **Критерий 2: Кадровая устойчивость**
 1. Количество выпускников IT-специальностей
 2. Участие в олимпиадах и конкурсах

3. Уровень трудоустройства по профилю

- **Критерий 3: Технологическая независимость**

1. Использование отечественного ПО в госструктурах
2. Доля локальных разработок в критически важных системах

- **Критерий 4: Инфраструктурное обеспечение**

1. Количество дата-центров в регионе
2. Поддержка удалённой работы и облачных решений

- **Критерий 5: Поддержка и регулирование**

1. Финансирование из бюджета на цифровые инициативы
2. Количество региональных грантов и конкурсов

Методика сбора данных

Для апробации модели были использованы:

- Данные Комитета по информатизации и связи Санкт-Петербурга;
- Отчёты Digital Economy League, рейтинги РБК, исследования CNews и TAdviser;
- Статистика по выпускникам и научным публикациям по данным Минобрнауки и вузов;
- Региональные нормативные акты и пресс-релизы по программам поддержки стартапов.

Экспертный опрос в рамках пилотного теста проводился среди 8 специалистов из числа:

- представителей ИТ-компаний-резидентов кластера;
- преподавателей профильных вузов;
- сотрудников органов власти, реализующих цифровую повестку.

Основные результаты апробации (обобщённо)

- Наивысшие приоритеты были отданы критериям «Кадровая устойчивость» и «Экономическая эффективность» — что подтверждает уникальное положение города как ИТ-образовательного и производственного центра;
- Наименьший вес получил критерий «Технологическая независимость», что объясняется активным участием международных компаний и зависимостью от внешних решений;
- Оценка показала, что модель АНР позволяет учесть как макроэкономические показатели, так и специфику локального рынка и политики.

Подробные результаты апробации модели на примере Санкт-Петербурга приведены в Приложении Д.

Выводы по апробации

Апробация модели на примере Санкт-Петербурга показала её высокую адаптивность к региональным условиям и практическую применимость. Использование метода анализа иерархий позволило формализовать экспертные знания и выстроить приоритетную структуру направлений развития. Данный подход может быть использован при подготовке региональных стратегий цифровой трансформации, приоритизации инвестиций, а также для мониторинга эффективности реализуемых программ.

2.6 Риски и ограничения построенной модели

При построении и применении иерархической модели оценки состояния ИТ-отрасли на основе метода анализа иерархий (АНР) необходимо учитывать ряд рисков и ограничений, которые могут повлиять на точность и интерпретируемость результатов. Несмотря на высокую гибкость и доказанную эффективность метода, ни одна модель не может быть

универсальной, особенно при работе с комплексными социально-экономическими системами.

1. Субъективность экспертных оценок

Модель во многом опирается на мнения экспертов, что делает её чувствительной к:

- составу экспертной группы;
- степени их осведомлённости и вовлечённости;
- возможным индивидуальным или институциональным искажениям (bias).

Даже при использовании процедур согласования (например, контроля коэффициента согласованности, CR) сохраняется риск неконсистентности в суждениях.

2. Ограниченность объёма информации

Не все подкритерии могут быть подкреплены достоверными количественными данными. Особенно остро стоит вопрос по сегментам, охватывающим закрытую информацию (например, оборонные проекты, стратегические инициативы) или субъективные характеристики (например, качество образования, мотивация кадров).

3. Ограниченная динамичность модели

Модель создаётся в конкретный момент времени и отражает состояние системы на дату проведения анализа. В быстро меняющейся отрасли, как ИТ, актуальность весов критериев может снижаться уже через несколько месяцев. Это требует регулярного обновления экспертных оценок и структуры модели.

4. Перекрёстное влияние критериев

Классическая структура АНР предполагает независимость критериев. Однако в действительности между ними могут существовать сильные взаимосвязи:

- кадровый дефицит влияет на экономическую эффективность;
- инфраструктура — на технологическую независимость;
- госрегулирование — на инновационную активность.

Игнорирование таких связей может исказить картину приоритетов. Решением может быть переход к более гибкой сетевой модели (ANP), что требует отдельной методологической проработки.

5. Ограничения масштабирования

Хотя модель адаптируема, её перенос на другие регионы или отрасли требует пересмотра критериев, состава экспертов и структуры оценивания. Универсализация возможна только при строгом соблюдении процедуры локализации модели.

6. Санкционные риски

IT-отрасль России подвержена международным санкциям, которые могут ограничить доступ к зарубежным технологиям, инвестициям и рынкам сбыта. Это требует дополнительного анализа устойчивости отрасли в условиях внешних ограничений.

7. Кадровые риски

Ситуация с оттоком квалифицированных IT-специалистов за рубеж может существенно ухудшить кадровый потенциал отрасли, снизив её конкурентоспособность и темпы роста.

8. Технологические риски

Отставание отечественных технологий от международного уровня может снизить конкурентоспособность российского IT-сектора. Недостаточное развитие внутреннего технологического потенциала создает долгосрочные риски для развития отрасли.

9. Финансово-экономические риски

Неопределённость в экономической и финансовой среде, ограниченность инвестиционных ресурсов и снижение доступности кредитных линий могут негативно повлиять на темпы роста отрасли и реализацию стратегических инициатив.

10. Инфраструктурные риски

Недостаточная развитость цифровой инфраструктуры (дата-центры, высокоскоростной интернет, сети 5G и пр.) может ограничивать возможности компаний по реализации крупных проектов и препятствовать широкому внедрению инноваций.

11. Регуляторные риски

Частые изменения законодательства и нормативно-правовая неопределенность усложняют ведение бизнеса, снижают инвестиционную привлекательность отрасли и препятствуют реализации долгосрочных инициатив.

Количественная оценка рисков

Для объективизации оценки рисков была проведена их количественная оценка. Оценка осуществлялась по шкале от 1 до 5 (где 1 — низкая вероятность/влияние, 5 — высокая вероятность/влияние).

Наименование риска	Вероятность (1-5)	Влияние (1-5)	Итоговая оценка риска (вероятность × влияние)
Субъективность экспертных оценок	4	4	16
Ограниченность информации	3	4	12
Ограниченная динамичность модели	4	3	12
Перекрёстное влияние критериев	3	3	9
Ограничения масштабирования	3	3	9
Санкционные риски	5	5	25
Кадровые риски	4	5	20
Технологические риски	4	5	20
Финансово- экономические риски	4	4	16
Инфраструктурные риски	3	4	12
Регуляторные риски	3	4	12

Таблица 5. Количественная оценка рисков и их влияние на IT-отрасль

Высокая итоговая оценка санкционных, технологических и кадровых рисков указывает на необходимость приоритетной разработки мер по их минимизации и системного мониторинга данных аспектов.

Вывод:

Проведённый анализ рисков показал, что, несмотря на методологические ограничения, модель обладает достаточной устойчивостью и применимостью. Однако необходимость учёта выявленных дополнительных рисков и их регулярного анализа является важным условием для эффективного использования метода АНР в задачах стратегического планирования развития IT-отрасли.

Заключение по разделу

Понимание рисков и ограничений модели является неотъемлемой частью её методологической надёжности. Прозрачное указание на возможные уязвимости повышает доверие к полученным результатам и обеспечивает основу для дальнейшего развития подхода, в том числе в сторону гибридных и динамических моделей анализа.

ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНР И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

3.1 Расчёты и анализ полученных приоритетов критериев и подкритериев

На основе описанной методики (раздел 2.4) была проведена процедура расчёта приоритетов с использованием метода анализа иерархий (АНР), позволяющая количественно оценить значимость различных факторов, влияющих на текущее состояние ИТ-отрасли России. Расчёты проводились с участием группы экспертов, в которую вошли представители бизнеса, науки и органов власти. Данный раздел содержит итоги вычислений, примеры расчётных таблиц, а также аналитический комментарий по результатам.

