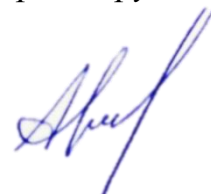


Федеральная служба охраны Российской Федерации
АКАДЕМИЯ

На правах рукописи



Кузькин Александр Александрович

**МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТРАТЕГИИ
РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДЫ**

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации
(технические системы)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук
Басов Олег Олегович

Орел 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	9
1.1. Актуальность планирования и сопровождения деятельности предприятия с применением современных информационных технологий	9
1.2. Проблемы снижения эффективности ИТ-стратегии в рамках корпоративного управления.....	15
1.3. Обоснование методов интеллектуального анализа данных для решения задачи обеспечения устойчивости ИТ-стратегии в условиях неопределенности воздействия среды	22
1.4. Постановка задачи обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды	27
1.5. Выводы по первой главе	30
2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЕЙ ДОСТИЖЕНИЯ ИТ-ЦЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ	32
2.1. Формализация процесса оценивания ИТ-стратегии с применением аппарата нечетких когнитивных карт	32
2.2. Структурная идентификация нечеткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия.....	34
2.3. Параметрическая идентификация нечёткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия.....	40
2.4. Исследование свойств нечёткой когнитивной модели	45
2.5. Динамический анализ нечеткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей.....	51
2.6. Выводы по второй главе.....	53

3. АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ЗНАЧЕНИЯМ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ- ПРОЦЕССОВ.....	54
3.1. Подходы к обеспечению устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования.	54
3.2. Формирование требований к уровням достижения ИТ-целей предприятия.....	60
3.3. Исследование силы и согласованности взаимовлияний между концептами нечеткой когнитивной модели	65
3.4. Формирование требований к значениям ключевых показателей эффективности ИТ-процессов	70
3.5. Выводы по третьей главе.....	77
4. МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ИТ-СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ЗАДАННОМ ИНТЕРВАЛЕ ПЛАНИРОВАНИЯ	79
4.1. Формализация процесса обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в деятельности отдела планирования и развития ИТ.....	79
4.2. Программный комплекс обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования	83
4.3. Экспериментальная проверка разработанного инструментария с оценкой эффективности процесса обеспечения устойчивости.....	86
4.4. Выводы по четвертой главе	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	93
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	104
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ	108

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях любое предприятие для решения стоящих перед ним задач использует широкий спектр информационных технологий (ИТ). Именно поэтому важным элементом перспективного развития является разработка стратегии развития ИТ на предприятии (ИТ-стратегия), которая представляет собой стратегический план управления развитием информационных технологий предприятия, направленный на удовлетворение потребностей бизнеса и достижение поставленных целей (ИТ-целей) по развитию используемых на предприятии ИТ. Степень достижения последних зависит от уровня развития процессов, функционирующих в ИТ-архитектуре предприятия (ИТ-процессов), и оценивается в рамках комплексного аудита, неотъемлемой частью которого является аудит ИТ-стратегии.

В работах Бегутовой Е. В., Кравченко Т. К. Михайлова А. Г. предложено оценивать уровень достижения ИТ-целей на основе значений ключевых показателей эффективности (КПЭ) ИТ-процессов с использованием процедур нечеткого вывода, а также на основе интеграции системы сбалансированных показателей для ИТ-службы (*IT Balanced Scorecard*) и стандарта *COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology)*, позволяющих получить иерархическую структуру показателей оценки эффективности стратегических решений в области ИТ.

Однако обращает на себя внимание ограниченность проработки подходов к обеспечению *устойчивости ИТ-стратегии*, под которой будем понимать сохранение значений уровней достижения ИТ-целей относительно требуемого на заданном интервале планирования. Это связано с недостаточной (в основном на качественном уровне) формализацией процедуры, позволяющей строить зависимости между КПЭ ИТ-процессов и уровнями достижения ИТ-целей, а также большой размерностью решаемой задачи. Аналитическое описание либо статистическое наблюдение таких зависимостей затруднено, а зачастую невозможно, поэтому в рамках ИТ-аудита приходится сталкиваться

с трудноформализуемыми задачами, для решения которых требуется обработка большого количества разнородных данных.

В рассматриваемой области большим количеством авторов и соответствующих научных школ выполнен значительный объем научных исследований, посвященных вопросам моделирования, оптимизации и исследования свойств слабоструктурированных систем и процессов. К ним, в первую очередь, можно отнести Аксельрода Р., Бакурадзе Д. В., Гвишиана Д. М., Коско Б., Калинина В.Н., Кулинича А. А., Кульбу В. В., Лагерева Д. Г., Лукьянову Л. М., Новикова Д. А., Поспелова Г.С., Растригина Л.А., Резникова Б.А., Сати Г. А., Силова В. Б. Этими учеными созданы достаточные научные предпосылки для решения трудноформализуемых задач обеспечения устойчивости ИТ-стратегии, однако, не учтены влияния ИТ-процессов друг на друга на заданном интервале планирования, объективно существующие за счет ограничений на общий потребляемый ресурс ИТ-архитектуры. Указанные взаимные влияния обусловлены факторами неопределенности (случайности и игрового характера), источником которых является среда объекты, не подлежащие рассмотрению, но оказывающие влияние на систему (ИТ-архитектуру предприятия и протекающие в ней процессы).

Поэтому в настоящее время имеет место **противоречие** между существующими методами оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия, которые предполагают независимое планирование ИТ-процессов, и наличием неопределенности воздействия среды, что приводит к несогласованному изменению уровней достижения ИТ-целей и потере устойчивости ИТ-стратегии на заданном интервале планирования. Его разрешение представляет собой актуальную научную задачу.

В связи с этим **целью исследования** является разработка научно-методического инструментария обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды.

В соответствии с поставленной целью в работе поставлены и решены следующие **частные задачи исследования**:

- проанализирован процесс оценивания целевых показателей ИТ-стратегии предприятия с применением методологий ИТ-аудита;
- разработана модель оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия;
- разработан алгоритм формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов;
- разработана методика обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования;
- осуществлены экспериментальная проверка разработанного научно-методического инструментария обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия и моделирование соответствующих процессов с оценкой их эффективности.

Методы и средства исследования. Для выполнения исследований и решения указанных задач использовались методы корреляционного и факторного анализа, нечетких множеств, имитационного моделирования, эволюционных вычислений, гибридных нейронных сетей и когнитивного моделирования.

При разработке программного комплекса использовались методы объектно-ориентированного программирования и языки программирования высокого уровня.

Положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия.
2. Алгоритм формирования требований к значениям ключевых показателей эффективности ИТ-процессов.
3. Методика обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования.

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов, выводов и рекомендаций заключается в разработке:

1) *математической модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия*, основанной на применении нечеткого когнитивного моделирования и аппарата гибридных нейро-нечетких сетей и позволяющей учесть неопределенность воздействия среды;

2) *алгоритма формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов*, учитывающего силу и согласованность взаимных влияний контуров регулирования уровней достижения ИТ-целей и обеспечивающего минимизацию отклонений указанных уровней от требуемых значений на заданном интервале планирования;

3) *методики обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования*, базирующейся на нечетком когнитивном моделировании и эволюционных вычислениях, отличающейся процедурой обоснования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов для альтернативных сценариев реализации ИТ-целей.

Практическая ценность работы заключается в доведении разработанного научно-методического инструментария обеспечения устойчивости ИТ-стратегии до программного комплекса, предусматривающего его непосредственное применение в деятельности аналитика отдела планирования и развития ИТ предприятия.

Обоснованность и достоверность научных положений, основных выводов и результатов диссертации обеспечивается за счет анализа состояния исследований в данной области, согласованности теоретических выводов с результатами экспериментальной проверки моделей, а также апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах на международных научных конференциях.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на международной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2013» (г. Ростов-на-Дону, 2013 г.), 7 Всероссийской научно-практической конференции «Территориально распределенные системы охраны» (г. Калининград, 2013 г.), Все-

русской научно-технической конференции «Вопросы кибербезопасности, моделирования и обработки информации в современных социотехнических системах «Информ-2014» (г. Курск, 2014 г.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 11 печатных работах, включая 4 публикации в рецензируемых научных изданиях из перечня Минобрнауки РФ: «Науковедение», «Труды СПИИРАН», «Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики»; получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, имеется положительное решение о выдаче патента на изобретение.

Реализация результатов работы. Основные результаты диссертационной работы использованы при совершенствовании процесса интеллектуального производства группы компаний "Навигатор Технолоджи" (г. Орел), а также в учебном процессе на кафедрах Академии ФСО России (г. Орел), что подтверждено соответствующими актами внедрения.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 118 страницах машинописного текста, содержит 15 иллюстраций и 8 таблиц, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (108 наименований) и приложения.

1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1. Актуальность планирования и сопровождения деятельности предприятия с применением современных информационных технологий

Успешность функционирования современного предприятия (организации) во многом зависит от использования ИТ для эффективной поддержки ключевых бизнес-процессов. От ИТ требуется нацеленность на конкретные результаты, поддержка целей бизнеса и повышение эффективности деятельности предприятия [47].

На сегодняшний день определение роли ИТ в повышении эффективности функционирования предприятия является важным аспектом деятельности ее руководящего звена. Существует несколько взглядов на данную проблему.

ИТ могут быть технологиями общего назначения, т.е. являться основными компонентами различных систем [11]. Главной особенностью концепции общего назначения является то, что она сама по себе не повышает производительность, но способствует созданию новых прикладных технологий, которые и влияют на эффективность. Другой подход состоит в том, что современное предприятие может быть представлена как комплекс комплиментарных активов [21], т.е. они связаны между собой таким образом, что увеличение инвестиций в один актив, вызывает рост эффективности другого. В связи с чем, справедлив вывод о том, что для повышения эффективности функционирования предприятия необходимо одновременно развивать связанные между собой ИТ-сервисы, организационные практики и человеческий капитал [4]. Однако рассмотренные подходы формируют качественную модель возникновения эффекта от использования ИТ, но в практической деятельности очень важно опираться на количественные показатели.

Общепринятыми взглядами на вклад, вносимый ИТ, являются следующие. ИТ не дают долговременного конкурентного преимущества. Наиболее

ярким представителем этой точки зрения является Н. Карр [54], который утверждает, что все ИТ достаточно легко воспроизводятся при наличии соответствующих финансовых ресурсов. Согласно противоположной точки зрения, сторонником которой является Э. Бриньолфсон [5], использование ИТ непосредственно или опосредованно приводит к росту эффективности деятельности предприятия. Таким образом, предприятия с высоким уровнем инвестиций в ИТ получают больше, чем предприятия, просто приобретающие технологий за счет фактического вложения в новые формы существования предприятия, улучшения основных бизнес-процессов, более эффективного использования информации, децентрализации принятия решений, повышения квалификации персонала.

В [106] представлен обзор современных подходов к оценке эффективности инвестиций в ИТ. Отмечается, что эффект от использования ИТ проявляется и успешно оценивается только тогда, когда ИТ встроены в технологические процессы. Так, например, человеческий труд заменяется более производительными компьютерами. Предпринимательский эффект от инвестиций в ИТ, связанный с изменением бизнес-процессов, комбинацией ИТ с другими инновациями, прежде всего организационными, представляет наибольший интерес для предприятий, но механизмы формирования такого эффекта не очевиден.

Именно поэтому важным элементом перспективного развития предприятия является построение стратегического плана развития информационных систем и технологий (далее ИТ-стратегии), который является неотъемлемой частью стратегии ведения бизнеса и всесторонне учитывает потребности в обеспечении ИТ-сервисами с учетом использования ресурсов ИТ-архитектуры.

Понятие ИТ-стратегии является комплексным и по-разному трактуется в различных международных стандартах и рекомендациях в области стратегического управления ИТ. Одним из определений, наиболее полно раскрывающих суть ИТ-стратегии, является приводимое в перечне материалов, от-

носящихся к библиотеке инфраструктуры информационных технологий (*ITIL – IT Infrastructure Library*). В соответствии с ним, *ИТ-стратегия* – это стратегический план управления развитием ИТ предприятия, направленный на удовлетворение потребностей бизнеса и достижение поставленных целей (ИТ-целей) по развитию используемых на предприятии ИТ [51].

В работе [52] обобщены существующие практические подходы, в той или иной степени охватывающие весь круг вопросов, возникающих при разработке ИТ-стратегии. Основными из них являются: обеспечение соответствия потребностям бизнеса (*Business and IT Alignment*), разработка ИТ-стратегии на основе концепции и методик архитектуры предприятия (*Enterprise Architecture*), корпоративное управление ИТ (*IT Governance*).

Для обеспечения соответствия потребностям бизнеса зарубежными учеными Дж.Хендерсоном и Н. Венкатраманом была разработана стратегическая модель соответствия (*SAM – The Strategic Alignment Model*) [16]. Модель *SAM* предполагает установление соответствия между бизнес-стратегией, ИТ-стратегией, организационной инфраструктурой и процессами предприятия, ИТ-инфраструктурой и ИТ-процессами. При этом первые две составляющие рассматриваются как «внешний фокус», а вторые две – как «внутренний фокус». В описании модели также определены методы стратегического планирования и критерии эффективности ИТ-стратегии. В зарубежной практике известны некоторые варианты расширения модели *SAM*, например модель *AIM* (*Amsterdam Information Model*) [20]. Отличительной особенностью *AIM* является то, что помимо того «что» делать, данная модель указывает «как» это делать.

В ряде зарубежных публикаций поднимается вопрос об оценке качества выравнивания ИТ и бизнеса. Суть подхода, предложенного Дж. Лафтманом [10], заключается в выделении шести критериев соответствия ИТ и бизнеса, при этом представлено описание пяти уровней зрелости процесса согласования ИТ-стратегии со стратегией бизнеса. Для каждого уровня зрелости даны характеристики по всем 6 критериям. Известна также модель зрело-

сти ИТ-инфраструктуры и операций, предложенная компанией Gartner [17]. Вместе с тем, разработанные компанией Microsoft модели зрелости могут быть использованы при построении стратегического плана развития ИТ [22]. Здесь введены 4 уровня развития инфраструктуры (базовый, стандартизованный, рационализированный и динамический), различающиеся уровнем адаптируемости под изменяющиеся требования со стороны бизнеса.

Основу второго подхода к построению ИТ-стратегии составляет архитектура предприятия. На сегодняшний день существует достаточно много моделей описания архитектуры предприятия, основными из которых являются модели *Zachman Framework*, *TOGAF (The Open Group Architecture Framework)*, *FEA (Federal Enterprise Architecture)*, *DoDAF (Department of Defense Architecture Framework)* [14, 29, 30, 31]. Данные модели включают в себя описание нескольких архитектурных доменов, таких как архитектура бизнес-процессов, данных, приложений и техническая архитектура. Суть подхода заключается в том, что целевая архитектура предприятия проектируется в соответствии с бизнес-стратегией и бизнес-архитектурой, при этом ИТ-стратегия выполняет роль некоего координатора, который определяет набор действий по созданию целевой архитектуры предприятия.

Наиболее последовательно и ясно подход на основе архитектуры предприятия сформулирован в работе сотрудников Слоановской школы менеджмента при Массачусетском технологическом институте Дж. Росс, П. Уэйла и Д. Робертсона [24]. Согласно их исследованиям необходимо выполнение трех этапов: формирование операционной модели, которая определяется видением того, как корпорация будет обеспечивать достижение стратегических целей; разработка архитектуры предприятия, поддерживающей операционную модель; повышение зрелости архитектуры предприятия.

Третьим подходом к разработке ИТ-стратегии является корпоративное управление ИТ (*IT Governance*). Суть подхода заключается в разработке комплекса управленческих решений, применяемых высшим руководством с целью определения стратегического направления развития предприятия, обес-

печения достижения целей, адекватного управления рисками и надлежащего использования корпоративных ресурсов. Основными составляющими корпоративного управления ИТ являются следующие области:

1) *Strategic alignment*, направленную на обеспечение соответствия бизнес- и ИТ-планов, определение, поддержание и оценку приносимой ИТ пользы, а также взаимосвязи ИТ-операций и бизнес-операций;

2) *Value delivery*, рассматривающую приносимую ИТ пользу как цикл, обеспечивающий достижение декларируемых преимуществ от ИТ в соответствии со стратегией, с учетом оптимизации затрат;

3) *Resource management*, рассматривающую оптимизацию инвестиций в ИТ и надлежащее управление критичными ИТ-ресурсами: приложениями, информацией, инфраструктурой и персоналом, а также ключевые проблемы относящиеся к оптимизации знаний и инфраструктуры;

4) *Risk management* – определяющую необходимость осведомленности высшего руководства в области рисков, четкого понимания корпоративного подхода в отношении рисков, представления о требованиях законодательства, прозрачности в отношении существенных рисков, а также включение функции управления рисками в практику предприятия;

5) *Performance measurement* – мониторинг реализации стратегии, осуществления проектов, использования ресурсов, эффективности процессов и сервисов, с использованием, например, системы сбалансированных показателей, которые транслируют стратегию в действия направленные на достижение измеримости достижения целей кроме традиционной отчетности.