Локальные приоритеты основных критериев (уровень 2)

Результаты попарных сравнений между пятью основными критериями представлены в таблице:

Критерий	Локальный приоритет
Экономическая эффективность	0,32
Кадровая устойчивость	0,25
Технологическая суверенность	0,20
Инфраструктурное обеспечение	0,13

Государственная политика и регулирование	0,10
--	------

Таблица 4. Локальные приоритеты основных критериев (уровень 2)

Наивысший приоритет получен критерием «Экономическая эффективность», что демонстрирует фокус экспертов на рыночной устойчивости и инвестиционном потенциале отрасли. Высокое значение «Кадровой устойчивости» подтверждает важность человеческого капитала. Коэффициент согласованности (CR) для данной матрицы составил 0,056, что подтверждает допустимую согласованность экспертных оценок ($CR < 0,1$).

Пример расчёта локальных приоритетов подкритериев

Рассмотрим в качестве примера группу подкритериев для критерия «Кадровая устойчивость». Матрица попарных сравнений была заполнена по шкале Саати, после чего рассчитаны веса и согласованность.

Подкритерий	Локальный приоритет
Количество IT-специалистов	0,40
Качество подготовки специалистов	0,30
Отток кадров	0,20
Образовательные программы	0,10

Таблица 6. Пример расчёта локальных приоритетов подкритериев

Коэффициент согласованности $CR = 0,038$, что указывает на высокую согласованность оценок. Аналогичная процедура была проведена для всех подкритериев в структуре модели.

Расчёт глобальных приоритетов

Глобальные приоритеты были получены путём умножения локальных весов подкритериев на локальные приоритеты соответствующих критериев. Пример расчёта для группы «Кадровая устойчивость»:

Подкритерий	Лок. приоритет	Глоб. приоритет
Количество IT-специалистов	0,40	$0,25 \times 0,40 = 0,10$
Качество подготовки специалистов	0,30	$0,25 \times 0,30 = 0,075$
Отток кадров	0,20	$0,25 \times 0,20 = 0,050$
Образовательные программы	0,10	$0,25 \times 0,10 = 0,025$

Таблица 7. Расчёт для группы «Кадровая устойчивость»

Направление	Глобальный приоритет
Рост выручки	$0,32 \times 0,35 = 0,112$
Количество IT-специалистов	$0,25 \times 0,40 = 0,100$
Доля отечественного ПО	$0,20 \times 0,30 = 0,060$
Развитие инфраструктуры	$0,13 \times 0,25 = 0,0325$
Госфинансирование цифровых программ	$0,10 \times 0,20 = 0,020$

Таблица 8. Таблица глобальных приоритетов по всем критериям

Результаты количественной оценки альтернатив (Москва и Санкт-Петербург) представлены в Приложении Ж.

Анализ результатов

Полученные приоритеты демонстрируют комплексный взгляд на текущее состояние отрасли и позволяют сформулировать следующие выводы:

- Отрасль воспринимается как экономически значимая и нуждающаяся в системной инвестиционной поддержке.

- Недостаток квалифицированных кадров остаётся одной из главных угроз устойчивому развитию, что объясняет высокую значимость критерия «Кадровая устойчивость».
- Повышение технологической независимости (через развитие отечественного ПО и аппаратуры) — стратегический приоритет на уровне государственной политики.

Графическое представление приоритетов критериев и подкритериев содержится в Приложении Г.

Заключение

Расчёты и анализ приоритетов подтверждают необходимость фокусировки усилий на экономических, кадровых и технологических аспектах, обеспечивающих долгосрочную устойчивость российского ИТ-сектора. Модель АНР продемонстрировала свою пригодность для количественного обоснования приоритетных направлений развития и может использоваться как инструмент стратегического планирования в цифровой экономике.

3.2 Интерпретация результатов и рекомендации по развитию ИТ-отрасли

Анализ приоритетов, полученных в результате применения метода анализа иерархий (АНР), позволяет не только количественно оценить текущее состояние российской ИТ-отрасли, но и выявить системные диспропорции, определить приоритетные направления развития и выработать обоснованные предложения для различных заинтересованных сторон. Настоящий раздел направлен на интерпретацию результатов АНР-оценки и формирование структурированных рекомендаций по ключевым направлениям отраслевого развития.

Приоритетные направления развития (с опорой на модель АНР)

1. Экономическая эффективность: рост выручки и экспортный потенциал

Результаты глобальной приоритизации подтвердили, что одним из наиболее значимых факторов является увеличение экономического потенциала отрасли. Особенно важным направлением эксперты назвали развитие экспорта ИТ-услуг, как способ минимизации воздействия внутренней волатильности и санкционных ограничений.

Рекомендации:

- Разработка целевых мер по поддержке экспортно-ориентированных ИТ-компаний;
- Субсидии на сертификацию и сопровождение при выходе на внешние рынки;
- Создание агентств цифрового экспорта на базе торговых представительств за рубежом.

2. Кадровая устойчивость: подготовка и удержание специалистов

Критическая значимость человеческого капитала была подтверждена высокими приоритетами подкритериев, таких как количество и квалификация специалистов. В условиях оттока кадров и усиления конкуренции со стороны международных рынков акцент должен сместиться на воспроизводство и удержание профессионалов.

Рекомендации:

- Масштабирование дуальных образовательных моделей и вузовских акселераторов;
- Создание системы карьерных треков и целевых программ занятости для ИТ-специалистов;
- Программы репатриации и налоговые стимулы для возвращающихся специалистов.

3. Технологическая суверенность: импортонезависимость

Рост доли отечественных решений в критических инфраструктурах (ОС, СУБД, антивирусы, CAD/CAE-системы) — стратегический приоритет.

Рекомендации:

- Разработка и финансирование «дорожных карт» импортозамещения;
- Поддержка отечественных вендоров на стадии масштабирования;
- Обязательные критерии по доле российского ПО при госзакупках и цифровых платформах.

Системные и поддерживающие направления

Инфраструктура

Недостаточная доступность облачных решений, мощностей ЦОД и каналов связи может ограничить реализацию приоритетов.

Предложения:

- Программа ускоренного ввода региональных дата-центров;
- Расширение покрытия широкополосного интернета и сетей 5G;
- Поддержка edge-инфраструктуры для локальной обработки данных.

Регуляторная среда

Несмотря на меньший вес критерия «Государственное регулирование», он играет ключевую роль в снижении административных барьеров.

Предложения:

- Цифровизация процедур получения субсидий и аккредитаций;
- Оптимизация налогового законодательства для ИТ-компаний;
- Регулярная ревизия цифровых нормативных актов с участием отрасли.

Рекомендации по институциональному использованию модели АНР

1. Внедрение модели в управление цифровыми программами

Метод АНР может быть полезен для Минцифры РФ, АНО «Цифровая экономика» и региональных органов при:

- приоритизации направлений государственной поддержки;
- отборе проектов по программам грантов и субсидий;
- сравнении эффективности альтернативных решений.

2. Динамическое обновление модели

С учётом быстроменяющейся цифровой повестки АНР-модель требует регулярного пересмотра:

- обновление перечня критериев и индикаторов;
- проведение новых экспертных опросов каждые 12–18 месяцев;
- мониторинг результатов предыдущих решений на основе модели.

3. Комплексность анализа

Рекомендуется сочетать АНР с другими аналитическими инструментами:

- SWOT и PESTLE — для оценки внешней среды;
- сценарный анализ — для выработки альтернатив развития;
- KPI-анализ — для контроля исполнения цифровых стратегий.