Корпоративное управление ИТ строится на основе сервисного подхода *ITSM (IT Service Management)*, получившего широкое распространение как за рубежом, так и в России. Актуальность для России данного подхода подтверждается его широким использованием в крупнейших компаниях телекоммуникационной, добывающей, металлургической и др. отраслей, а также в федеральных и региональных структурах управления. Основными задачами, которые достигаются за счет внедрения принципов *ITSM*, являются: по-

вышение качества и эффективности ИТ-услуг; построение взаимоотношений с бизнесом; сокращение расходов на ИТ.

При построении единой комплексной системы стратегического управления в рамках корпоративного управления ИТ, основу которой составляет процессный подход, следует учитывать накопленный опыт в области управления ИТ (табл. 1.1), творчески применяя его к каждой конкретной ситуации.

Таблица 1.1 – Практики и стандарты в области управления ИТ

Название	Область применения
<i>ITIL (Information Technology Infrastructure Library)</i>	Рекомендации по предоставлению качественных услуг, а также процессов и компонентов, необходимых для их поддержки.
<i>COBIT (Control Objectives for Information and related Technology)</i>	Руководство в области управления ИТ, аудита и информационной безопасности. Контроль и аудит всеми аспектами ИТ
<i>MOF (Microsoft Operations Framework)</i>	Управление обслуживанием информационных систем, которые представлены в виде функций управления услугами (<i>SMF – Service Management Functions</i>)
<i>HP References model</i>	Корпоративная модель, разработанная на основе и в полном соответствии с библиотекой <i>ITIL</i> .
<i>IPMA, PMI, PRINCE2</i>	Методологии управления проектами
<i>ISO 9000/9001 Quality management systems</i> (в российской интерпретации семейство ГОСТ Р ИСО/МЭК ИСО:9000)	Стандарты, определяющие требования к системам менеджмента безотносительно отраслевой специфики.
<i>ISO/IEC 20000 Information technology Service management (ITSM)</i> (в российской интерпретации ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000)	Стандарты, определяющие требования к системе управления услугами, выполнение которых, обеспечивает гарантии качества ИТ-услуг для потребителей.
<i>ISO/IEC 27001 – Information technology Security techniques</i>	Стандарты в области управления информационной безопасностью

Широко известной моделью *IT Governance* является *COBIT* [8, 9]. Применение в России получила версия *COBIT 5.0*, освоение и использование ко-

торой при построении систем корпоративного управления ИТ и проведении комплексного ИТ-аудита происходит достаточно интенсивно.

В основу методологии *COBIT 5.0* положен процессный подход, в рамках которого для формирования комплексного видения разрабатывается описательная бизнес-модель по руководству и управлению ИТ. Ее отличительной особенностью является разграничение областей ИТ-деятельности в виде отдельных доменов, в состав которых входит перечень обязательных к реализации групп ИТ-процессов, для ИТ-процессов предложены метрики и модель оценки развития [9]. Стоит отметить, что в методологии *COBIT 5.0* ИТ-подразделение рассматривается как часть архитектуры предприятия, которая создается в соответствии с ИТ-целями, которые, в свою очередь, выводятся из бизнес-целей и бизнес-стратегии, но конкретных рекомендаций по организации ИТ-службы не дается.

1.2. Проблемы снижения эффективности ИТ-стратегии в рамках корпоративного управления

Оценивание эффективности используемых на предприятии ИТ реализуется в рамках комплексного аудита ИТ, неотъемлемой частью которого является аудит ИТ-стратегии.

Оценка уровня развития ИТ-процессов может быть проведена на основе подходов к проведению ИТ-аудита, построенных с применением общих мировых практик, таких как *ITIL*, *MOF/MSF (Microsoft Solutions Framework)*, *CMM (Capability Maturity Model)/CMMI (CMM Integration)*, *PMBOK (Project Management Body of Knowledge)/PRINCE2 (Projects IN Controlled Environments 2)*, *ITAF (IT Architecture Framework)*, *COSO (Committee of Sponsoring Organizations)*, *COBIT* [15, 36]. Каждая из представленных методик позволяет решать ограниченный перечень задач, связанных с оценкой и обеспечением ИТ-стратегии на различных уровнях управления.

Анализ функциональности *COBIT* [2] позволил сделать вывод, что реализуемые ею функции комплексно перекрывают задачи стратегического уровня, на котором представлены методологии *COSO*, *ITAF*, *IT Balanced Scorecard* и, дополнительно, позволяют строить связь с уровнем ИТ-инфраструктуры, на котором используются рекомендации *ITIL*, *ISO 20000*, *MOF*. По результатам разработки бизнес-модели, в соответствии с рекомендациями *COBIT 5.0*, руководство предприятия получает возможность сформировать стратегическое видение, которое может быть формализовано в виде перечня сценариев реализации потребностей заинтересованных сторон в виде получения выгоды за счет использования ресурсов ИТ-инфраструктуры, оценки и управления рисками.

Механизм перевода потребностей заинтересованных сторон в конкретные практические и настраиваемые цели предприятия, ИТ-цели и цели факторов влияния раскрывается в *COBIT 5.0* в виде каскада целей (рис. 1.1).

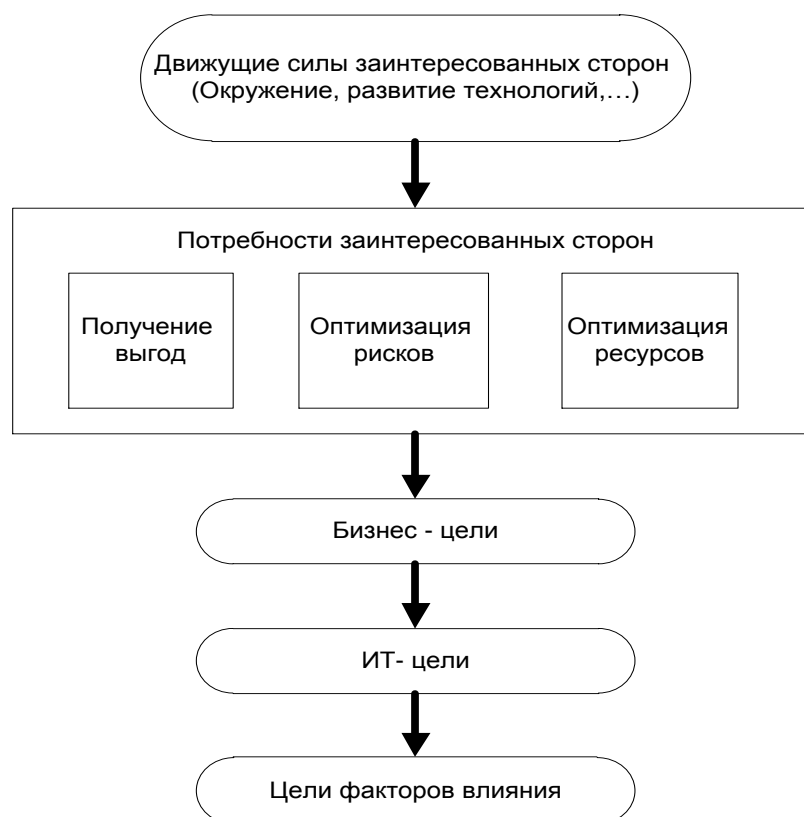


Рис. 1.1. Каскад целей согласно *COBIT 5.0*

Каскад целей *COBIT 5.0* включает следующие шаги:

Шаг 1. Определяется перечень движущих сил, оказывающих влияние на потребности заинтересованных сторон, например, корректировка стратегии, изменяющиеся бизнес-среда и законодательство, новые технологии.

Шаг 2. Строятся связи между потребностями заинтересованных сторон и набором универсальных целей предприятия. Эти цели могут быть разработаны на основе измерений в системе сбалансированных показателей (*BSC – Balanced Scorecard*).

Шаг 3. Цели предприятия связываются с ИТ-целями. Достижение целей предприятия требует получения ряда ИТ-результатов, которые описываются ИТ-целями.

Шаг 4. ИТ-цели связываются с целями факторов влияния. Достижение ИТ-целей возможно только при успешном применении факторов влияния.

Для обеспечения целостного подхода в методологии *COBIT 5.0* выделяются семь групп факторов влияния (неопределенности) среды, оказывающих воздействие на управление ИТ (рис. 1.2).

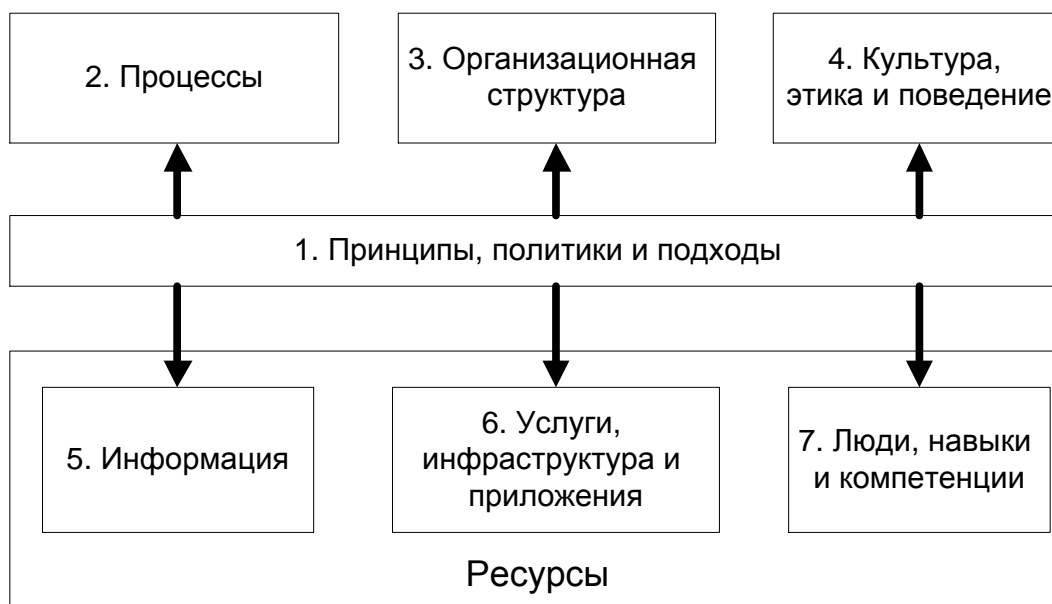


Рис. 1.2. Факторы влияния согласно *COBIT 5.0*

Факторы влияния определяются каскадом целей, то есть высокоуровневые ИТ-цели определяют задачи для различных факторов влияния. По аналогии с общей классификацией систем, проведенной в работе [93], указанные факторы неопределенности среды можно разделить на факторы физического, технико-технологического и социально-организационного происхождения. Несмотря на столь большое разнообразие факторов неопределенности среды, их с точки зрения механизма возникновения и проявления неопределенности можно разбить на две подгруппы: факторы *случайности* (случайная среда) и факторы *игрового характера* (целеустремленная среда). Целеустремленность среды связана с наличием в ее составе тех или иных социально-организационных элементов. В качестве целеустремленной среды выступают факторы 4 и 7 (рис. 1.2).

В методологию *COBIT 5.0* входит эталонная модель процессов, которая является развитием модели процессов *COBIT 4.1* и ее интеграцией с моделями процессов *Risk IT* и *Val I*, позволяющая подробно описать процессы руководства и управления ИТ (рис. 1.3).

Предложенная модель является полной и подробной, однако каждое предприятие определяет свой набор процессов с учетом специфики функционирования.

Используя методику построения каскада целей и эталонную модель процессов, описанных в рамках методологии *COBIT 5.0*, можно проследить взаимосвязь отдельной бизнес-цели предприятия и обеспечивающих ИТ-процессов через бизнес-цели и ИТ-цели по *COBIT 5.0*, и наоборот. Примеры подобной декомпозиции приведены на рисунках 1.4. и 1.5.

Таким образом, структуризация процесса достижения бизнес-целей предприятия с помощью методологии *COBIT 5.0* позволяет однозначно построить зависимость степени их достижения от уровня обеспечения требований к процессу внедрения и реализации ИТ-процессов, которые определяют качество предоставления ИТ-услуг.

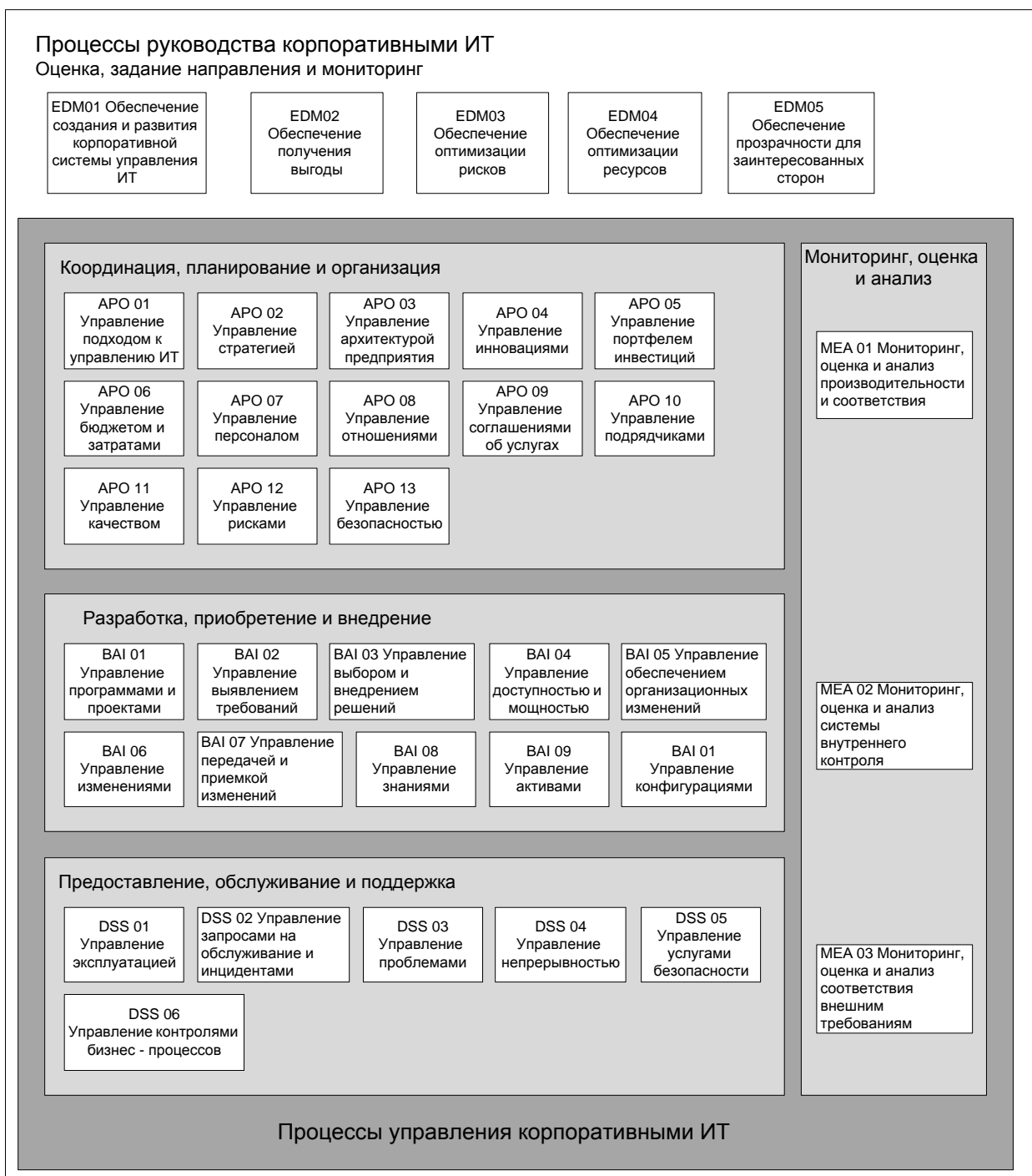


Рис. 1.3. Эталонная модель процессов COBIT 5.0

В связи с этим, существует возможность доопределить понятие эффективности ИТ-стратегии *устойчивостью*, под которой будем понимать сохранение значений уровней достижения ИТ-целей (а следовательно, и бизнес-целей предприятия) относительно требуемых на заданном интервале планирования, и ввести комплексное понятие обеспеченности ИТ-стратегии.

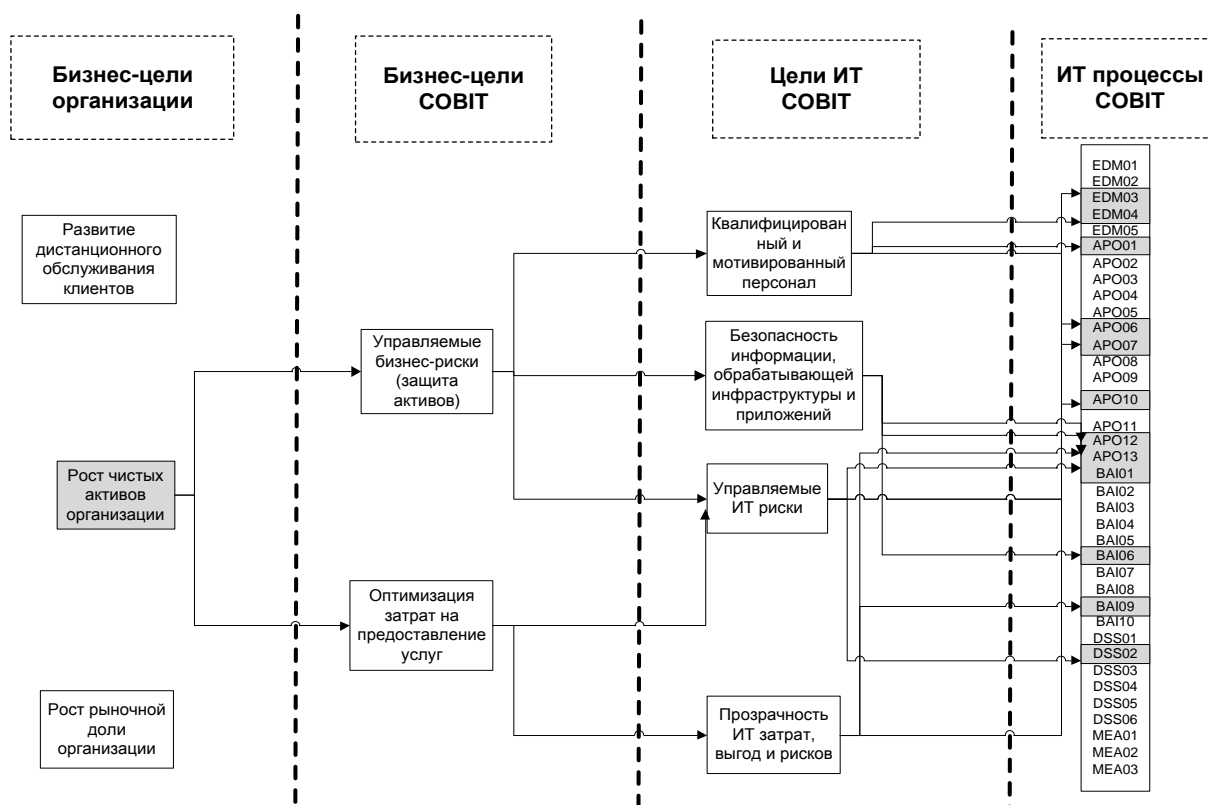


Рис. 1.4. Взаимосвязь бизнес-цели и соответствующих ИТ-процессов

Решение задачи обеспечения устойчивости ИТ-стратегии, важным этапом которой является процедура оценивания параметров отдельных ИТ-процессов, позволяет руководству ИТ-департамента проводить обобщенную и сравнительную оценку обеспечивающих ИТ-процессов и формализовать требования, направленные на совершенствование ИТ-целей предприятия. Традиционно для решения данной задачи применяется оценка уровня соответствия предоставляемых ИТ-услуг требованиям, формализованным в виде договора по *SLA (Service Level Agreement)* на основе мониторинга и статистического оценивания ключевых показателей результативности (КПР) и КПЭ (*KPI – Key Performance Indicators*) [87]. Экспертная оценка показателей ИТ-процессов, оперативное оценивание которых с применением автоматических методов мониторинга затруднено, реализуется на основании модели возможностей ИТ-процессов в виде качественного оценивания с применением нечетких интервальных шкал [6, 7, 80].

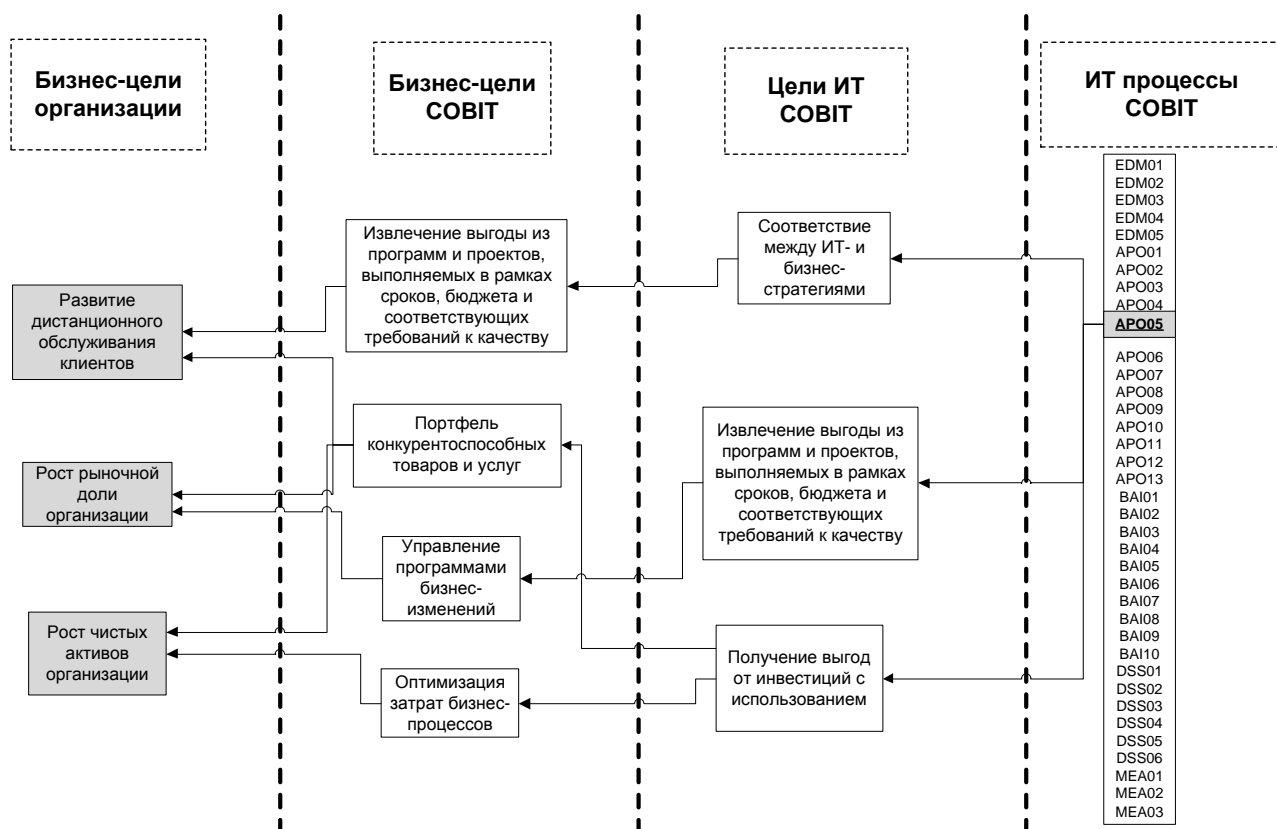


Рис. 1.5. Взаимосвязь бизнес-целей предприятия и отдельного ИТ-процесса

В ряде работ описаны предложения по общей методике оценки ИТ-стратегии. Так, например, в [37] представлены предложения по оценке ИТ-стратегии на основе значений КПР и КПЭ ИТ-процессов в подразделении с использованием процедуры нечеткого вывода по Мамдани. Основу работы [64] составляет интеграция системы сбалансированных показателей для ИТ-службы – *IT BSC* и стандарта *COBIT 4.1*, позволяющая получить иерархическую структуру признаков (показателей) оценки эффективности стратегических решений в области ИТ.

Однако данные подходы не учитывают влияние ИТ-процессов друг на друга, которое объективно существует за счет ограничений на общий потребляемый ресурс, лежащий в основе их предоставления. Дополнительно не решен вопрос оценки устойчивости ИТ-стратегии в динамике с учетом неопределённости взаимного влияния значащих факторов неопределённости на анализируемом интервале планирования. В связи с этим, совершенствование

процедуры ИТ-аудита, позволяющей обеспечить требуемую точность и прогностичность получаемых оценок обеспеченности ИТ-стратегии приобретают все большую актуальность.

1.3. Обоснование методов интеллектуального анализа данных для решения задачи обеспечения устойчивости ИТ-стратегии в условиях неопределенности воздействия среды

Анализ существующих методик ИТ-аудита позволил выявить их следующие недостатки:

- известные методы ИТ-аудита не позволяют произвести оценку обеспеченности ИТ-стратегии с учетом неопределённости взаимного влияния значащих факторов на анализируемом интервале планирования;

- методы оценки ключевых показателей эффективности ИТ-процессов не учитывают взаимное влияние ИТ-процессов друг на друга, которое объективно существует за счет ограничений на общий потребляемый ресурс ИТ-архитектуры.

Для исключения недостатков подобных разработок необходимо использовать эволюционные методы, которые позволили бы получать оптимальные решения проблем реальных ситуаций за малое время. При решении такие методы рассматривают систему управления ИТ как чёрный ящик, когда на входе задаются различные значения КПЭ ИТ-процессов, после чего оценивается эффективность получаемых решений с точки зрения целевых показателей ИТ-стратегии предприятия.

Система управления ИТ предприятия является сложным организационно-техническим объектом, именно поэтому механизм управления ее элементами, как и большинство систем в менеджменте, является слабоструктурированным, допускающим формализацию в основном на качественном уровне, где изменение параметров системы может приводить к труднопредсказуемым изменениям в ее структуре [32].

При моделировании таких систем аналитическое описание либо статическое наблюдение зависимостей между входными или выходными параметрами затруднено, а зачастую невозможно. Для решения задач подобного типа существует возможность применения аппарата знаковых, взвешенных знаковых и функциональных знаковых графов, который позволяет работать с данными как качественного, так и количественного типа, причем степень использования количественных данных может увеличиваться в зависимости от возможностей количественной оценки взаимодействующих факторов в итерационном цикле моделирования.

Одним из новых направлений современной теории поддержки и принятия решений является когнитивное моделирование процессов исследования и управления слабоструктурированными системами и ситуациями, которое развивается в нескольких научных подразделениях Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН [3, 33, 34, 68, 94].

Когнитивный подход был предложен Р. Аксельродом и Ф. Робертсом из-за ограниченности применения точных методов построения моделей, подготовки и принятия управленческих решений по разрешению слабоструктурированных проблем и ситуаций, возникающих при функционировании и развитии слабоструктурированных систем и ситуаций [34, 68].

Задачи анализа ситуаций на основе когнитивных карт можно разделить на два типа: статические и динамические [59]. Статический анализ, или анализ влияний – это анализ исследуемой ситуации посредством изучения структуры взаимовлияний когнитивной карты. Анализ влияний выделяет факторы с наиболее сильным влиянием на целевые факторы, значения которых требуется изменить. Динамический анализ лежит в основе генерации возможных сценариев развития ситуации во времени. Таким образом, возможности решения задач анализа и управления определяются типом используемых моделей – статических или динамических.

В работах В. В. Кульбы и В. И. Максимова предложен подход к анализу устойчивости слабоструктурированных систем и ситуаций с применением

когнитивных карт, поскольку оценка устойчивости лучше поддается корректной предметной интерпретации исследуемых явлений [74, 84]. В качестве входных параметров моделирования задаются начальные темпы изменения факторов (начальные тенденции), характеризующие предысторию изменения исследуемой ситуации. Значения факторов не фиксируются, т.е. моделируется динамика изменения ситуации на основе приращений факторов.

Особое внимание в исследованиях уделяется поиску и разработке методов структуризации первичных представлений субъекта управления, направленных на построение когнитивных карт, и повышению технологичности, научно-методической и инструментальной поддержки решения практических задач управления [83, 85].

Разработан метод структурно-целевого анализа развития слабоструктурированных систем: подход к исследованию конфликтных ситуаций, порождаемых противоречиями в интересах субъектов, которые оказывают влияние на развитие исследуемой системы и методы решения слабоструктурированных проблем на основании формирования сценариев развития ситуации [19, 32, 46, 63, 65, 66, 67, 88]. При этом проблема определяется как несоответствие существующего состояния системы требуемому, которое задано субъектом управления. Комплексное применение перечисленных методов позволяет проводить статический и динамический анализ при исследовании слабоструктурированных систем.

Актуальными являются современные направления когнитивного подхода для моделей, основанных на применении нечетких когнитивных карт, активное использование которых в качестве средства моделирования систем обусловлено возможностью наглядного представления анализируемой системы и легкостью интерпретации причинно-следственных связей между концептами. Для решения данных проблем разработаны алгоритмы автоматического построения когнитивных карт на основе выборки данных [96, 97, 98].

В соответствии с рассмотренными преимуществами применение методов когнитивного моделирования для решения задачи обеспечения устойчи-

вой ИТ-стратегии на заданном интервале планирования на основе формирования требуемых значений целевых концептов (уровней достижения ИТ-целей), моделирующих процесс влияния изменения КПЭ на значения ИТ-целей, является конструктивным.

С точки зрения класса решаемой задачи построение устойчивой ИТ-стратегии предприятия относится к задачам многокритериальной оптимизации, где в качестве группы критериев принятия решения, можно выделить: оптимальные по всем целевым показателям, оптимизированные по одному или нескольким показателям, приемлемые по всем ограничениям.

Согласно результатам исследований [38, 57, 58, 90] задачи многокритериальной оптимизации относятся к *NP*-трудным задачам упорядочения и носят комбинаторный характер. Выбор оптимального или близкого к оптимальному набора требований к КПЭ осуществляется с помощью одного из четырех подходов: комбинаторного, математического программирования, эвристического и статистического моделирования [13, 18, 77].

Методы оценки устойчивости ИТ-стратегии предприятия без проведения полного или частичного перебора вариантов изменения целевых показателей являются решающими эвристическими правилами и играют важную роль в прикладной теории расписаний. Однако эвристические алгоритмы основаны на приеме, который называется снижением требований. Методы, применяемые для построения алгоритмов такого типа, сильно зависят от специфики задачи [82, 104]. Не существует универсального алгоритма, а использование различных эвристических правил необходимо начинать после того, как конкретная задача была решена разными методами и выбрано более подходящее решение согласно экспертным оценкам с учетом требуемых ограничений и критериев оптимальности.

Научное направление *Natural Computing*, интенсивно развивающееся в последнее время, основано на принципах природных механизмов принятия решений и включает генетические алгоритмы, нейро-сетевые вычисления,

клеточные автоматы, муравьиные алгоритмы, метод роящихся частиц, табуированный поиск и др. [78, 79, 86].

Преимуществом *генетических алгоритмов* (ГА) перед другими является простота их реализации, относительно высокая скорость работы, параллельный поиск решения сразу несколькими особями, позволяющий избежать попадания в ловушку локальных оптимумов. Недостатком является сложность выбора схемы кодирования, т. е. выбора параметров и вида их кодирования в хромосомах, возможность вырождения популяции, сложность описания ограничений планирования. В силу этих факторов ГА нужно рассматривать как инструмент научного исследования, а не средство анализа данных.

Наиболее популярным приложением ГА является оптимизация многопараметрических функции. При формировании планов перераспределения ресурсов некоторые параметры имеют случайный характер, что влияет на ход достижения целей и исполнение стратегического плана. В реальных условиях возникают отклонения, которые могут быть связаны с поломками оборудования или структурных элементов, отсутствием необходимых ИТ-ресурсов. Возникает необходимость внесения изменений в план перераспределения ресурсов. Поэтому качество составленного в процессе перераспределения плана зависит от того, какие данные можно ввести в систему в рамках контроля отклонений и сколько на это потребуется времени. Перепланирование является одним из важных элементов поддержания системы корпоративного управления ИТ в актуальном состоянии.