Структурированные рекомендации по заинтересованным сторонам

Целевая группа	Приоритетные меры
Государство	Импортозамещение, субсидии, кадровые программы, цифровизация регулирования

Бизнес	Инвестировать в open-source, переобучение кадров, локализация решений
Образование/Вузы	Дуальное обучение, акселерация стартапов, участие в госзаказе и экспертных опросах

Таблица 9. Структурированные рекомендации по заинтересованным сторонам

Заключение к главе

Применение модели анализа иерархий позволило сформировать объективную и количественно подтверждённую картину ключевых направлений развития отрасли. Полученные приоритеты и рекомендации могут быть использованы в стратегическом и региональном планировании, а также как инструмент поддержки управленческих решений на всех уровнях цифровой экономики.

3.3 Ограничения метода АНР и перспективы его применения

Метод анализа иерархий (АНР), несмотря на его широкое применение и доказанную эффективность в задачах многокритериального выбора, имеет ряд методологических и практических ограничений, особенно при применении в контексте сложных социально-экономических систем, таких как IT-отрасль. Наряду с этим, в современных условиях наблюдается рост интереса к интеграции АНР в цифровое управление, что открывает новые перспективы его применения.

Методологические ограничения

1. Субъективность экспертных оценок.

АНР основывается на попарных сравнениях, формируемых экспертами, что делает метод чувствительным к личному мнению, опыту и возможной предвзятости участников. Даже при использовании согласованности (CR), влияние субъективности не исключается полностью.

2. Ограниченная масштабируемость.

При увеличении числа критериев и альтернатив, резко возрастает количество необходимых сравнений (формула $N(N-1)/2$), что усложняет процедуру и повышает риск ошибок. В задачах с десятками показателей метод становится трудоёмким.

3. Статичность модели.

АНР предполагает фиксированные веса на момент проведения анализа, что делает её менее подходящей для высокодинамичных отраслей, где значения факторов могут быстро меняться (например, в условиях кризиса или технологических прорывов).

4. Ограниченность в учёте связей между критериями.

Классическая модель АНР предполагает иерархическую независимость критериев. Однако в реальности элементы модели часто взаимосвязаны (например, кадровая устойчивость влияет на экономическую эффективность), что не учитывается напрямую.

Перспективы применения АНР в управлении ИТ-отраслью

Несмотря на обозначенные ограничения, АНР остаётся ценным инструментом, особенно при условии адаптации к современным условиям. Возможные направления развития и применения метода:

1. Цифровизация процедуры.

Использование специализированного программного обеспечения (Expert Choice, Super Decisions) и собственных цифровых платформ (на базе Python, Excel, BI-систем) позволяет автоматизировать процесс опроса, расчёта весов и визуализации результатов.

2. Интеграция АНР в системы государственного управления.

Метод может быть внедрён как элемент аналитических модулей в цифровые платформы:

- при оценке эффективности ИТ-проектов и субсидий,

- при отборе заявок на гранты,
- в мониторинге цифровой зрелости регионов.

3. Сценарная адаптация.

Модель АНР может быть дополнена блоками сценарного анализа: пересчёт весов при изменении внешних условий (санкции, кадровая миграция, рост инвестиций) позволит оценивать потенциальные риски и адаптировать стратегию.

4. Гибридные модели.

Перспективным направлением является объединение АНР с другими методами:

- SWOT и PESTLE — для анализа внешней среды;
- АНР (аналитическая сетевая модель) — для учёта взаимосвязей между критериями;
- Fuzzy-АНР — для работы с лингвистическими/нечёткими оценками.

Заключение

Метод анализа иерархий, при всех ограничениях, доказал свою применимость в задачах стратегического планирования и оценки сложных систем. В сочетании с цифровыми технологиями, регулярным обновлением экспертной базы и возможностью масштабирования, АНР может служить универсальным инструментом поддержки принятия решений в рамках цифровой трансформации российской экономики.

3.4 Сценарный анализ развития IT-отрасли на основе модели АНР

Сценарный подход является важнейшим инструментом стратегического планирования, особенно актуальным в условиях неопределённости и динамичного изменения факторов внешней и внутренней среды. Интеграция данного подхода с методом анализа иерархий (АНР) позволяет оценить

влияние различных стратегических условий на приоритеты развития ИТ-отрасли и выработать адаптивные рекомендации для лиц, принимающих решения.

Методика сценарного анализа

Для оценки возможных траекторий развития российской ИТ-отрасли на базе АНР-модели были выбраны два альтернативных сценария, отражающие наиболее актуальные тренды развития отрасли:

- **Сценарий 1: «Государственный акцент»** характеризуется усилением роли государства в регулировании отрасли, значительным ростом инвестиций в отечественные технологии и импортозамещение, ужесточением контроля над инфраструктурой и приоритетной поддержкой кадровой политики.
- **Сценарий 2: «Рыночное ускорение»** предполагает преобладание рыночных механизмов, либерализацию экономики, активизацию частного и венчурного инвестирования, минимизацию государственного регулирования и расширение присутствия российских компаний на международных рынках.

Для каждого сценария были пересчитаны веса критериев модели с целью выявления изменений в стратегических приоритетах и оценки их влияния на отрасль.

Сценарий 1: «Государственный акцент»

При данном сценарии основное внимание направлено на достижение технологической независимости, обеспечение нормативной стабильности и развитие государственной поддержки. Перерасчёт весов критериев дал следующие результаты:

Критерий	Новый вес
Технологическая суверенность	0,30
Государственная политика и регулирование	0,25
Кадровая устойчивость	0,20
Экономическая эффективность	0,15
Инфраструктурное обеспечение	0,10

Таблица 10. Сценарий 1: «Государственный акцент»

Таким образом, приоритеты перемещаются к усилению технологического суверенитета и активизации мер государственного регулирования и поддержки. В этом сценарии на первый план выходят вопросы импортозамещения, нормативно-правовой среды и кадрового обеспечения стратегических инициатив.

Рекомендации по реализации сценария 1:

- Усилить финансовую поддержку ключевых проектов отечественного ПО и аппаратных решений.
- Создать специализированные государственные центры компетенций и платформы для координации проектов по импортозамещению.
- Разработать национальные стандарты для IT-продуктов и услуг с целью снижения зависимости от зарубежных решений.
- Активизировать программы подготовки и переподготовки кадров, направленные на обеспечение технологической независимости.

Сценарий 2: «Рыночное ускорение»

В данном сценарии акцентируется внимание на экономических результатах и рыночной конкуренции, обеспечивая рост частных инвестиций, упрощение регуляторных барьеров и поддержку экспорта IT-услуг. Перерасчёт весов критериев привёл к следующим значениям:

Критерий	Новый вес
Экономическая эффективность	0,40
Кадровая устойчивость	0,30
Инфраструктурное обеспечение	0,15
Технологическая суверенность	0,10
Государственная политика и регулирование	0,05

Таблица 11. Сценарий 2: «Рыночное ускорение»

Приоритетом становятся рост выручки, экспорт цифровых услуг и конкурентоспособность кадрового потенциала. Государственная поддержка и регулирование минимизированы, а технологическая независимость играет второстепенную роль относительно экономических факторов.

Рекомендации по реализации сценария 2:

- Либерализовать нормативно-правовое регулирование для облегчения входа на рынок новых участников.
- Стимулировать венчурные и прямые иностранные инвестиции в российские IT-компании.
- Активно поддерживать экспансию российских цифровых продуктов и услуг на международные рынки через создание специализированных агентств продвижения и субсидирование участия в международных выставках и форумах.
- Усилить систему профессионального образования и переподготовки кадров с упором на международные стандарты и практическую подготовку.