Метод роящихся частиц – наиболее простой и один из самых молодых методов эволюционного программирования, который благодаря своей простоте (менее десяти строк кода) и скорости считается очень перспективным для задач планирования.

Табуированный поиск представляет собой вариацию метода градиентного спуска с памятью. В процессе поиска ведётся список табуированных (запрещённых для перехода) позиций из числа уже рассчитанных. Критическими параметрами алгоритма является диапазон запретов. В процессе поиска осу-

ществляются операции включения в запрещённый список состояний вокруг текущего состояния, что вносит фактор случайности в процесс поиска [101].

По сравнению с другими методами *муравьиный алгоритм* дает наилучшие решения, но требует больше времени на вычисления, чем, например, табуированный поиск, который находит хорошее решение (но не оптимальное) в разы быстрее. Использование ГА для решения задачи формирования требований к КПЭ ИТ-процессов позволяет получить решение, почти такое же, как и муравьиный алгоритм. При этом время поиска решения на 15% меньше, результат отличается не более чем на 2%. Сравнивая муравьиный алгоритм с точными методами, например динамическим программированием или методом ветвей и границ, можно сказать, что он находит близкие к оптимальному решению за значительно меньшее время даже для задач небольшой размерности.

Вышеописанные алгоритмы оптимизации могут быть использованы для оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия как целевых показателей устойчивости ИТ-стратегии. На основе анализа существующих разработок в области эволюционных методов перспективным решением сложных комбинаторных задач оптимизации является гибридное использование методов когнитивного моделирования и ГА. Это позволит существенно улучшить систему стратегического планирования, тем самым, сократив время получения оптимальных или приемлемых требований к КПЭ ИТ-процессов на основе целевых показателей ИТ-стратегии.

1.4. Постановка задачи обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды

Одним из направлений повышения эффективности функционирования системы управления ИТ на предприятии является совершенствование методов обеспечения устойчивости ИТ-стратегии на заданном интервале планирования с учетом влияния среды. Содержательное описание задач обеспече-

ния устойчивости в деятельности отдела планирования и анализа ИТ-департамента предполагает рассмотрение следующих этапов:

- описание процесса формирования ИТ-стратегии предприятия, предполагающего активизацию конечного множества ИТ-целей, достижение которых становится возможным за счет внедрения и сопровождения ИТ-процессов;

- формализация деятельности отдела планирования и развития ИТ-департамента, реализующего перечень мероприятий по мониторингу, оценке и прогнозированию степени достижения ИТ-целей, а также оценке возможностей ИТ-процессов и учету воздействия среды;

- оценку эффективности реализации ИТ-стратегии, заключающуюся в обеспечении устойчивости целевых показателей в соответствии с заданным критерием за счет формирования и выполнения требований к значениям КПЭ ИТ-процессов.

Общая схема процесса обеспечения устойчивости ИТ-стратегии с учетом влияний среды в деятельности отдела планирования и анализа ИТ-департамента включает в себя:

- оценку обеспеченности ИТ-стратегии предприятия по показателям уровня достижения ИТ-целей, позволяющую осуществлять их стратегический контроль и прогнозирование, а также обеспечивающую требуемую достоверность процесса оценивания;

- решение оптимизационной задачи получения требований к значениям КПЭ ИТ-процессов с учетом их влияний друг на друга, позволяющих перераспределить ИТ-ресурсы предприятия;

- решение задачи стратегического планирования при формировании ИТ-стратегии предприятия с учетом перераспределения ИТ-ресурсов по требуемому уровню достижения ИТ-целей.

На современном рынке ИТ представлен большой перечень программно-аппаратных средств мониторинга ИТ-инфраструктуры, которые позволяют в реальном масштабе времени получать значения КПЭ ИТ-процессов.

На крупных предприятиях, ИТ-инфраструктура которых построена с использованием аппаратно-программного обеспечения различных производителей, широкое распространение получило специализированное ПО ведущих мировых вендоров (такое, как IBM Tivoli, MS Service Manager, HP Service Manager, BMC Remedy), которое поддерживает большинство аппаратных платформ, операционных систем, баз данных, бизнес-приложений (Microsoft, IBM, Oracle и др.).

Пусть тогда КПЭ ИТ-процессов предприятия заданы конечным множеством $C^{КПЭ} = (C_1^{КПЭ}, C_2^{КПЭ}, \dots, C_p^{КПЭ})$. Ведущие практики и стандарты в области управления ИТ позволили выделить конечный перечень ИТ-процессов и ИТ-целей в виде соответствующих множеств $C^{Пр} = (C_1^{Пр}, C_2^{Пр}, \dots, C_k^{Пр})$ и $C^{ИТЦ} = (C_1^{ИТЦ}, C_2^{ИТЦ}, \dots, C_n^{ИТЦ})$. Для оценивания состояний ИТ-процессов и уровней достижения ИТ-целей предложено использовать соответствующие лингвистические переменные $Q^{Пр} = (q_1^{Пр}, \dots, q_4^{Пр})$ и $Q^{ИТЦ} = (q_1^{ИТЦ}, \dots, q_4^{ИТЦ})$.

С учетом вышесказанного для достижения цели исследования требуется разработать:

– математическую модель оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия, позволяющую учесть неопределенность воздействия среды в виде:

$$C_{t+1}^{ИТЦ} = f(C_t^{Пр}, C_t^{КПЭ}), \quad (1.1)$$

где t – дискретные моменты модельного времени, выбираемые в соответствии с принятым на предприятии горизонтом планирования

– алгоритм формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов, позволяющих обеспечить устойчивость ИТ-целей как целевых показателей ИТ-стратегии:

$$C^{КПЭ} : f(C^{Пр}, C^{КПЭ}) \subset C_{\text{треб}}^{ИТЦ}. \quad (1.2)$$

где $C_{\text{треб}}^{ИТЦ}$ – требуемые уровни достижения ИТ-целей предприятия; и

– соответствующую методику обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования для альтернативных сценариев реализации ИТ-целей.

Указанный научно-методического инструментария позволит обеспечить устойчивость ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды путем оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия, формирования требований к КПЭ ИТ-процессов на заданном интервале планирования и их выполнения для альтернативных сценариев реализации ИТ-целей.

1.5. Выводы по первой главе

Важным направлением развития ИТ-стратегии предприятия является тщательное стратегическое планирование перераспределения ИТ-ресурсов между ИТ-процессами, протекающими в рамках ИТ-архитектуры организации. Перспективным направлением в области стратегического планирования является автоматизация процедур комплексного ИТ-аудита в общем и аудита эффективности ИТ-стратегии в частности.

Анализ различных подходов к проведению ИТ-аудита, построенных с применением общих мировых практик, таких как *ITIL*, *MOF/MSF*, *CMM/CMMI*, *PMBOK/PRINCE2*, *ITAF*, *COSO*, *COBIT* показал, что функциональность методологии *COBIT* позволяет комплексно перекрыть задачи как стратегического уровня, так и, дополнительно, строить связи с уровнем ИТ-инфраструктуры.

Решение задачи оценки эффективности ИТ-стратегии организации в рамках комплексного ИТ-аудита с применением методологии *COBIT* требует разработки методов оценивания достижения ИТ-целей на заданном интервале планирования с учетом взаимных влияний ИТ-процессов друг на друга.

Формирование требуемых значений КПЭ ИТ-процессов в соответствии с заданным критерием целесообразно проводить с применением методов

сценарного планирования, позволяющего оценить устойчивость планируемых стратегий управления ИТ и общую тенденцию к достижению ИТ-целей.

В соответствии с этим, сформулирована задачи обеспечения устойчивости ИТ-стратегии с учетом неопределенного воздействия среды, относящаяся к классу задач распределения ресурсов и упорядочения работ с нечеткими параметрами.

2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЕЙ ДОСТИЖЕНИЯ ИТ-ЦЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

2.1. Формализация процесса оценивания ИТ-стратегии с применением аппарата нечетких когнитивных карт

На современном этапе предприятиям необходим структурированный подход в области управления ИТ, который позволит гарантировать согласованность целей стратегического развития предприятия. Ввиду данного факта вопрос формализации процедур комплексного ИТ-аудита в общем и оценивания эффективности (в том числе устойчивости) ИТ-стратегии в частности приобретает важный характер. Формализация различных процессов в рамках управления предприятием, в настоящее время, является бурно развивающейся отраслью системного анализа, организационного проектирования и управленческого консультирования. С одной стороны, формализованные процессы легче изменять и модернизировать, а, с другой, формализация процессов позволяет четко определить правила работы сотрудников и подразделений. Кроме того, формализация процессов является хорошей основой для последующей информатизации и автоматизации деятельности предприятия.

Перспективным направлением оценивания и обеспечения эффективной реализации ИТ-стратегии является построение моделей, позволяющих выявить закономерности влияния параметров различного рода, характеризующихся наличием неопределенности нестатистической природы, которые предполагают их оценку и агрегирование с применением нечетких шкал [66, 105].

Для решения задач подобного типа существует возможность применения аппарата знаковых, взвешенных знаковых и функциональных знаковых графов, который позволяет работать с данными как качественного, так и количественного типа, причем степень использования количественных данных может увеличиваться в зависимости от возможностей количественной оцен-

ки взаимодействующих факторов в итерационном цикле моделирования. В рамках данного подхода, нечеткое когнитивное моделирование является наиболее эффективной парадигмой представления знаний человека и причинно-следственного вывода знаний. При представлении системы в виде нечеткого графа параметр времени может отражаться через последовательность изменения состояний при применении НКК и когнитивного моделирования [39, 40, 41, 60, 107].

Общая процедура применения аппарата нечёткого когнитивного моделирования к решению задачи оценивания обеспеченности ИТ-стратегии по уровням достижения ИТ-целей на заданном интервале планирования предусматривает реализацию трех этапов (рис. 2.1).

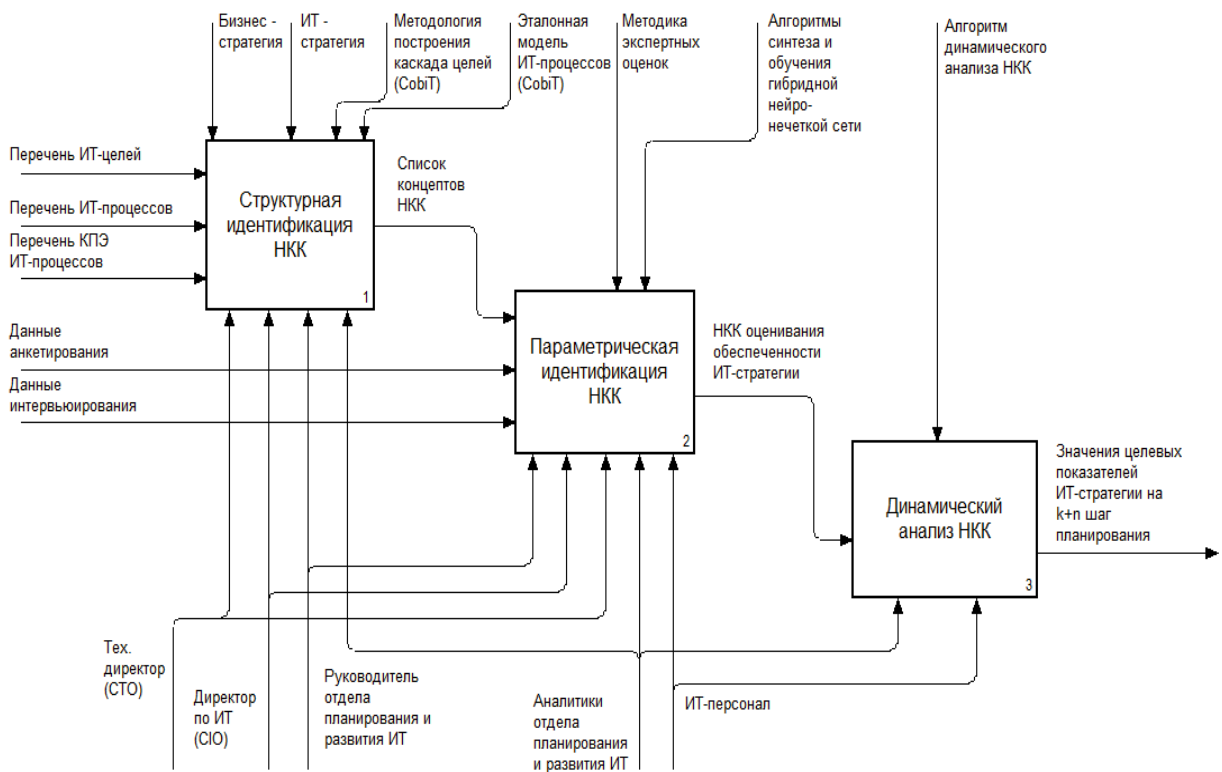


Рис. 2.1. Функциональная модель¹ процесса построения нечёткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия

¹ Функциональная модель процесса построения нечеткой когнитивной модели выполнена в нотации IDEF0.

Первый заключается в выделении концептов, описывающих исследуемую слабоструктурированную систему. При этом вся совокупность концептов может быть разбита на несколько групп в соответствии с предметной областью, к которой относится система. Параметрическая идентификация заключается в определении лингвистических переменных для концептов нечеткой модели и определении весов связей между ними. На третьем этапе производится динамический анализ полученной НКК.

2.2. Структурная идентификация нечеткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия

На этапе структурной идентификации НКК в соответствии с концепцией управления ИТ были выделены три уровня, на которых были определены соответствующие группы концептов. Для реализации данного этапа достаточным явился уровень проработки данного вопроса в методологии *COBIT 5.0*, на основе которой были выделены следующие группы концептов:

- уровень ИТ-целей;
- уровень ИТ-процессов;
- уровень КПЭ.

Группа концептов, раскрывающих перечень учитываемых КПЭ, позволяет раскрыть способ оценивания изменений ИТ-процессов во времени. Получение значений КПЭ традиционно осуществляется с применением средств мониторинга элементов ИТ-инфраструктуры предприятия. Перечень КПЭ ИТ-процессов согласно методологии *COBIT* представлен в приложении.

Наборы концептов нечеткой когнитивной модели включают в себя:

1) множество концептов, характеризующих уровни достижения ИТ-целей:

$$C^{\text{ИТЦ}} = (C_1^{\text{ИТЦ}}, C_2^{\text{ИТЦ}}, \dots, C_n^{\text{ИТЦ}}), \quad (2.1)$$

где $C_n^{\text{ИТЦ}}$ – концепт, характеризующий уровень достижения n -ой ИТ-цели ($n = 1, \dots, N$).

2) множество концептов, характеризующих уровни возможностей ИТ-процессов:

$$C^{\text{Пр}} = (C_1^{\text{Пр}}, C_2^{\text{Пр}}, \dots, C_k^{\text{Пр}}) \quad (2.2)$$

где $C_k^{\text{Пр}}$ – концепт, характеризующий уровень возможностей k -го ИТ-процесса предприятия ($k=1, \dots, K$).

3) множество концептов, характеризующих КПЭ ИТ-процессов:

$$C^{\text{КПЭ}} = (C_1^{\text{КПЭ}}, C_2^{\text{КПЭ}}, \dots, C_p^{\text{КПЭ}}) \quad (2.3)$$

где $C_p^{\text{КПЭ}}$ – концепт, характеризующий уровень p -го КПЭ ИТ-процесса ($p=1, \dots, P$).

Результатом выполнения первого этапа является структура нечеткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия:

$$C = (C^{\text{ИТЦ}}, C^{\text{Пр}}, C^{\text{КПЭ}}) \quad (2.4)$$

Особенностью рассматриваемого этапа является возможность адаптации групп концептов под конкретный профиль предприятия за счет выделения перечня характерных ИТ-целей, а также перечня критических ИТ-процессов, суммарное влияние которых на обеспеченность ИТ-стратегии составляет более 90 %.