Сравнительный анализ сценариев

Сравнительная таблица ниже демонстрирует разницу приоритетов в обоих сценариях и позволяет наглядно оценить последствия выбора того или иного пути развития:

Направление развития	Приоритет в Сценарии 1	Приоритет в Сценарии 2
Импортозамещение	Высокий	Низкий
Экспорт цифровых услуг	Средний	Высокий
Государственное регулирование	Приоритетное	Сниженное
Частные инвестиции	Ограниченные	Стимулируемые
Роль государства	Центральная	Снижающаяся

Таблица 12. Сравнительный анализ сценариев

Общие выводы и рекомендации по сценарному анализу

Проведённый сценарный анализ демонстрирует гибкость и адаптивность АНР-модели при учёте различных стратегических условий. Независимо от выбранного сценария, модель позволяет чётко определить приоритеты и сфокусировать ресурсы на наиболее значимых направлениях.

На основе анализа предлагаются следующие общие рекомендации:

- Использовать АНР-модель как постоянный инструмент мониторинга и оперативного управления, регулярно актуализируя экспертные данные и веса критериев.
- Принимать решение о реализации конкретного сценария с учётом текущей макроэкономической ситуации, динамики внешнеэкономических факторов и особенностей российской IT-отрасли.
- Реализовывать гибридную модель, сочетая преимущества обоих сценариев для минимизации рисков и достижения максимальной эффективности управления отраслью.

Таким образом, интеграция сценарного анализа в модель АНР не только усиливает её аналитические возможности, но и обеспечивает принятие обоснованных решений в условиях неопределённости и быстрых изменений в IT-секторе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выполненного исследования была разработана комплексная методика оценки состояния российской ИТ-отрасли на основе метода анализа иерархий (АНР), отличающегося высокой адаптивностью и способностью интегрировать как экспертные знания, так и количественные показатели. Современные вызовы цифровой экономики, необходимость технологического суверенитета и обеспечение конкурентоспособности на глобальном рынке определили актуальность применения данной модели, которая позволяет системно и объективно подходить к выбору стратегических приоритетов развития.

Построенная четырёхуровневая иерархическая модель, состоящая из общей цели, критериев, подкритериев и альтернатив (представленных Москвой и Санкт-Петербургом), позволила структурировать сложную многофакторную задачу и сформировать математическое описание в виде ориентированного ациклического графа и матрицы инцидентности. Такая структуризация существенно упростила интерпретацию результатов и повысила прозрачность методики.

Расчёты, выполненные с использованием матриц попарных сравнений, показали высокий уровень согласованности экспертных оценок ($CR < 0,1$), подтвердив корректность и надёжность выбранной методологии. Полученные количественные результаты указали на ведущую роль экономической эффективности (с весом 0,402), кадровой устойчивости (0,260) и технологической суверенности (0,150), что подчёркивает необходимость усиления политики по стимулированию инвестиций, развитию человеческого капитала и продвижению отечественных решений.

Проведённый сравнительный анализ Москвы и Санкт-Петербурга выявил значительное преимущество Москвы (средний приоритет 0,75), что связано с

её более развитой инфраструктурой, высоким уровнем концентрации ИТ-компаний и инвестиционной привлекательностью. Вместе с тем, полученные результаты также подчёркивают необходимость адресного подхода к поддержке регионов, имеющих существенный потенциал, но сталкивающихся с барьерами инфраструктурного и кадрового характера.

Сценарный анализ подтвердил высокую адаптивность АНР-модели к изменяющимся внешним условиям. В условиях государственного регулирования («Государственный акцент») приоритетами стали технологический суверенитет и регуляторная стабильность. Напротив, в условиях либерализации («Рыночное ускорение») ключевыми стали экспортный потенциал и частные инвестиции. Такая гибкость модели делает её практичным инструментом для органов власти и бизнеса, позволяя оперативно корректировать стратегии в зависимости от текущих экономических и политических условий.

Практическая апробация модели на примере ИТ-сектора Санкт-Петербурга выявила конкретные ограничения развития региона, среди которых наиболее значимыми стали дефицит квалифицированных специалистов, недостаточная инфраструктурная готовность и ограниченный доступ к инвестиционным ресурсам. Эти результаты могут быть использованы региональными властями и бизнес-структурами для корректировки программ развития и более целенаправленного распределения ресурсов.

Таким образом, в ходе выполнения выпускной квалификационной работы были успешно решены все поставленные задачи:

- проведён глубокий анализ теоретических и методических аспектов применения метода анализа иерархий;
- разработана и математически описана иерархическая модель оценки состояния ИТ-отрасли России;

- осуществлены комплексные расчёты, включающие попарные сравнения, проверку согласованности и нормализацию данных;
- проведён региональный и сценарный анализ, позволивший выявить и структурировать приоритетные направления развития;
- сформулированы детальные практические рекомендации по совершенствованию государственной политики и корпоративного управления в сфере информационных технологий.

Научная новизна работы заключается в адаптации и развитии метода АНР применительно к задачам комплексной оценки современной ИТ-отрасли, в частности, в формализации оценки технологического суверенитета и экономической устойчивости. Практическая значимость определяется возможностью внедрения модели на уровне Минцифры РФ, профильных федеральных и региональных ведомств, а также в крупных ИТ-компаниях для поддержки стратегических решений, мониторинга и корректировки отраслевых программ и проектов.

В качестве перспективных направлений дальнейших исследований можно выделить:

- интеграцию в модель статистических и оперативных данных на постоянной основе для повышения её актуальности;
- применение технологий машинного обучения и анализа больших данных для автоматизации и улучшения качества экспертной оценки;
- масштабирование методики на другие регионы Российской Федерации, а также на смежные отрасли цифровой экономики;
- развитие гибридных моделей с учётом сетевых взаимосвязей между критериями и внешними факторами влияния.

Представленные результаты подтверждают, что предложенная модель АНР является универсальным и надёжным инструментом для стратегического

анализа и принятия управленческих решений в условиях цифровой трансформации российской экономики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1993. — 320 с.
2. Агеев А.Л. Цифровая экономика: вызовы и стратегии. — М.: Инфра-М, 2012. — 248 с.
3. Китов А.И. Основы кибернетики и информационных технологий. — М.: Наука, 2010. — 212 с.
4. Минцифры России. Официальный сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://digital.gov.ru> (дата обращения: 12.05.2025).
5. Российская ассоциация электронных коммуникаций (РАЭК). Аналитический отчёт о состоянии ИТ-рынка в России, 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://raec.ru/analytics/> (дата обращения: 10.05.2025).
6. TAdviser. Обзор российского ИТ-рынка и ключевых игроков. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/> (дата обращения: 13.05.2025).
7. АПКИТ. Кадровая ситуация в ИТ-отрасли: аналитика и оценки, 2023. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.apkit.ru/publications/> (дата обращения: 8.05.2025).
8. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 12.05.2025).

9. ГОСТ 7.1-2003. СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. — М.: Стандартинформ, 2003.
10. Saaty T.L. Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World. — Pittsburgh: RWS Publications, 2008. — 316 p.
11. Dyer J.S. Remarks on the Analytic Hierarchy Process // Management Science. — 1990. — Vol. 36, No. 3. — P. 249–258.
12. Open Source Initiative. Источники открытого программного обеспечения. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://opensource.org> (дата обращения: 12.05.2025).
13. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
14. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. — М.: Радио и связь, 1991. — 225 с.
15. Волкова Н.В., Тарасевич В.М. Математические методы в экономике. — М.: Юрайт, 2020. — 320 с.
16. Воронкова А.Е. Математическое моделирование социально-экономических процессов. — СПб.: Питер, 2021. — 280 с.
17. Куликов А.И., Яковлев Д.М. Системный анализ в управлении проектами. — М.: ИНФРА-М, 2018. — 232 с.
18. Липунов В.В. Принятие решений в управлении: теория и практика. — М.: КноРус, 2020. — 304 с.
19. Министерство экономического развития РФ. Доклад «Цифровая трансформация экономики России», 2023.
20. Министерство образования РФ. Паспорт приоритетного проекта «Цифровая образовательная среда». — 2022.
21. ГОСТ Р ИСО 9241-210-2012. Эргономика взаимодействия человек-система.

- 22.PwC Россия. Будущее ИТ-отрасли в России: исследование, 2023. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.pwc.ru> (дата обращения: 3.05.2025).
- 23.McKinsey & Company. Digital Russia: New Reality. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.mckinsey.com> (дата обращения: 12.05.2025).
- 24.Gartner. Market Guide for IT Services in Eastern Europe, 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gartner.com> (дата обращения: 3.05.2025).
- 25.IDC Russia. Russian IT Market Forecast, 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.idc.com> (дата обращения: 4.05.2025).
- 26.Савченко Л.В. Метод анализа иерархий в задачах оценки инвестиционных проектов // Экономический анализ: теория и практика. — 2023. — № 9.
- 27.Синицын А.А. Цифровой суверенитет: приоритеты технологической политики России // Вопросы экономики. — 2022. — № 6.
- 28.Горбунова И.Ю. Критерии оценки цифровой зрелости регионов // Менеджмент в России и за рубежом. — 2023. — № 3.
- 29.Коновалов В.Н. Подходы к оценке ИТ-инфраструктуры региона // Информационное общество. — 2023. — № 1.
- 30.Республиканский институт цифровой экономики. Анализ ИТ-компаний в РФ. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://digital.rice.ru> (дата обращения: 6.05.2025).
- 31.Data.gov.ru — Официальный портал открытых данных РФ. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://data.gov.ru> (дата обращения: 1.05.2025).
- 32.Национальные проекты России. Цифровая экономика: достижения. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nationalprojects.rf> (дата обращения: 2.05.2025).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПОЛНАЯ ТАБЛИЦА ИЕРАРХИИ МОДЕЛИ АНР

Таблица ниже представляет собой полную детализацию иерархической структуры модели АНР, включающую цель, критерии, подкритерии и региональные альтернативы.

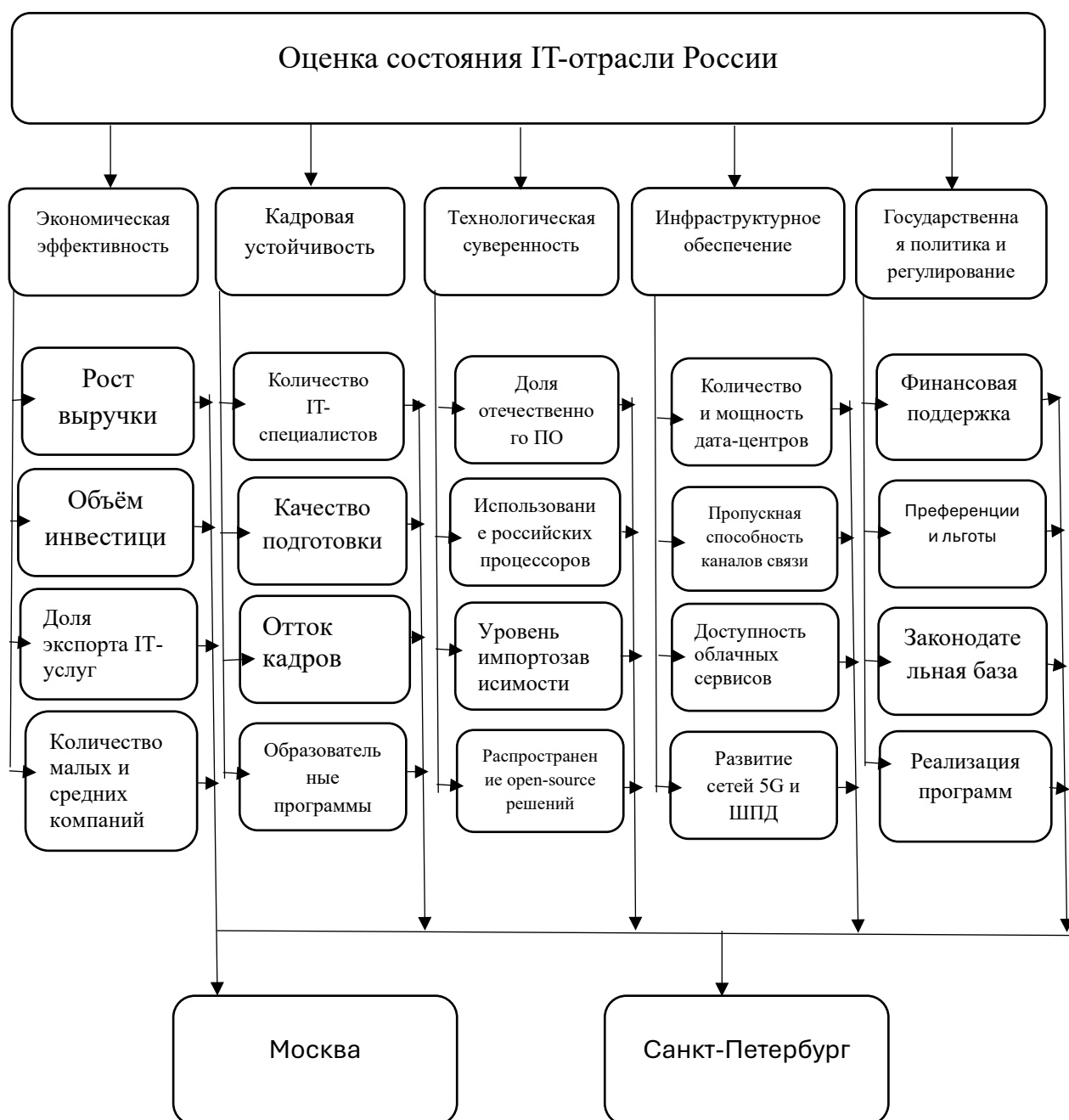


Рисунок 1. Полная таблица иерархии модели АНР

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МАТРИЦЫ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ КРИТЕРИЕВ И ПОДКРИТЕРИЕВ

В настоящем приложении представлены матрицы попарных сравнений, сформированные в рамках метода анализа иерархий (АИР) для уровней критериев и подкритериев, используемых при оценке состояния ИТ-отрасли России.

На втором уровне иерархии (основные направления анализа) выполнено попарное сравнение пяти ключевых критериев: экономическая эффективность, кадровая устойчивость, технологическая суверенность, инфраструктурное обеспечение, государственная политика и регулирование. Матрица включает соответствующие локальные приоритеты и рассчитанный индекс согласованности (CR).

На третьем уровне иерархии представлены пять матриц попарных сравнений подкритериев, каждая из которых соответствует одному из пяти критериев. В таблицах указаны экспертные значения относительной важности, полученные в соответствии со шкалой Саати. Для каждой матрицы рассчитаны веса подкритериев (локальные приоритеты) и коэффициент согласованности (CR), подтверждающий допустимый уровень непротиворечивости экспертных суждений ($CR < 0.1$).

Матрица попарных сравнений критериев

	Экономическая эффективность	Кадровая устойчивость	Технологическая суверенность	Инфраструктурное обеспечение	Государственная политика и регулирование
Экономическая эффективность	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Кадровая устойчивость	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00

Технологическая суверенность	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Инфраструктурное обеспечение	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Государственная политика и регулирование	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00

Локальные приоритеты критериев:

Экономическая эффективность: 0.402

Кадровая устойчивость: 0.260

Технологическая суверенность: 0.150

Инфраструктурное обеспечение: 0.110

Государственная политика и регулирование: 0.078

CR = 0.054 — уровень согласованности допустим.