Связи между ИТ-целями и ИТ-процессами, описанные в методологии SOBIT 5.0, позволяют определить согласованные отношения влияния между каждой парой концептов из множеств $C^{\text{ИТЦ}}$ и $C^{\text{Пр}}$. Задание отношений влияния между каждой парой концептов из множеств $C^{\text{Пр}}$ и $C^{\text{КПЭ}}$ могут быть определены в соответствии с методом, предложенным в работе [42]. Так, отношения влияния между концептами из множеств $C^{\text{ИТЦ}}$, $C^{\text{Пр}}$ и $C^{\text{КПЭ}}$ представляются в виде весов $w_{ij} \in [-1, 1]$ и рассматриваются как элементы нечеткой матрицы смежности W :

$$W^{\text{ИТЦ-Пр}} = \begin{bmatrix} w_{11}^{\text{ИТЦ-Пр}} & w_{12}^{\text{ИТЦ-Пр}} & \dots & w_{1I}^{\text{ИТЦ-Пр}} \\ w_{21}^{\text{ИТЦ-Пр}} & w_{22}^{\text{ИТЦ-Пр}} & \dots & w_{2I}^{\text{ИТЦ-Пр}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{J1}^{\text{ИТЦ-Пр}} & w_{J2}^{\text{ИТЦ-Пр}} & \dots & w_{JI}^{\text{ИТЦ-Пр}} \end{bmatrix}; \quad (2.5)$$

$$W^{\text{Пр}} = \begin{bmatrix} w_{11}^{\text{Пр}} & w_{12}^{\text{Пр}} & \dots & w_{1I}^{\text{Пр}} \\ w_{21}^{\text{Пр}} & w_{22}^{\text{Пр}} & \dots & w_{2I}^{\text{Пр}} \\ \dots & & & \\ w_{J1}^{\text{Пр}} & w_{J2}^{\text{Пр}} & \dots & w_{JI}^{\text{Пр}} \end{bmatrix}; \quad (2.6)$$

$$W^{\text{Пр-КПЭ}} = \begin{bmatrix} w_{11}^{\text{Пр-КПЭ}} & w_{12}^{\text{Пр-КПЭ}} & \dots & w_{1I}^{\text{Пр-КПЭ}} \\ w_{21}^{\text{Пр-КПЭ}} & w_{22}^{\text{Пр-КПЭ}} & \dots & w_{2I}^{\text{Пр-КПЭ}} \\ \dots & & & \\ w_{J1}^{\text{Пр-КПЭ}} & w_{J2}^{\text{Пр-КПЭ}} & \dots & w_{JI}^{\text{Пр-КПЭ}} \end{bmatrix}; \quad (2.7)$$

Введенные отношения влияния, заданные в виде матриц (2.5–2.7), отображаются в виде дуг ориентированного графа НКК оценивания уровней достижения ИТ-целей и описывают нечеткие причинно-следственные связи между значащими концептами.

Веса связей между группами концептов из множества $S^{\text{Пр}}$ и множества $S^{\text{ИТЦ}}$ (2.5) определяются с помощью метода экспертных оценок. В настоящее время существует множество способов организации экспертиз, методов получения количественных и качественных экспертных оценок, агрегирования полученных результатов. При выборе метода получения экспертных оценок в данной работе учитывалось следующее.

Эксперты, представляющие менеджмент предприятия, а также аналитики отдела планирования и развития ИТ, имеют, как правило, хорошую математическую подготовку и знания в области ИТ, однако имеют разный уровень знаний относительно методик и практик управления ИТ на предприятии и построения соответствующих систем управления ИТ. Поэтому была введена оценка значимости каждого эксперта, определяемая по самооценке и взаимной оценке, которую члены экспертной группы выставляют друг другу по пятибалльной шкале.

Условная оценка значимости экспертов рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{э},i} = 0.4K_{\text{сам},i} + 0.6 \frac{\sum_{j=1}^m K_{\text{вз},ij}}{m-1}, \quad (2.8)$$

где $K_{э.i}$ – оценка значимости i -го эксперта; $K_{сам.i}$ – самооценка эксперта; $K_{вз.ij}$ – взаимооценка i -го эксперта j -м экспертом; m – общее количество экспертов.

Определение списка концептов и установление причинно-следственных связей между концептами проводится с помощью технологии *data mining*, позволяющей отбросить избыточные факторы, слабо связанные с «ядром» базисных факторов. Экспертам предлагается список концептов, определяющих состояние управления ИТ на предприятии. Из множества первоначально отобранных базисных факторов, эксперты определяют важность каждого из концептов, после чего формируется окончательный перечень концептов, составляющих основу НКК. Определение переменных состояния концепта проводится аналогичным способом.

Для установления силы (веса) связей между концептами используются нечеткие отношения на шкале $[0,1]$, задаваемые экспертами прямой оценкой с помощью функций принадлежности (ФП), т.е. в виде термов лингвистической переменной (рис. 2.2), или с помощью числовых значений на той же шкале $[0,1]$.

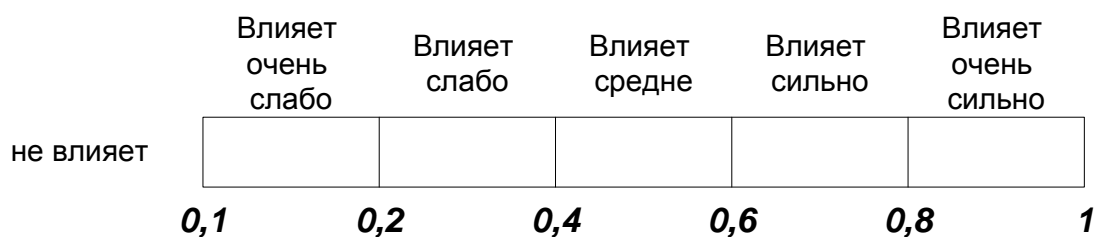


Рис. 2.2. Шкала для экспертной оценки взаимовлияния концептов

Обработка результатов экспертных оценок проводится с учетом веса (значимости) эксперта, например, значение веса связи W_{ij} между i -м и j -м концептами НКК подсчитывалось по формуле

$$W_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m g_k W_{ij}^{(k)}, \quad (2.9)$$

где $W_{ij}^{(k)}$ – оценка веса указанной связи, данная k -м экспертом; g_k – значимость k -го эксперта.

При большой рассогласованности экспертных оценок необходимо провести многоэтапную процедуру проведения экспертизы, основанную на методе Дельфи, который позволяет эксперту корректировать свои прежние оценки, исходя из общей картины. Для этого на втором этапе экспертам представляется информация об усредненной оценке и обоснования экспертов, высказавших «крайние» точки зрения. Как правило, для получения согласованных оценок достаточно проведение от двух до четырех этапов.

Внутри множества $C^{\text{Пр}}$ веса связей между концептами (2.6) задаются методами корреляционного и факторного анализа.

Корреляционный анализ предполагает изучение зависимости между концептами с одновременной количественной оценкой степени неслучайности их совместного изменения. При попарной оценке изменение одного концепта $C_i^{\text{Пр}}$, соответствующее изменению другого $C_j^{\text{Пр}}$, разбивается на две составляющие: стохастическую, связанную с неслучайной зависимостью $C_i^{\text{Пр}}$ от $C_j^{\text{Пр}}$, и случайную (или статистическую), связанную со случайным характером поведения самих $C_i^{\text{Пр}}$ от $C_j^{\text{Пр}}$. Стохастическая составляющая данной связи характеризуется коэффициентом корреляции, а для учета возможной криволинейной связи используется корреляционное отношение, введенное К. Пирсом.

Учитывая отсутствие возможности доказать нормальность распределения величин $C^{\text{Пр}}$, в диссертационном исследовании установление весов связей (2.6) осуществлено с использованием «быстрого» критерия Кенуя [56], основанного на применении порядковых статистик. Соответствующий метод, обладая повышенной устойчивостью к отклонениям распределения от нормального, в большинстве случаев позволяет упростить вычисления, оставляя

на приемлемой уровне статистические характеристики получаемых заключений по гипотезам.

Незначительное влияние одних концептов $C^{\text{Пр}}$ на другие, взаимодействиями которых можно пренебречь, может быть установлено по результатам факторного анализа.

Веса связей между группой концептов из множества $C^{\text{КПЭ}}$ и группой концептов из множества $C^{\text{Пр}}$ задаются с помощью нейро-нечетких аппроксиматоров, которые выступают в качестве нечеткой модели оценивания влияния значений КПЭ на уровни реализации ИТ-процессов в соответствии с методологией *COBIT 5.0*. Их описание представлено в следующем разделе.

Для определения взаимовлияния концептов от исходной нечеткой матрицы смежности W с положительно-отрицательными нечеткими связями необходимо произвести переход к нечеткой матрице положительных связей V размером $2I \times 2I$, элементы которой определяются из матрицы W размером $I \times I$ в соответствии с методом, рассмотренным в работе [50].

Таким образом, преобразование производится в соответствии со следующими выражениями:

$$\begin{aligned} \text{если } w_{ij} > 0, \text{ то } v_{2i-1,2j-1} &= w_{ij}, v_{2i,2j} = w_{ij}; \\ \text{если } w_{ij} < 0, \text{ то } v_{2i-1,2j-1} &= -w_{ij}, v_{2i,2j} = -w_{ij}, \end{aligned} \quad (2.10)$$

остальные элементы принимают нулевые значения. Выражение (2.10) применимо к элементам нечетких матриц смежности описанных выражениями (2.5–2.7).

Согласованные отношения взаимовлияния концептов определяются в результате транзитивного замыкания V :

$$\hat{V} = (V \vee V^2 \vee V^3 \vee \dots \vee V^n) \quad (2.11)$$

где степени нечетких матриц вычисляются на основе операции \max - T -композиции:

$$V^n = V^{n-1} \circ V^n. \quad (2.12)$$

После чего результат представляется в виде матрицы, состоящей из положительно-отрицательных пар весов $W = \|w_{ij}, \bar{w}_{ij}\|$ [50], полученных по следующему правилу:

$$\begin{aligned} w_{ij} &= \max(v_{2i-1,2j-1}, v_{2i,2j}); \\ \bar{w}_{ij} &= -\max(v_{2i-1,2j}, v_{2i,2j-1}). \end{aligned} \quad (2.13)$$

В случае амбивалентности в исходной матрице положительно-отрицательная пара весов влияния преобразуется по аналогичному алгоритму, только вместо нулей на диагоналях ставятся определенные значения.

2.3. Параметрическая идентификация нечёткой когнитивной модели оценивания уровня достижения ИТ-целей предприятия

Каждый i -й концепт из множеств $C^{\text{ИТЦ}}$ и $C^{\text{Пр}}$ модели оценивания уровня достижения ИТ-целей предприятия описывается соответствующей нечеткой переменной $\langle Q_i^k, D_i, C_i^k \rangle$, где Q_i^k – терм-множество i -го концепта; D_i – базовое множество i -го концепта; C_i^k – функция принадлежности значений концепта в базовом множестве D_i ; k – число типовых состояний концепта. Нечеткие переменные для описания термов, характеризующих значения связей w_{ij} между типовыми состояниями каждой пары концептов, задаются несколькими нечеткими переменными $\langle Q_{w_{ij}}^k, D_{w_{ij}}, H_{w_{ij}}^{kl} \rangle$, где $Q_{w_{ij}}^k$ – терм-множество связи w_{ij} , которые описываются нечеткими множествами $H_{w_{ij}}^{kl}$ в базовом множестве $D_{w_{ij}}$, k и l – соответственно мощности множеств типовых состояний i -го и j -го концептов. Терм-множества лингвистических переменных, характеризующих связи между типовыми состояниями каждой пары концептов, задаются в виде $\langle w_{ij}, Q_{w_{ij}}^{kl}, D_{w_{ij}} \rangle$, где $Q_{w_{ij}}^{kl}$ терм-множество лингвистической переменной w_{ij} ; $k \times l$ – число значений $Q_{w_{ij}}$; $D_{w_{ij}}$ – базовое множество w_{ij} .

В зависимости от характера и способа представления информации, используемой при описании термов, могут быть рассмотрены прямые и косвенные методы построения функций принадлежности. Прямые методы основаны на непосредственном задании аналитиком нечетких множеств C_i^k и $H_{w_{ij}}^{kl}$. Дополнительно, информация, накапливаемая в базах данных отдела планирования и развития ИТ-департамента и других систем автоматизации управления ИТ, и используемая для формирования отчетов об эффективности процесса реализации ИТ-стратегии, может быть использована для коррекции значений влияния концептов. В работе [61] обосновано применение балансового дифференциального алгоритм обучения Хэбба для НКК, предполагающего вычисление свертки предыдущих изменений концептов для определения изменения весов влияния:

$$w_{ij}^{t+1} = w_{ij}^t + (c_i^t - c_i^{t-1})(c_j^t - c_j^{t-1}), \quad (2.14)$$

где w_{ij}^t – сила влияния от концепта c_i^t на концепт c_j^t в момент времени t ; c_i^t – выходной уровень концепта в момент времени t ; c_j^t – выходной уровень концепта в момент времени t .

При этом для задания терм-множеств лингвистических переменных для групп концептов из множества $C^{\text{ИТЦ}}$ использована шкала стандарта *ISO/IEC 15504*, позволяющая присвоить рейтинг уровню достижения каждой из целей в зависимости от полноты ее достижения. Шкала включает в себя следующие рейтингов:

- *N* (не достигается) – от 0 до 15% достижения;
- *P* (частично достигается) – от 15% до 50% достижения;
- *L* (в основном достигается) – от 50% до 85% достижения;
- *F* (достигается полностью) – от 85% до 100% достижения.

Следовательно, терм-множество лингвистической переменной $C^{\text{ИТЦ}}$ описывается следующим образом $Q^{\text{ИТЦ}} = \{\langle \text{«не достигается»}, \langle \text{«частично достигается»}, \langle \text{«в основном достигается»}, \langle \text{«достигается полностью»} \rangle\}$.

Терм-множество лингвистической переменной для группы концептов из множества S^{TP} задаются на основе предложений, описанных в модели возможностей ИТ-процессов методологии *COBIT 5* [9] и описываются четырьмя уровнями реализации ИТ-процессов:

- низкий (не реализуется) – от 0 до 15% реализации;
- критический (частично реализуется) – от 15% до 50% реализации;
- рабочий (в основном реализуется) – от 50% до 85% реализации;
- высокий (реализуется полностью) – от 85% до 100% реализации.

Следовательно, терм-множество лингвистической переменной S^{TP} определяется как $Q^{TP} = \{\text{«низкий»}, \text{«критический»}, \text{«рабочий»}, \text{«высокой»}\}$. Задание области определения лингвистической переменной S^{TP} и введение ограничивающих значений для деления области определения на количество уровней в соответствии терм-множеством Q^{TP} для каждого ИТ-процесса осуществлено в соответствии с требованиями по *SLA (Service Level Agreement)* к конкретным КПЭ, характеризующими этот процесс.

При этом одним из наиболее перспективных направлений решения задачи оценивания состояния ИТ-процессов по КПЭ являются методы, основанные на использовании интеллектуального анализа данных. В рамках предлагаемого подхода, разработана процедура оценивания состояния ИТ-процессов по значениям КПЭ на основе математического аппарата нечеткой логики (НЛ) и искусственных нейронных сетей (ИНС). Другими словами, оценки состояния отдельно взятого ИТ-процесса получают с помощью гибридной нейронной сети (ГНС), на вход которой подаются экспериментально полученная информация о значениях КПЭ исследуемого ИТ-процесса.

Гибридизация ИНС с НЛ позволяет существенно повысить эффективность работы таких нейро-нечетких систем за счет того, что недостатки, присущие одной из технологий, компенсируются преимуществами другой. В частности, ИНС обладают хорошей способностью обучаться, но процесс работы обучающей сети сложен для понимания. В тоже время системы НЛ хо-

рошо объясняют выводы, но имеют ограничения на количество входных переменных. Вследствие этого возможно построение ГНС, в которых выводы формируются на основе НЛ, а ФП подстраиваются с помощью ИНС. Преимущество таких систем очевидно: построенные структуры не только используют априорную информацию, но могут приобретать новые знания, являясь логически «прозрачными» [69].

В настоящее время предложено большое число различных по архитектуре, возможностям и используемым методам ГНС [53, 81, 108]. На основе их анализа можно выявить следующие ключевые свойства: возможность автоматического формирования набора решающих правил; возможность применения различных алгоритмов обучения; возможность оперативного обучения в процессе поступления данных; возможность изменения структуры; сохранение заложенных в систему знаний в процессе параметрической оптимизации или обучения новым правилам. Основные особенности некоторых ГНС приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Основные особенности ГНС

Тип модели	Особенности применения
ANFIS	<ul style="list-style-type: none"> – настраиваемые параметры в первом и последнем скрытом слое; – структура набора правил должна быть известна заранее (тип и количество функций принадлежности для каждой переменной); – обучение в два этапа: <ul style="list-style-type: none"> – параметры S_1 фиксированы, МНК используется для оценки параметров S_2, – параметры S_2 фиксированы, параметры S_1 оцениваются алгоритмом обратного распространения ошибки.
NEFCON	<ul style="list-style-type: none"> – лингвистические нечеткие модели; – возможность индуцирования и оптимизации набора правил.
NEFCLASS	<ul style="list-style-type: none"> – структура набора правил может меняться; – возможность оптимизации набора правил.
FALCON	<ul style="list-style-type: none"> – обучение в два этапа: <ul style="list-style-type: none"> – обучение без учителя; – параметрическая оптимизация (метод градиентного спуска).
FUN	<ul style="list-style-type: none"> – алгоритм перестройки связей и изменения параметров функций принадлежности носит случайный характер.