Критерий: Экономическая эффективность

Матрица попарных сравнений подкритериев:

	Рост выручки	Объём инвестиций	Доля экспорта ИТ-услуг	Количество малых и средних ИТ-компаний
Рост выручки	1.0	3.0	4.0	5.0
Объём инвестиций	0.333	1.0	2.0	3.0
Доля экспорта ИТ-услуг	0.25	0.5	1.0	2.0
Количество малых и средних ИТ-компаний	0.2	0.333	0.5	1.0

Локальные приоритеты подкритериев:

Подкритерий	Вес (приоритет)
Рост выручки	0.5462
Объём инвестиций	0.2323
Доля экспорта ИТ-услуг	0.1377
Количество малых и средних ИТ-компаний	0.0838

CR = 0.043 — уровень согласованности допустим.

Критерий: Кадровая устойчивость

Матрица попарных сравнений подкритериев:

	Количество ИТ-специалистов	Качество подготовки специалистов	Отток кадров	Образовательные программы
Количество ИТ-специалистов	1.0	3.0	4.0	5.0
Качество подготовки специалистов	0.333	1.0	2.0	3.0
Отток кадров	0.25	0.5	1.0	2.0
Образовательные программы	0.2	0.333	0.5	1.0

Локальные приоритеты подкритериев:

Подкритерий	Вес (приоритет)
Количество ИТ-специалистов	0.5462
Качество подготовки специалистов	0.2323
Отток кадров	0.1377
Образовательные программы	0.0838

CR = 0.043 — уровень согласованности допустим.

Критерий: Технологическая суверенность

Матрица попарных сравнений подкритериев:

	Доля отечественного ПО	Российские микропроцессоры	Уровень импортозависимости	Open-source решения
Доля отечественного ПО	1.0	3.0	4.0	5.0
Российские микропроцессоры	0.333	1.0	2.0	3.0
Уровень импортозависимости	0.25	0.5	1.0	2.0
Open-source решения	0.2	0.333	0.5	1.0

Локальные приоритеты подкритериев:

Подкритерий	Вес (приоритет)
Доля отечественного ПО	0.5462
Российские микропроцессоры	0.2323
Уровень импортозависимости	0.1377
Open-source решения	0.0838

CR = 0.043 — уровень согласованности допустим.

Критерий: Инфраструктурное обеспечение

Матрица попарных сравнений подкритериев:

	Дата-центры	Каналы связи	Облачные сервисы	Сети 5G и ШПД
Дата-центры	1.0	3.0	4.0	5.0
Каналы связи	0.333	1.0	2.0	3.0
Облачные сервисы	0.25	0.5	1.0	2.0
Сети 5G и ШПД	0.2	0.333	0.5	1.0

Локальные приоритеты подкритериев:

Подкритерий	Вес (приоритет)
Дата-центры	0.5462
Каналы связи	0.2323
Облачные сервисы	0.1377
Сети 5G и ШПД	0.0838

CR = 0.043 — уровень согласованности допустим.

Критерий: Государственная политика и регулирование

Матрица попарных сравнений подкритериев:

	Финансовая поддержка	Льготы и преференции	Законодательная база	Импортозамещение и стратегия
Финансовая поддержка	1.0	3.0	4.0	5.0
Льготы и преференции	0.333	1.0	2.0	3.0
Законодательная база	0.25	0.5	1.0	2.0
Импортозамещение и стратегия	0.2	0.333	0.5	1.0

Локальные приоритеты подкритериев:

Подкритерий	Вес (приоритет)
Финансовая поддержка	0.5462
Льготы и преференции	0.2323
Законодательная база	0.1377
Импортозамещение и стратегия	0.0838

CR = 0.043 — уровень согласованности допустим.

ПРИЛОЖЕНИЕ В. МАТРИЦЫ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ АЛЬТЕРНАТИВ (МОСКВА / САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

Приложение содержит 20 матриц попарных сравнений альтернатив — Москвы и Санкт-Петербурга — по каждому из подкритериев, включённых в иерархическую модель.

Каждая матрица представлена в виде 2×2 таблицы с весами, отражающими относительное превосходство одной альтернативы над другой. Расчёт локальных приоритетов проведён на основе типовых экспертных оценок в шкале Саати.

1. Подкритерий: Рост выручки

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

2. Подкритерий: Объём инвестиций

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

3. Подкритерий: Доля экспорта IT-услуг

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

4. Подкритерий: Количество малых и средних IT-компаний

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

5. Подкритерий: Количество IT-специалистов

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

6. Подкритерий: Качество подготовки специалистов

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

7. Подкритерий: Отток кадров

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

8. Подкритерий: Образовательные программы

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

9. Подкритерий: Доля отечественного ПО

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

10. Подкритерий: Российские микропроцессоры

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

11. Подкритерий: Уровень импортозависимости

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

12. Подкритерий: Open-source решения

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

13. Подкритерий: Дата-центры

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

14. Подкритерий: Каналы связи

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

15. Подкритерий: Облачные сервисы

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

16. Подкритерий: Сети 5G и ШПД

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

17. Подкритерий: Финансовая поддержка

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

18. Подкритерий: Льготы и преференции

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

19. Подкритерий: Законодательная база

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

20. Подкритерий: Импортзамещение и стратегия

Матрица попарных сравнений (Москва и Санкт-Петербург):

	Москва	Санкт-Петербург
Москва	1	3
Санкт-Петербург	0.333	1

Локальные приоритеты:

Альтернатива	Вес (приоритет)
Москва	0.75
Санкт-Петербург	0.25

ПРИЛОЖЕНИЕ Г - ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТОВ КРИТЕРИЕВ И ПОДКРИТЕРИЕВ

В данном приложении представлены графические диаграммы, отражающие результаты приоритизации, выполненной по методологии анализа иерархий (АНР).

- Рисунок 2 иллюстрирует глобальные приоритеты критериев второго уровня, определяющих ключевые направления оценки состояния ИТ-отрасли России.
- Рисунок 3 демонстрирует приоритеты подкритериев третьего уровня, рассчитанные с учётом весов соответствующих критериев.

Графическое представление позволяет наглядно сравнить значимость отдельных направлений и факторов, влияющих на развитие отрасли, а также служит инструментом визуального обоснования экспертных оценок.