Алгоритмы, позволяющие на основе данных наблюдений строить нечеткую систему, на начальных этапах используют либо нечеткую кластери-

зацию, либо покрытие пространства многомерными гиперкубами, либо оптимизацию многомерных решетчатых структур, возникающих при разбиении координатных осей n -мерного пространства на нечеткие подмножества. Перечнем основных проблем при этом является:

- обеспечение единственности представления одного и того же лингвистического значения при интерпретации для индуцирования набора правил;
- приведение получаемых дискретных ФП к одной из стандартных форм;
- избежание серьезных информационных потерь после проецирования получаемых в результате кластеризации областей (прямое произведение нечетких множеств не воспроизводит в точности породивший их кластер).

Рекомендации по выбору ГНС в зависимости от типа решаемой задачи представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Выбор типа ГНС в зависимости от типа решаемой задачи

Тип модели	Тип решаемой задачи
NEFPROX, NEFCLASS	Интеллектуальная обработка и анализ данных
NEFCLASS	Задачи классификации
NEFCLASS	Принятие решений
ANFIS, NEFPROX, FBF	Аппроксимация нелинейных зависимостей
NEFCON, ARIC, GARIC, ANFIS, FUN, AMN	Интеллектуальное управление
NNDFR, ANFIS	Моделирование
FAM, NEFPROX	Прогнозирование (выявление тенденций в данных)

Исходя из проведенного анализа, для построения системы оценивания состояния ИТ-процессов по КПЭ целесообразно использовать адаптивную систему нейро-нечеткого вывода – ANFIS (Adaptive Network-based Fuzzy Inference System). В данной системе выводы делаются на основе аппарата НЛ, а параметры ФП настраиваются с помощью алгоритма обратного распространения ошибки в процессе обучения ИНС путем выявления эффекта переобучения и определения количества настраиваемых коэффициентов. Такой подход позволяет выделять закономерности и обнаруживать новые зависимости, прогнозировать состояния ИТ-процессов [81, 108].

В результате выполнения второго этапа (рис. 2.1) формируется НКК, отображающая взаимосвязь уровней достижения ИТ-целей и КПЭ соответствующих ИТ-процессов предприятия (рис. 2.3).

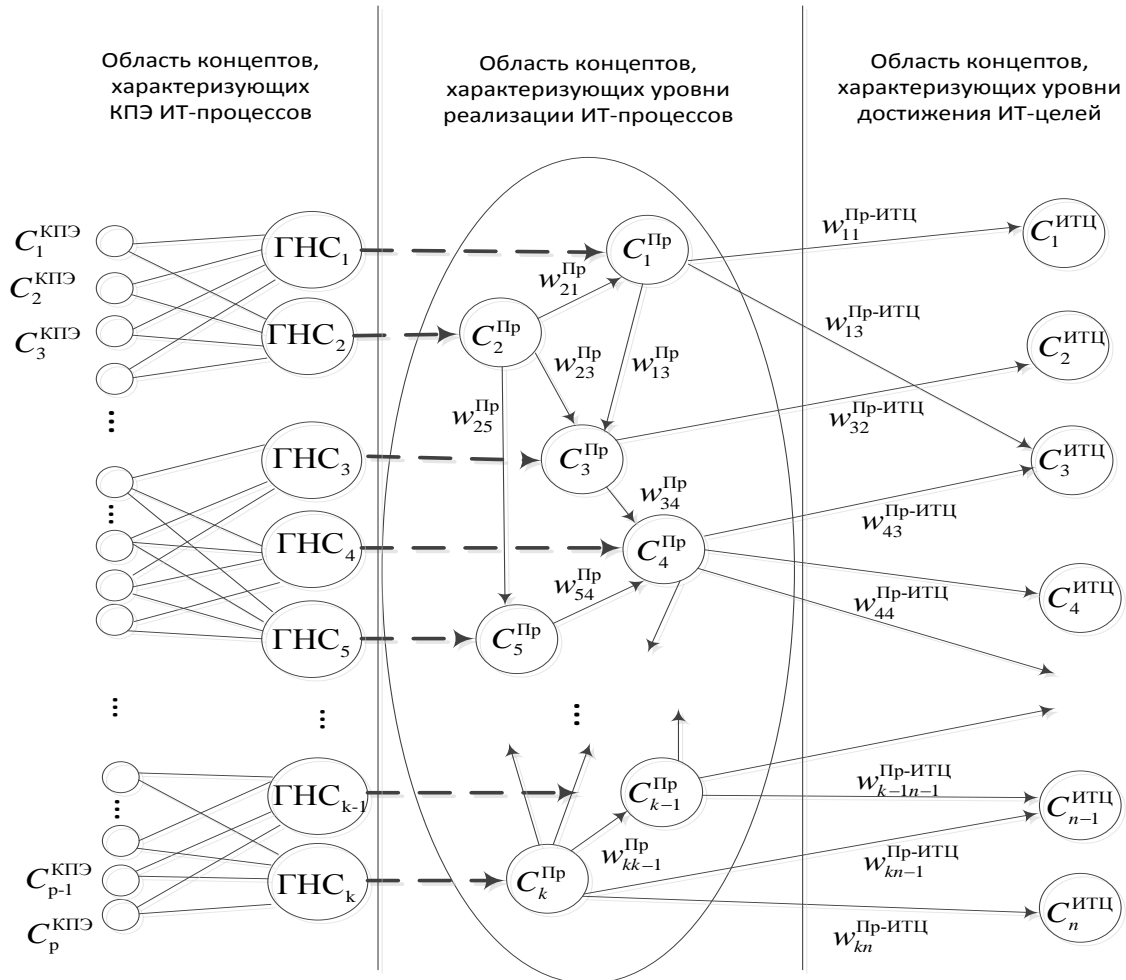


Рис. 2.3. Обобщенная структура нечёткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия

2.4 Исследование свойств нечёткой когнитивной модели

Моделирование представленной структуры (рис. 2.3) выполнено в среде MATLAB с пакетом расширения Fuzzy Logic Toolbox [81]. При этом система оценивания состояния ИТ-процессов по КПЭ была представлена в виде нейро-нечеткой пятислойной сети прямого распространения сигнала типовой структуры [95]. Количество входов напрямую зависит от исследуемого ИТ-

процесса. Другими словами, для каждого ИТ-процесса, протекающего в системе управления ИТ организации, строится свой нечеткий регулятор с прогнозирующей нейро-нечеткой сетью (ННС), в котором $C_i^{\text{КПЭ}}$ – входные параметры НСС (КПЭ ИТ-процесса), $i = \overline{1, n}$ (n – количество КПЭ, характеризующих исследуемый ИТ-процесс); $C^{\text{Пр}}$ – выходной параметр НСС (показатель, характеризующий состояние ИТ-процесса).

Для лингвистической оценки входных переменных $C_i^{\text{КПЭ}}$ используются четыре термина. В качестве терм-множества лингвистических переменных $C_i^{\text{КПЭ}}$ использовалось множество $Q^{\text{КПЭ}} = \{\text{«ниже SLA»}, \text{«критическое значение»}, \text{«рабочее значение»}, \text{«перевыполнение SLA»}\}$, которое записывалось в символическом виде как $Q^{\text{КПЭ}} = \{CN, CK, CR, CP\}$. Терм-множество выходной лингвистической переменной $C^{\text{Пр}}$ составляло множество значений уровней реализации ИТ-процесса $Q^{\text{Пр}} = \{\text{«низкий»}, \text{«критический»}, \text{«рабочий»}, \text{«высокой»}\}$, которое записывалось в символическом виде как $Q^{\text{Пр}} = \{q_j^{\text{Пр}}, j = 1, \dots, 4\}$. Система нечеткого вывода содержала 4 правила (в нейро-нечеткой системе ANFIS размерность терм-множества выходных переменных T_e должна быть равна количеству правил).

Ниже представлено назначение слоев моделируемой ГНС [66, 81].

Слой 1. Выполняет раздельную фазификацию, т.е. определяет нечеткие термы входных параметров. Выходы узлов этого слоя представляют собой значения ФП при конкретных значениях входов. Каждый узел слоя является адаптивным и описывается ФП $\mu_{A_j}(C_i^{\text{КПЭ}})$, где $C_i^{\text{КПЭ}}$ – вход i -го узла, A_j – лингвистическая переменная из терм-множества $T_{C^{\text{КПЭ}}}$, ассоциированная с данным узлом. Для термов входных переменных выбраны гауссовы ФП:

$$\mu_{A_j}(C_i^{\text{КПЭ}}) = \frac{1}{1 + \left(\frac{C_i^{\text{КПЭ}} - c_i}{\sigma_i} \right)^{2b_j}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.15)$$

где c_i, σ_i, b_i – параметры настройки ФП, подлежащие настройке в процессе обучения. Параметры этого слоя относятся к так называемым «параметрам предпосылок».

Слой 2. Определяет antecedentes (посылки) нечетких правил. Каждый узел соединен с узлами первого слоя, которые формируют правила вывода. Фиксированные узлы данного слоя перемножают входные сигналы с помощью выполнения нечеткой логической операции "И" на параметрах посылок правила. Каждому узлу этого слоя ставится в соответствие одно нечеткое правило. В нашем случае количество правил, а соответственно и узлов равно четырем. Выходами нейронов слоя являются степени истинности посылок каждого j -го правила базы знаний системы, вычисленные по формуле:

$$w_j = \min \left| \mu_{A_j} (C^{\text{КПЭ}}) \right|, j = 1, \dots, 4, \quad (2.16)$$

Слой 3. Осуществляет нормализацию степеней выполнения правил. Количество неадаптивных узлов этого слоя также равно четырем, каждый из которых рассчитывает относительную степень (вес) выполнения нечеткого правила по формуле:

$$\bar{w}_j = \frac{w_j}{\sum_j w_j}, j = 1, \dots, 4, \quad (2.17)$$

Слой 4. Адаптивные узлы четвертого слоя рассчитывают вклад каждого нечеткого правила в выход сети по формуле:

$$C_j^{\text{Пп}} = \bar{w}_j q_j^{\text{Пп}}, j = 1, \dots, 4, \quad (2.18)$$

Слой 5. Неадаптивный узел этого слоя суммирует вклады всех правил:

$$C^{\text{Пп}} = \sum_{j=1}^4 C_j^{\text{Пп}}, \quad (2.19)$$

Из приведенного описания следует, что ГНС содержит только два параметрических слоя (первый и третий), параметры которых уточняются в процессе обучения. Параметры первого слоя будем называть нелинейными параметрами, поскольку они относятся к нелинейной функции (2.15), а параметры третьего слоя – линейными весами. Обобщенная структура системы

ANFIS применительно к процедуре оценивания состояния ИТ-процесса по КПЭ представлена на рисунке 2.4.

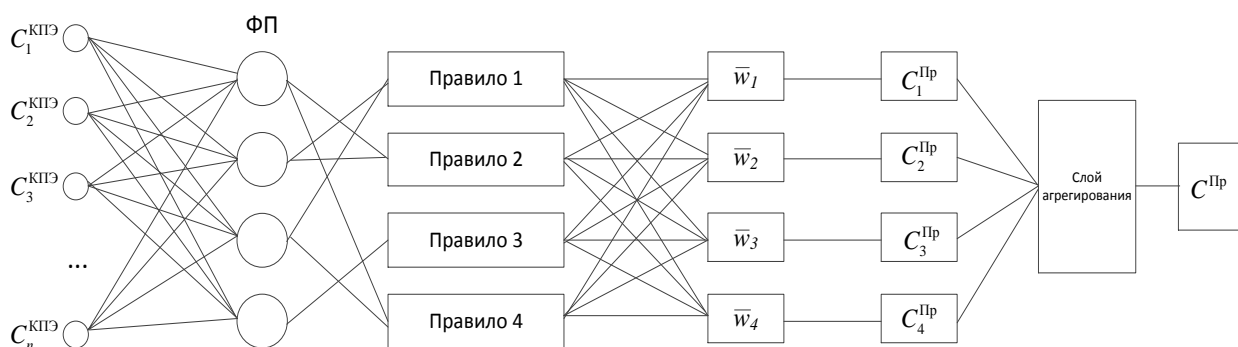


Рис. 2.4. Структура ANFIS для оценивания состояния ИТ-процесса по КПЭ

Для проверки точности данных, получаемых с помощью нейронечетких аппроксиматоров, сеть ANFIS была применена для оценивания состояния ИТ-процесса по КПЭ для следующего перечня процессов (из приложения): «Управление качеством» (APO11), «Управление эксплуатацией» (DSS01), «Обеспечение оптимизации рисков» (EDM03), «Управление проблемами» (DSS02), «Управление рисками» (APO12), «Управление доступностью и мощностью» (BAI04), «Управления программами и проектами» (BAI01), «Обеспечение оптимизации ресурсов» (EDM04).

Входные и выходной параметры сети ANFIS для процесса «Управление проблемами» (DSS02) приведены в таблице 2.3. Оценка качества работы ГНС при решении задачи оценивания состояния данного процесса по КПЭ производилась на основе экспериментальных данных, полученных с помощью программных решений IBM Tivoli. Данные решения компании IBM обладают мощными средствами по сбору и анализу статистики, а также средствами визуализации состояния параметров функционирования ИТ-инфраструктуры. В процессе эксперимента обрабатывались данные, полученные из отчетов аудиторских проверок, которые содержали сведения о различных видах запросов на обслуживание, проблемах и инцидентах, а также значения основ-

ных показателей системы управления ИТ-инфраструктурой и службы Service Desk.

Таблица 2.3. Входные и выходной параметры сети ANFIS процесса «Управление проблемами»

Входные параметры	Наименование параметра
$C_1^{КПЭ}$	Число решаемых проблем в настоящее время
$C_2^{КПЭ}$	Число инцидентов, разрешенных при помощи базы данных
$C_3^{КПЭ}$	Общее число инцидентов
$C_4^{КПЭ}$	Среднее число открытых проблем
$C_5^{КПЭ}$	Число проблем, не решенных в течение $T_{зад}$
$C_6^{КПЭ}$	Число инцидентов, решенных путем обучения пользователей
$C_7^{КПЭ}$	Число повторных проблем
$C_8^{КПЭ}$	Среднее время закрытия проблемы
$C_9^{КПЭ}$	Число RFC, инициированных процессом «Управления проблемами»
$C_{10}^{КПЭ}$	Процент проблем, по которым не выявлена первопричина
$C_{11}^{КПЭ}$	Затраты на решения проблем
Выходной параметр	Наименование параметра
$C^{Пр}$	Уровень реализации процесса DSS02

Система оценивания состояния процесса «Управления проблемами» содержит 11 входных и 1 выходной параметр. Программная реализация ГНС получена в *MATLAB Fuzzy Logic Toolbox* с использованием программной m-функции *anfis* на основе настроенной системы нечеткого вывода. В процессе обучения параметры узлов сети настраивались так, чтобы минимизировать стандартную ошибку (*RMSE*) – невязку между экспериментально измеренными показателями $C^{Пр*}$ и выходами сети $C^{Пр}$:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |C^{Пр*} - C^{Пр}|^2} \rightarrow \min, \quad (2.20)$$

где N – количество наблюдений в выборке обучающих данных.

M-функция обучения сети *anfis* для определения параметров ФП систем нечеткого вывода типа Сугено может использовать алгоритм обратного распространения ошибки или алгоритм гибридного обучения. Обучение параметров функций принадлежности гибридной нейро-нечеткой сети реализовано с применением метода обратного распространения ошибки, основанном на градиентном методе наискорейшего спуска.

При начальном значении шага 10^{-4} , заданного в направлении антиградиента критерия δ при изменении параметров ФП, обучающая выборка содержала $N = 200$ наблюдений. По результатам обучения ГНС получены следующие характеристики:

– для обучающего множества: средняя ошибка – $2,85 \times 10^{-1}$, максимальная ошибка – $4,97 \times 10^{-2}$, распознано – 91%;

– для тестового множества: средняя ошибка – $2,68 \times 10^{-1}$, максимальная ошибка – $6,23 \times 10^{-2}$, распознано – 89% (рис. 2.5).

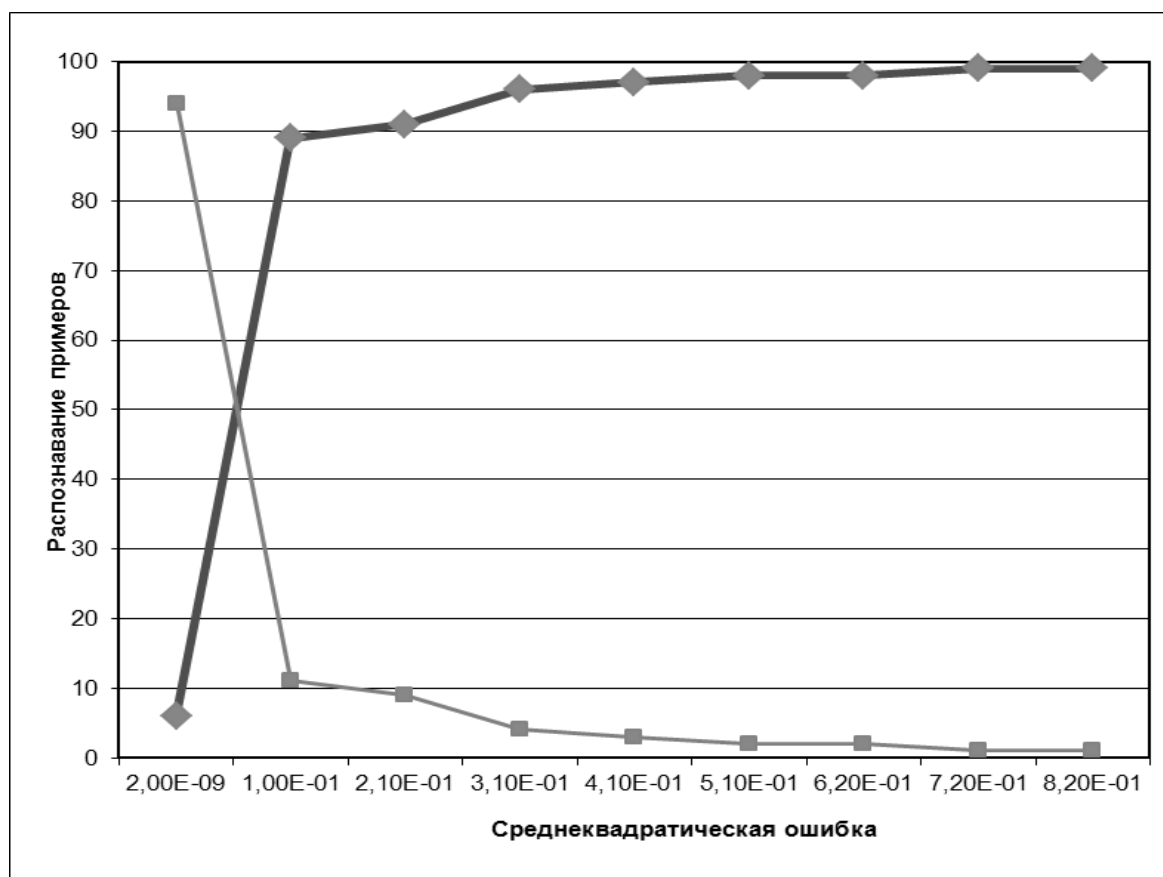


Рис. 2.5. Оценка качества работы ГНС

Сравнение результатов обучения, полученных с помощью разработанной моделью, показывает их хорошую согласованность с экспериментальными данными, полученными при оценивании состояния ИТ-процессов по КПЭ. Результаты оценки адекватности разработанной модели на основе оценки уровней достижения ИТ-целей, реализуемых группой компаний "Навигатор" (г. Орел) на этапе внедрения новых технологий и методов производства, представлены в п. 4.3.

2.5. Динамический анализ нечеткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей

На третьем этапе (рис. 2.1) производится динамический анализ полученной НКК, который позволяет спрогнозировать значения целевых концептов из множества $C^{\text{ИТЦ}}$ на заданный интервал планирования и заключается в разработке механизма влияния нескольких концептов-источников на концепт-приемник [12]. В качестве такого механизма предложено использовать подход, предполагающий взвешенное суммирование выходных значений концептов-источников с последующим нелинейным преобразованием результатов.

Шаг 1. Определение механизма влияния нескольких концептов-источников на уровне ИТ-процессов из множества $C^{\text{Пр}}$ на концепт-приемник на уровне ИТ-целей из множества $C^{\text{ИТЦ}}$.

Выходные значения концептов-приемников взвешенно суммируются и затем преобразуются нелинейной функцией f [27, 28], которая ограничивает результирующее значение концепта-приемника в заданном диапазоне:

$$C_j^{\text{ИТЦ}} = f\left(\sum_{i=1}^R w_{ij}^{\text{ИТЦ-Пр}} C_i^{\text{Пр}}\right), \quad (2.21)$$

где $w_{ij}^{\text{ИТЦ-Пр}}$ – вес влияния концепта $C_i^{\text{Пр}}$ на концепт $C_j^{\text{ИТЦ}}$, R – число концептов-источников, непосредственно влияющих на концепт j .

Нелинейная функция f используется для нормализации результата вычислений в диапазоне $[0, 1]$:

$$f(x) = 1 / (1 + e^{-\lambda x}), \quad \lambda > 0. \quad (2.22)$$

Шаг 2. Задание модели динамики НКК.

Предлагаемая модель динамики НКК с учетом отдельного влияния ИТ-процессов на уровни достижения ИТ-целей предприятия имеет следующий вид:

$$C_j^{\text{ИТЦ}}(t+1) = f\left(\sum_{i=1}^R w_{ij}^{\text{ИТЦ-Пр}} C_i^{\text{Пр}}(t)\right), \quad (2.23)$$

где $t = 1, 2, \dots, n$ – дискретные моменты модельного времени.

Однако при разработке модели динамики НКК помимо задания изменения целевых концептов из множества $C^{\text{ИТЦ}}$ за счет концептов из множества $C^{\text{Пр}}$ необходимо учесть влияния ИТ-процессов друг на друга, выявленные методами факторного и корреляционного анализа, а также зависимость уровней реализации ИТ-процессов от значений КПЭ, построенных с помощью нейро-нечетких аппроксиматоров. Таким образом, для случая комплексного влияния концептов из множеств $C^{\text{КПЭ}}$ и $C^{\text{Пр}}$ на уровень достижения ИТ-целей модель динамики НКК примет следующий вид:

$$C_j^{\text{ИТЦ}}(t+1) = f\left[\sum_{i=1}^{R_{\text{Пр}}} w_{ij}^{\text{ИТЦ-Пр}} C_i^{\text{Пр}}(t) + \sum_{i=1}^{R_{\text{Пр}}} w_{ij}^{\text{Пр}} C_i^{\text{Пр}}(t) + \sum_{i=1}^{R_{\text{КПЭ}}} w_{ij}^{\text{Пр-КПЭ}} C_i^{\text{КПЭ}}(t)\right], \quad (2.24)$$

где $w_{ij}^{\text{Пр}}$ – веса влияния концепта $C_i^{\text{Пр}}$ на концепт $C_j^{\text{Пр}}$; $w_{ij}^{\text{Пр-КПЭ}}$ – веса влияния концептов $C_i^{\text{КПЭ}}$ на концепт $C_j^{\text{Пр}}$; $R_{\text{Пр}}, R_{\text{КПЭ}}$ – число концептов-источников из множества $C^{\text{КПЭ}}$, влияющих на концепт $C_j^{\text{ИТЦ}}$.

Выполнение третьего этапа (рис. 2.1) позволяет спрогнозировать состояние целевого концепта из множества $C^{\text{ИТЦ}}$ на временных отрезках. Интервал модельного времени n выбирается в соответствии с принятым в организации горизонтом планирования.

Результатом выполнения трех этапов (рис. 2.1) является модель, которая позволяет проводить анализ как отрицательного, так и положительного

влияний на принятую на предприятии стратегию развития ИТ в дискретном времени, которое будет выражаться в улучшении или ухудшении состояния целевых показателей ИТ-стратегии.

2.6. Выводы по второй главе

Формализована процедура оценивания обеспеченности ИТ-стратегии предприятия в нотации IDEFO, выделены основные этапы и особенности.

В соответствии с основными принципами стратегического планирования и управления ИТ на предприятии, обоснована конструктивность модели оценки обеспеченности ИТ-стратегии с применением НКМ как наиболее соответствующей принципам сбалансированного формирования и реализации ИТ-целей предприятия.

На основании анализа подходов к автоматизации мониторинга параметров функционирования ИТ-инфраструктуры, предложен подход к оцениванию состояния ИТ-процессов по КПЭ на основе аппарата гибридных нейронных сетей.

Для формирования структуры нейро-нечеткой сети идентификации обосновано применение системы нечеткого вывода типа Сугено. Проведена оценка параметров нейро-нечетких аппроксиматоров на фрагменте данных собранного продукта IBM Tivoli. Результаты, полученные с помощью нейро-нечетких аппроксиматоров, показали их хорошую согласованность с экспериментальными данными.

Полученная модель оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия, основанная на применении нечеткого когнитивного моделирования и аппарата гибридных нейро-нечетких сетей, позволила учесть неопределенность воздействия среды как случайного, так и игрового характера.

3. АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ЗНАЧЕНИЯМ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-ПРОЦЕССОВ

3.1. Подходы к обеспечению устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования.

Качественный анализ когнитивной модели (содержания составляющих ее блоков, целевых и управляющих факторов, анализ путей и циклов, причинно-следственных связей и их характера) не раскрывает всей глубины явлений и процессов, протекающих в реальной системе. Поэтому следующим этапом исследования является моделирование импульсного процесса распространения возмущений, т.е. перехода системы из одного состояния в другое либо эволюционным путем, либо под воздействием управляющих или возмущающих воздействий.

Каждый такой импульсный процесс является возможным сценарием развития системы. Этот способ изучения динамики процессов проще, чем аналитическое исследование моделей поведения в виде систем дифференциальных уравнений, которые затруднительно строить для слабо формализуемых систем и систем большой размерности. Кроме того, импульсное моделирование на когнитивных картах, являющихся "внешним" описанием систем, позволяет изучать тенденции динамических изменений для всей системы в целом.

Для проведения импульсного моделирования в одной из вершин графа задается определенное изменение. Эта вершина актуализирует всю систему показателей, т.е. связанных с ней в большей или меньшей степени вершин. В общем случае, если имеется несколько вершин V_j , смежных с V_i , то процесс распространения возмущения по графу при наличии внутренних импульсов P_j и отсутствии внешних возмущений определяется правилом:

$$X_i^{n+1} = X_i^n + \sum_j f(X_i, X_j, e_{ij}) P_j^n, \quad (3.1)$$

при известных начальных значениях $X_{n=0}$ во всех вершинах и начальном векторе возмущения P_0 . При наличии внешних возмущений Q_i импульсный процесс определяется правилом:

$$X_{i, n+1} = X_{i, n} + \sum_j f(X_i, X_j, e_{ij}) P_j n + Q_i n+1. \quad (3.2)$$

Модель импульсных процессов может быть представлена в матричном виде, что удобнее при моделировании на знаковых графах. Пусть вектор параметров вершин в момент времени t задается уравнением (3.2). Тогда изменения параметров вершин в общем случае задаются следующим уравнением:

$$X_{i, n+1} = X_{i, n} + AP_j n + Q_i n+1, \quad (3.3)$$

где A – матрица отношений графа G когнитивной карты. Получим из уравнения (3.3) с учетом (3.2) для P_n :

$$P_n \stackrel{\text{def}}{=} A^{n-1}Q_0 + A^{n-2}Q_1 + \dots + AQ_{n-2} + IQ_{n-1}, \quad (3.4)$$

где I – единичная матрица.

Анализ устойчивости системы, моделируемой взвешенным ориентированным графом, требует применения специфического математического аппарата. Рассмотрим уже существующие результаты такого анализа [55], чтобы адаптировать их к анализу устойчивости разработанной модели.

При исследовании устойчивости взвешенного ориентированного графа (НКК) исследуется устойчивость по значению и устойчивость по возмущению системы по мере ее эволюции. Взвешенный орграф устойчив по возмущению (значению), если каждая его вершина обладает этим свойством. Устойчивость по возмущению не означает наличия устойчивости по значению, хотя обратное и справедливо. Между введенными понятиями устойчивости, соответствующей внутреннему описанию, и устойчивостью систем типа "черный ящик" (внешнее описание) имеет место явная аналогия, хотя имеется принципиальное существенное отличие в математическом описании. Представим понятия алгебраического критерия устойчивости по возмущению и начальному значению и рассмотрим связь устойчивости графа с его

топологической структурой, опираясь на известные работы [55, 75]. Осново- полагающим представлением при разработке критериев устойчивости графов является представление о характеристических значениях матрицы отноше- ний графа – когнитивной модели системы [75]. Пусть матрица взаимосвязи A для графа определена следующим образом:

$$A = [a_{ij}], \quad a_{ij} = f(V_i, V_j), \quad ij = 1, 2, \dots, n, \quad (3.5)$$

где V_i, V_j – вершины графа, $f(V_i, V_j)$ – весовая функция.

Характеристические значения графа определяются как собственные значения матрицы A (собственные значения – это корни характеристическо- го многочлена матрицы, $Y(\lambda) = |\lambda I - A|$ – характеристическая матрица для A ; λ – независимая переменная; I – единичная матрица).

Теорема о распространении возмущения. Для простого процесса рас- пространения возмущения, начинающегося в вершине V_j , имеем:

$$P_j(t) = [A^t]_{ij}, \quad X_j(t) = X_j(0) + [I + A + A^2 + \dots + A^t]_{ij} \quad (3.6)$$

где A – матрица отношений для данного орграфа, $[A^t]_{ij}$ – элемент соответ- ствующей матрицы, стоящий на пересечении i -строки и j -столбца.

Положение равновесных состояний и соответствующих областей при- тяжения зависит от динамических свойств изучаемой системы и может изме- няться. Оценка динамических свойств предполагает определение диапазона изменений показателей системы к смещению состояния равновесия.

Следовательно, в отличие от классической теории устойчивости, не рассматривавшей изменения в системе, а только возмущения в окружающей среде, необходимо изучать проблемы устойчивости при структурных изме- нениях самой системы – эти изменения, даже малые, могут привести к рез- ким качественным изменениям в дальнейшем поведении системы. Существу- ет "комбинированное" понятие устойчивости, сочетающее классические идеи Ляпунова с комбинаторно-топологическим подходом.

При изучении связной устойчивости задача формулируется так: «Останется ли состояние равновесия данной системы устойчивым в смысле Ляпунова вне зависимости от двойных связей между состояниями системы?»

Состояние равновесия $X = 0$ считается связноустойчивым, если оно устойчиво по Ляпунову для всех возможных матриц взаимосвязи A . Изучение связной устойчивости имеет практическое значение, особенно при исследовании организационно-технических систем, таких как система управления ИТ предприятия.

Это обуславливается тем, что при описании процессов в этих системах наличие или отсутствие данной связи не всегда может быть очевидным вследствие нарушений работы самой системы, наличия возмущений, известной субъективности математической модели системы. Центральным элементом современных взглядов на устойчивость является понятие структурной устойчивости, которое рассмотрим далее.

Основной задачей исследования структурной устойчивости является выявление качественных изменений в траектории движения системы при изменениях структуры самой системы, т.е. изучается поведение системы по отношению всех "близких" к ней аналогичных систем.

Возникает необходимость рассматривать группу систем, "близких" к некоторой стандартной, т.е. мы имеем дело с семейством траекторий, которое необходимо исследовать. В такой ситуации говорят о структурной устойчивости [55].

Систему называют структурно устойчивой, если топологический характер траекторий всех близких к ней систем такой же, как у стандартной. Таким образом, свойство структурной устойчивости состоит в том, что рассматриваемая система ведет себя почти так же, как и близкие к ней; в противоположном случае – система структурно неустойчива.

Уровень структурной устойчивости характеризует обобщенные сведения о степени устойчивости системы или отдельных ее элементов к внешним и внутренним возмущениям заданной природы (воздействия среда). Цен-

тральным элементом понятия "структурной устойчивости" является выделение и анализ качественных изменений в траектории движения системы в фазовом пространстве при изменении структуры самой системы.

Можно выделить две группы методов математического анализа структурной устойчивости модели, записанных на языке знаковых орграфов. Первый основан на ряде теорем, связывающих спектр орграфа с его устойчивостью в простых импульсных процессах, второй – на преобразовании исходного знакового орграфа в матричную модель с подробным анализом последней.

Структурная устойчивость системы может быть установлена путем анализа циклов НКК. Для этого применяется статический метод анализа НКК, который позволяет исследовать силы и согласованности взаимовлияний между концептами НКК. Результатом статического метода анализа будет выделение согласованных контуров влияния на уровни достижения частных ИТ-целей. В связи с этим статический метод анализа НКК может быть положен в основу процедуры обоснования альтернативных сценариев обеспечения устойчивости целевых концептов НКК.

Ввиду того, что в проводимом исследовании целевыми концептами НКК являются уровни достижения ИТ-целей предприятия, на которые оказывают влияния значения КПЭ ИТ-процессов, то необходимо обосновать требования к последним, которые бы позволили обеспечить устойчивость ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования. Дополнительно необходимо сформировать вектор требуемых значений к целевым показателям ИТ-стратегии (уровням достижения ИТ-целей) с помощью метода экспертных оценок применительно к структуре и профилю предприятия.

С учетом того, что разработанная НКМ позволяет «построить» зависимости между КПЭ ИТ-процессов и ИТ-целями, а описанные выше процедуры – получить вектор требуемых значений к целевым концептам НКК и провести ее статический анализ, стало возможным разработать алгоритм формирования требований к КПЭ ИТ-процессов.

Предлагаемый подход к обеспечению устойчивости ИТ-стратегии предприятия заключается в разработке процедуры формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов на основе балансировки их согласованного влияния на прогнозируемые уровни достижения ИТ-целей с применением методов эволюционных вычислений. Разработанный подход предполагает учет ограничений на общий объем ИТ-ресурсы, которыми располагает предприятие, в условиях неопределенности воздействия среды

Функционально процедура формирования требований к КПЭ ИТ-процессов в соответствии с нотацией IDEF0 может быть представлена в виде последовательного выполнения трех этапов (рис. 3.1).

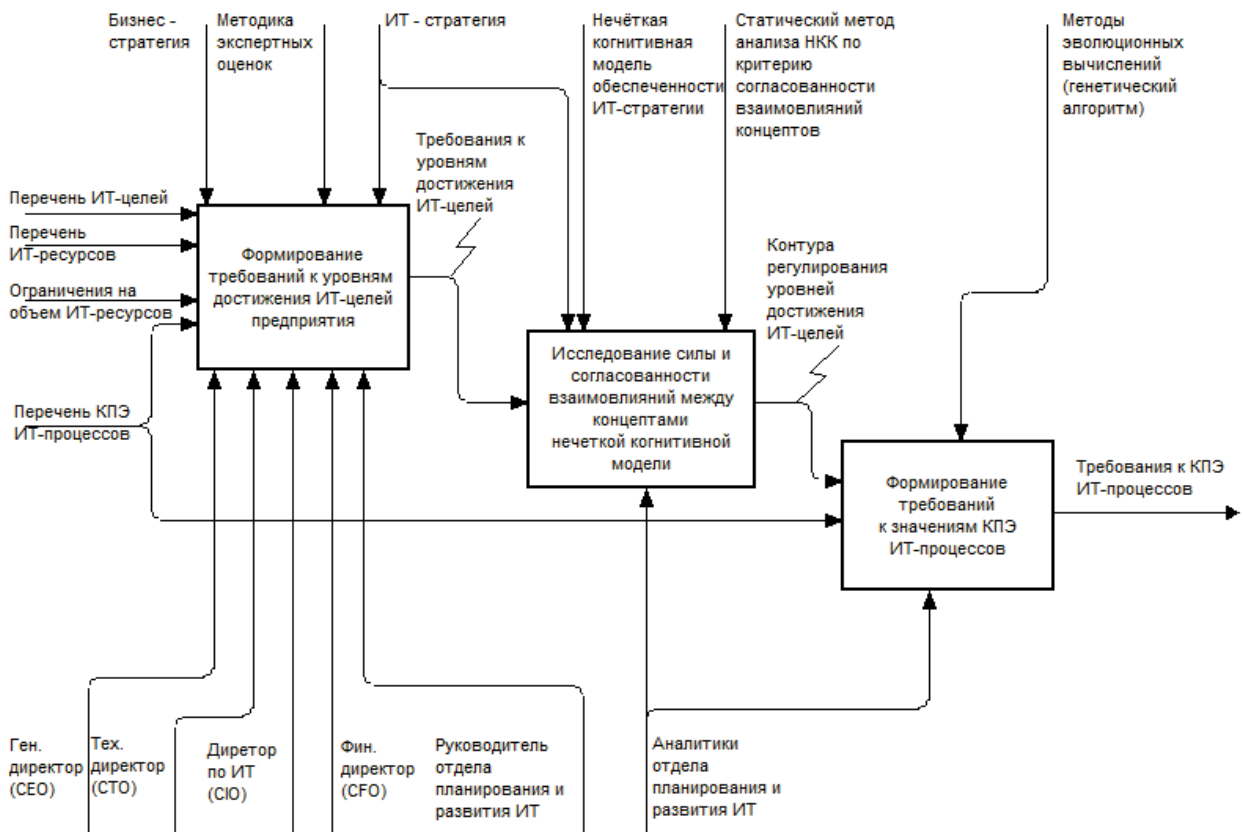


Рис. 3.1. Функциональная модель процедуры формирования требований к КПЭ ИТ-процессов

3.2. Формирование требований к уровням достижения ИТ-целей предприятия

Решение задачи формирования требований к уровням достижения ИТ-целей предприятия включает процедуру ранжирования по критерию важности и введение ограничений на относительный уровень приращений значений уровней на заданном интервале планирования для обеспечения управляемости траектории изменения целевых показателей ИТ-стратегии во времени.

Исходными данными являются:

n – число ИТ-целей предприятия;

m – число видов ИТ-ресурсов, которые задействуются для обеспечения ИТ-целей предприятия;

a_{ij} – коэффициент, который показывает потребность i -й ИТ-цели, в j -м типе ИТ-ресурса для изменения уровня оценки i -й ИТ-цели на одну условную единицу;

b_j – ограничение на общий объем ИТ-ресурса j -го типа;

q_i – оценка относительной важности i -й ИТ-цели для обеспечения требуемого уровня ИТ-стратегии предприятия;

x_i – управляющие переменные, определяющие оценку i -й ИТ-цели по j -му типу ИТ-ресурса в условных единицах.

Задача формирования требований к уровню достижения ИТ-целей может быть сформулирована следующим образом: найти план распределения ИТ-ресурсов $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, максимизирующий суммарный выигрыш:

$$F(X) = \sum_{i=1}^n \phi_i(x_i). \quad (3.7)$$

Область допустимых решений определяется ограничениями по типам ресурсов для обеспечения ИТ-целей на предприятии и условиями неотрицательности управляющих переменных:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2, \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m; \\ x_i \geq 0, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (3.8)$$

Задача в такой постановке решается известными методами [49, 91]. В самом простейшем частном случае, когда параметр q_i интерпретируется как доход от достижения i -й ИТ-цели, можно задать критерий оптимальности и выражение (3.7) можно упростить к виду:

$$Q(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n q_i x_i \rightarrow \max. \quad (3.9)$$

Система уравнений (3.8) содержит n неизвестных (управляющих переменных) и m ограничений, не считая условий не отрицательности переменных x_i .

Для получения решения необходимо произвести параметрическую идентификацию введенных показателей a_{ij} , q_i и x_i . На этом этапе существенной проблемой является наличие неопределенности, связанной с необходимостью сопоставления с качественными уровнем ИТ-целей количественных значений потребности в ресурсах. Необходимо определить абсолютное значение приращения ресурса для обеспечения качественного уровня ИТ-цели. Решение поставленной задачи определения относительного уровня ресурса для изменения частной оценки ИТ-цели на одну градацию может быть выполнено на основе построения ФП, формируемых группой экспертов и операций над нечеткими множествами.

Оценки относительной важности ИТ-целей q_i получены с помощью метода анализа иерархий (МАИ), предложенного Т. Саати [25] и позволяющего назначить "веса" конечному набору N сравниваемых объектов на основе матрицы парных сравнений [26, 96].

В соответствии с МАИ экспертами формируется так называемая матрица парных сравнений A , а весовой вектор-столбец $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)^T$ вычисляется как собственный вектор этой матрицы, отвечающий максимальному собственному значению. Найденный таким способом вектор q имеет положительные компоненты и является искомым весовым вектором.

Необходимо определить матрицу относительных весов и проверить ее свойства. Пусть задан набор из n ИТ-целей, которые обозначим A_1, A_2, \dots, A_n . Предположим, что каждому объекту A_k поставлено в соответствие определенное положительное число q_k , которое выражает степень важности для ИТ-стратегии организации. Это число будем именовать весом объекта A_k , $k = 1, 2, \dots, n$. Образует матрицу относительных весов

$$A = a_{ij} \quad n \times n = \begin{pmatrix} q_1/q_1 & q_1/q_2 & \dots & q_1/q_n \\ q_2/q_1 & q_2/q_2 & \dots & q_2/q_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_n/q_1 & q_n/q_2 & \dots & q_n/q_n \end{pmatrix}. \quad (3.10)$$

Каждый элемент a_{ij} матрицы относительных весов A представляет собой отношение веса i -го объекта A_i к весу j -го объекта A_j . Требуется определить положительные числа q_1, q_2, \dots, q_n , которые удовлетворяют дополнительному условию нормировки $q_1 + q_2 + \dots + q_n = 1$, которые выражают веса ИТ-целей.

Справедливы следующие высказывания (свойства матрицы относительных весов A), которые нетрудно проверить непосредственно.

1) Все элементы матрицы A положительны, т.е. $a_{ij} = q_i/q_j > 0$ для всех номеров $i, j = 1, 2, \dots, n$.

2) Матрица A обратна симметрична, т.е. ее элементы, расположенные симметрично относительно главной диагонали, являются обратными по от-

ношению друг к другу: $a_{ij} = \frac{q_i/q_j}{q_i/q_j} = \frac{1}{a_{ji}}$ для всех номеров $i, j = 1, 2, \dots, n$.

В частности, все элементы, расположенные на главной диагонали, равны единице, т.е. $a_{ii} = \frac{q_i}{q_i} = 1, i = 1, 2, \dots, n$.

3) Матрица A обладает свойством совместности, в том смысле, что имеют место равенства $a_{ik}a_{kj} = \frac{q_i}{q_k} \frac{q_k}{q_j} = \frac{q_i}{q_j} = a_{ij}$ для всех номеров $i, j, k = 1, 2, \dots, n$.

4) Число n является максимальным собственным значением матрицы A , а вектор-столбец $q = q_1, q_2, \dots, q_n^T$ – единственным (если он нормирован) соответствующим (правым) собственным вектором, т.е.

$$Aq = nq. \quad (3.11)$$

Тем самым, устанавливается, что искомый весовой вектор и матрица A необходимо удовлетворяют всем перечисленным свойствам.

В силу первых двух свойств, диагональные элементы матрицы парных сравнений известны и равны единице. Далее производится сравнение веса первого объекта большего веса второго объекта. В результате такого сравнения эксперт назначает некоторое положительное число a_{12} . после выполнения сравнения первого объекта с остальными будут назначены положительные числа $a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1n}$. остальные элементы матрицы парных сравнений можно найти на основе свойств 2 и 3 матрицы парных сравнений. Благодаря этим свойствам имеют место равенства

$$a_{ij} = a_{i1} a_{1j} = \frac{a_{1j}}{a_{i1}}, \quad i = 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (3.12)$$

с помощью которых однозначно вычисляются элементы остальных строк матрицы A . Таким образом, матрица A , построенная на основе элементов первой строки согласно выражения (3.12), будет удовлетворять свойству совместности, так как для всех номеров $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ выполнено

$$a_{ik}a_{kj} = \frac{a_{1k}}{a_{i1}} \frac{a_{1j}}{a_{1k}} = \frac{a_{1j}}{a_{i1}} = a_{ij}. \quad (3.13)$$

Поскольку матрица относительных весов имеет только два различных собственных значения – 0 и n , то равенство (3.13) после введения обозначения $\lambda_{\max} = \max\{0, n\}$ формально можно переписать в форме

$$Aq = \lambda_{\max} q. \quad (3.14)$$

где λ_{\max} – максимальное собственное значение матрицы попарных сравнений A , которое удовлетворяет неравенству $\lambda_{\max} \geq n$.

Затем решается однородная система линейных уравнений $(A - \lambda_{\max} E)q = 0$ относительно вектора w , равносильная (3.14). Найденный таким способом вектор q имеет положительные компоненты и является искомым весовым вектором. В результате получаем весовые коэффициенты, позволяющие ранжировать перечень ИТ-целей в соответствии с критерием важности для обеспечения ИТ-стратегии. Этот результат определяет приоритет в распределении ресурсов на поддержание ИТ-процессов, которые формируют наиболее значимые ИТ-цели предприятия.

При этом в нашем случае при решении (3.14) возникают проблемы, т. к. параметры q_i не могут быть определены точно. Проанализируем ситуацию, когда решение задачи формулируется в терминах нечеткой математики.

Для описания меры неопределенности каждого нечеткого значения оценки q_i относительной важности i -й ИТ-цели вводится функция принадлежности $\mu_i(q_i), i = \overline{1, n}$. Таким образом, сформулированная выше задача (3.14) преобразуется к виду нечеткой задачи линейного программирования, решение которой в общем виде сводится к следующему [23, 89].

Выберем некоторый уровень принадлежности δ и для всех нечетких параметров задачи q_i найдем интервалы значений такие, что

$$\mu_i(q_i) \geq \delta, i = \overline{1, n}. \quad (3.15)$$

Поскольку функции принадлежности нечетких чисел q_i – выпуклы вверх, то левые и правые границы интервалов возможных значений q_i , удовлетворяющих (3.15), отыскиваются из уравнений, имеющих по два корня:

$$q_i = \mu_i^{-1}(\delta), i = \overline{1, n}. \quad (3.16)$$

Теперь задача сводится к следующей четкой задаче математического программирования: найти наборы $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$, максимизирующие (3.14) и удовлетворяющие ограничениям:

$$q_i \in [q_{i\min}(\delta), q_{i\max}(\delta)] \quad (3.17)$$

где $\mu_i(q_{i\min}(\delta)) = \mu_i(q_{i\max}(\delta)) = \delta, i = \overline{1, n}$.

Тогда, если задана задача линейного программирования с целевой функцией (3.14), которую нужно максимизировать, и ограничениями (3.17), то ее можно преобразовать к нечеткому виду. В результате чего параметры $q_i, i = \overline{1, n}$, целевой функции задаются нечетко своими ФП:

$$\mu_i(q_i) = \exp\left\{-\frac{(q_i - \bar{q}_i)^2}{2\sigma^2}\right\}, i = \overline{1, n}. \quad (3.18)$$

Требуется найти решение $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, обеспечивающее заданную степень принадлежности получаемого нечеткого значения целевой функции:

$$x_i^* = \frac{\bar{q}_i / \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^n a_i q_i / \sigma_i^2} b, i = \overline{1, n}. \quad (3.19)$$

Используя подход, предложенный в работе [92], на основании выражения (3.19) получим численное решение нечеткой задачи линейного программирования с заданным уровнем принадлежности значения целевой функции на оптимальном наборе.

3.3. Исследование силы и согласованности взаимовлияний между концептами нечеткой когнитивной модели

Статическое моделирование, в рамках которого производится вычисление и анализ значений целевых показателей ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования, связано с исследованием силы и согласованности взаимовлияний между концептами [98] нечеткой когнитивной мо-

дели при условии наличия или отсутствия непосредственной взаимосвязи между концептом, системой и средой. Для решения этой задачи необходимо учесть все опосредованные взаимовлияния концептов друг на друга на основании применения операции нечеткого транзитивного замыкания.

Результатом данной операции является переход, от когнитивной матрицы W к транзитивно замкнутой матрице V элементами которой являются пары (v_{ij}, \bar{v}_{ij}) . На основе матрицы V могут быть рассчитаны системные показатели полученной нечёткой когнитивной карты. Обозначенная процедура может быть представлена в виде следующего алгоритма/

Шаг 1. Оценка влияния (воздействия) i -го концепта на систему, где под воздействием понимается доминирующее по силе влияние между концептами:

$$\vec{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij}, \quad (3.20)$$

$$p_{ij} = \text{sign}(v_{ij} + \bar{v}_{ij}) \max(|v