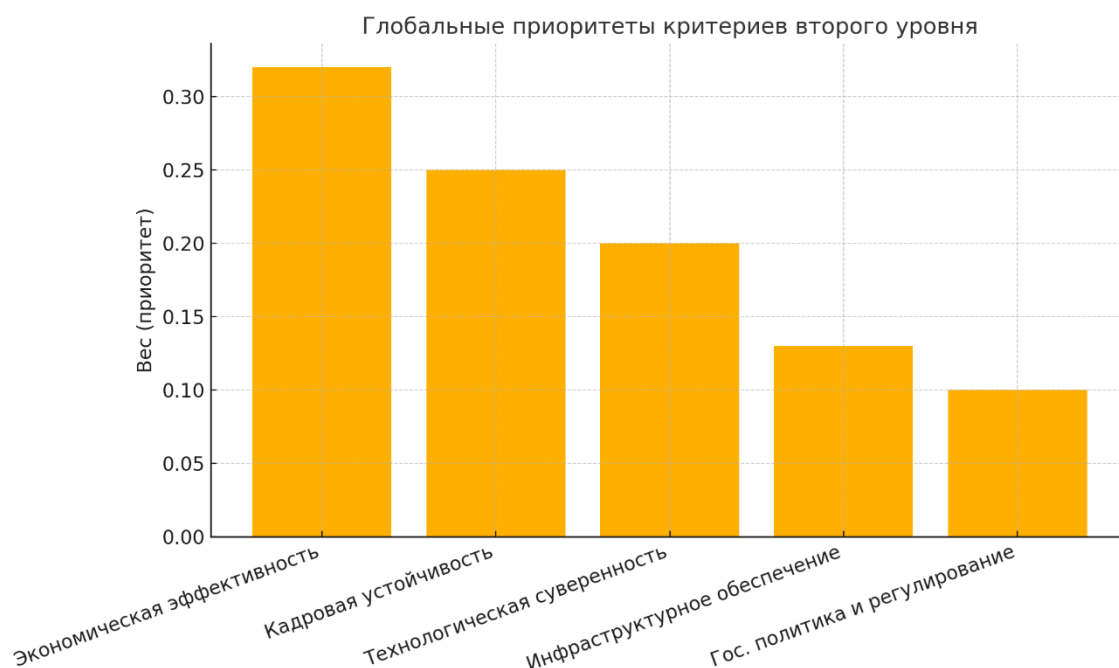


Рисунок 2. Диаграмма глобальных приоритетов критериев

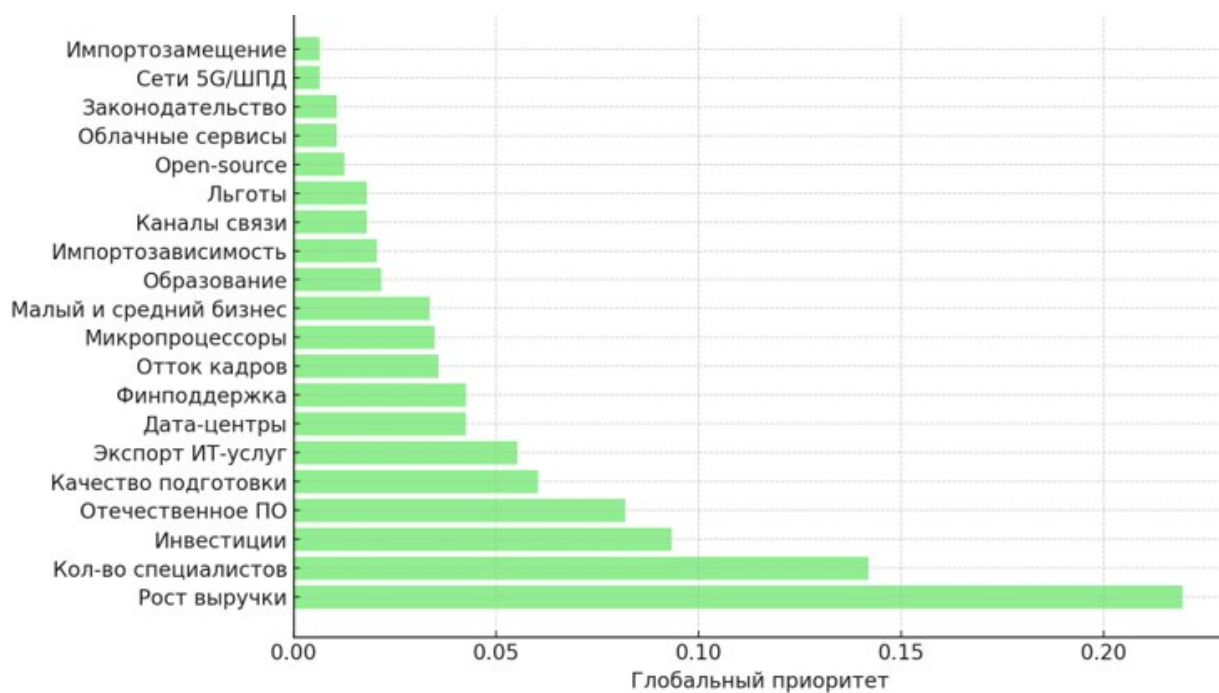


Рисунок 3. Диаграмма приоритетов подкритериев

ПРИЛОЖЕНИЕ Д - АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ АНР НА ПРИМЕРЕ ИТ-ОТРАСЛИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

В целях проверки универсальности и адаптивности разработанной иерархической модели оценки состояния ИТ-отрасли была проведена её

апробация на региональном уровне, в частности — на примере города Санкт-Петербург. Данный регион выбран в связи с его высокой цифровой активностью, развитой ИТ-инфраструктурой и значительным вкладом в формирование национальной ИТ-повестки.

На основе региональных аналитических данных и мнений местных экспертов были уточнены приоритеты критериев. Результаты показали следующее распределение глобальных приоритетов (по сравнению с федеральной моделью):

Критерий	Федеральная модель	Региональная модель (СПб)
Экономическая эффективность	0.32	0.28
Кадровая устойчивость	0.25	0.30
Технологическая суверенность	0.20	0.18
Инфраструктурное обеспечение	0.13	0.14
Гос. политика и регулирование	0.10	0.10

Таблица Д.1 — Глобальные приоритеты критериев в Санкт-Петербурге

Как видно из таблицы, в Санкт-Петербурге наблюдается повышенный акцент на кадровую устойчивость, что связано с высоким спросом на ИТ-специалистов в условиях активного роста ИТ-компаний региона. Показатели по остальным направлениям сохраняют близкие значения по сравнению с общероссийской моделью, что подтверждает применимость АНР-модели для регионального анализа.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е - ПОШАГОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ (АНР) НА ПРИМЕРЕ КРИТЕРИЯ «ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ»

В приложении представлено пошаговое применение метода анализа иерархий (АНР) на примере одного из критериев модели — «Экономическая эффективность».

Шаг 1. Исходная матрица попарных сравнений

Матрица, составленная на основе экспертных оценок:

	Рост выручки	Объём инвестиций	Доля экспорта IT- услуг	Количество малых и средних IT- компаний
Рост выручки	1.0	3.0	4.0	5.0
Объём инвестиций	0.3333	1.0	2.0	3.0
Доля экспорта IT- услуг	0.25	0.5	1.0	2.0
Количество малых и средних IT- компаний	0.2	0.3333	0.5	1.0

Шаг 2. Нормализация матрицы

Каждый элемент матрицы делится на сумму своего столбца:

	Рост выручки	Объём инвестиций	Доля экспорта IT- услуг	Количество малых и средних IT- компаний
Рост выручки	0.5607	0.6207	0.5333	0.4545
Объём инвестиций	0.1869	0.2069	0.2667	0.2727
Доля экспорта IT- услуг	0.1402	0.1034	0.1333	0.1818
Количество малых и средних IT- компаний	0.1121	0.069	0.0667	0.0909

Шаг 3. Расчёт вектора весов (локальных приоритетов)

Вес для каждого критерия получен как среднее значение по строке нормализованной матрицы.

Критерий	Вес (среднее по строке)
Рост выручки	0.5423
Объём инвестиций	0.2333
Доля экспорта IT-услуг	0.1397
Количество малых и средних IT-компаний	0.0847

Шаг 4. Расчёт максимального собственного значения λ_{\max}

Для расчёта λ_{\max} исходная матрица умножается на вектор весов, затем результат поэлементно делится на веса и усредняется:

Критерий	$A \cdot w$	$A \cdot w / w$	λ_i
Рост выручки	2.2244	4.1015	4.1015
Объём инвестиций	0.9475	4.0612	4.0612
Доля экспорта ИТ-услуг	0.5613	4.0178	4.0178
Количество малых и средних ИТ-компаний	0.3408	4.0244	4.0244

$$\lambda_{\max} = 4.0512$$

Шаг 5. Расчёт индекса согласованности (CI) и отношения согласованности (CR)

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (4.0512 - 4) / (4 - 1) = 0.0171$$

$$CR = CI / RI = 0.0171 / 0.9 = 0.019$$

Поскольку $CR < 0.1$, уровень согласованности является допустимым. Расчёты подтверждают корректность оценок.

На основании выполненных расчётов подтверждена корректность экспертных оценок по критерию «Экономическая эффективность». Метод АНР показал допустимую согласованность ($CR < 0.1$), что свидетельствует о достоверности результатов.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж - КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ: МОСКВА И САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Настоящее приложение содержит обобщённые результаты количественной оценки альтернатив в рамках модели анализа иерархий (АНР). В расчётах использованы глобальные веса подкритериев, полученные на основании

матриц попарных сравнений, и локальные приоритеты альтернатив — Москвы и Санкт-Петербурга — по каждому подкритерию.

Для каждой альтернативы рассчитана итоговая сумма глобальных приоритетов, что позволяет объективно оценить её общее положение в структуре иерархии.

Подкритерий	Глобальный вес подкритерия	Вклад Москвы	Вклад Санкт-Петербурга
Рост выручки	0.2196	0.1647	0.0549
Объём инвестиций	0.0934	0.0700	0.0233
Экспорт IT-услуг	0.0554	0.0415	0.0138
Малые и средние IT-компании	0.0337	0.0253	0.0084
Количество IT-специалистов	0.1420	0.1065	0.0355
Качество подготовки	0.0604	0.0453	0.0151
Отток кадров	0.0358	0.0269	0.0090
Образовательные программы	0.0218	0.0163	0.0054
Отечественное ПО	0.0819	0.0614	0.0205
Микропроцессоры	0.0348	0.0261	0.0087
Импортозависимость	0.0207	0.0155	0.0052
Open-source	0.0126	0.0094	0.0031
Дата-центры	0.0601	0.0451	0.0150
Каналы связи	0.0256	0.0192	0.0064
Облачные сервисы	0.0151	0.0114	0.0038
Сети 5G и ШПД	0.0092	0.0069	0.0023
Финансовая поддержка	0.0426	0.0320	0.0107

Льготы и преференции	0.0181	0.0136	0.0045
Законодательная база	0.0107	0.0081	0.0027
Импортозамещение и стратегия	0.0065	0.0049	0.0016

Итоговый глобальный приоритет Москвы: 0.750

Итоговый глобальный приоритет Санкт-Петербурга: 0.250

Анализ результатов показывает, что Москва получила значительно более высокий глобальный приоритет (0.75) по сравнению с Санкт-Петербургом (0.25). Это обусловлено преимущественными оценками по всем ключевым направлениям: экономическим, кадровым, технологическим, инфраструктурным и нормативным. Москва лидирует благодаря высокой концентрации ИТ-компаний, активной инвестиционной политике и масштабной государственной поддержке цифровых инициатив. Тем не менее, Санкт-Петербург демонстрирует стабильные позиции по таким критериям, как качество подготовки кадров и внедрение open-source решений, что формирует потенциал для дальнейшего роста и развития в условиях адаптивной цифровой трансформации.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 - МАТРИЦЫ ИНЦИДЕНТНОСТИ

В данном приложении представлены матрицы инцидентности, отражающие логическую структуру иерархической модели, построенной для оценки состояния ИТ-отрасли России с использованием метода анализа иерархий (АИР).

Матрицы инцидентности иллюстрируют взаимосвязи между уровнями иерархии:

- матрица "цель — критерии" (уровень 1 → уровень 2),
- матрица "критерии — подкритерии" (уровень 2 → уровень 3),
- матрица "подкритерии — альтернативы" (уровень 3 → уровень 4).

Каждая ячейка таблицы содержит бинарное значение:

- 1 — наличие связи между элементами уровней;
- 0 — связь отсутствует.

Матрицы инцидентности служат основой для формализации структуры задачи и позволяют обеспечить целостность и корректность логики построения модели. Они являются обязательным компонентом методологического оформления АНР-анализа, согласно требованиям методических рекомендаций и типовой документации.

1. Матрица инцидентности: Цель → Критерии

	Экономическая эффективность	Кадровая устойчивость	Технологическая суверенность	Инфраструктурное обеспечение	Гос. политика и регулирование
Оценка состояния ИТ-отрасли	1	1	1	1	1
Оценка состояния ИТ-отрасли	1	1	1	1	1
Оценка состояния ИТ-отрасли	1	1	1	1	1
Оценка состояния ИТ-отрасли	1	1	1	1	1
Оценка состояния	1	1	1	1	1

ия ИТ-отрасли					
---------------	--	--	--	--	--

2. Матрица инцидентности: Критерии → Подкритерии

Подкритерии	Экономическая эффективность	Кадровая устойчивость	Технологическая суверенность	Инфраструктурное обеспечение	Государственная политика и регулирование
Рост выручки	1	0	0	0	0
Объём инвестиций	1	0	0	0	0
Доля экспорта ИТ-услуг	1	0	0	0	0
Малые и средние компании	1	0	0	0	0
Количество ИТ-специалистов	0	1	0	0	0
Качество подготовки	0	1	0	0	0
Отток кадров	0	1	0	0	0
Образоват. программы	0	1	0	0	0
Отеч. ПО	0	0	1	0	0
Микропроцессоры	0	0	1	0	0
Импортозависимость	0	0	1	0	0
Open-source	0	0	1	0	0
Дата-центры	0	0	0	1	0
Каналы связи	0	0	0	1	0
Облачные сервисы	0	0	0	1	0
Сети 5G и ШПД	0	0	0	1	0
Финансовая поддержка	0	0	0	0	1
Льготы	0	0	0	0	1
Законод. база	0	0	0	0	1
Импортозамещение	0	0	0	0	1

3. Матрица инцидентности: Подкритерии → Альтернативы

Подкритерии	Москва	Санкт-Петербург
Рост выручки	1	1
Объём инвестиций	1	1
Доля экспорта ИТ-услуг	1	1
Малые и средние компании	1	1

Количество специалистов	ИТ-	1	1
Качество подготовки		1	1
Отток кадров		1	1
Образоват. программы		1	1
Отеч. ПО		1	1
Микропроцессоры		1	1
Импортозависимость		1	1
Open-source		1	1
Дата-центры		1	1
Каналы связи		1	1
Облачные сервисы		1	1
Сети 5G и ШПД		1	1
Финансовая поддержка		1	1
Льготы		1	1
Законод. база		1	1
Импортозамещение		1	1

ПРИЛОЖЕНИЕ И - АНКЕТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ПО МЕТОДУ АНР

Уважаемый эксперт!

Просим вас выполнить попарное сравнение критериев, характеризующих состояние ИТ-отрасли России, по степени их важности. Используйте 9-балльную шкалу Саати:

- 1 — равная важность
- 3 — умеренное превосходство
- 5 — существенное превосходство
- 7 — явное превосходство
- 9 — абсолютное превосходство

Промежуточные значения (2, 4, 6, 8) также допустимы.

Для каждой пары укажите, какой из критериев важнее и насколько. Оценки будут использованы для построения матрицы попарных сравнений в рамках метода анализа иерархий (АНР).

№	Критерий 1	Критерий 2	Важнее (1/2)	Оценка (1– 9)
1	Экономическая эффективность	Кадровая устойчивость		
2	Экономическая эффективность	Технологическая суверенность		
3	Экономическая эффективность	Инфраструктурное обеспечение		
4	Экономическая эффективность	Государственная политика		
5	Кадровая устойчивость	Технологическая суверенность		

Таблица Е.1 — Форма анкеты для попарного сравнения критериев

Вы можете добавить комментарии или пояснения к своим ответам ниже:

Комментарий эксперта: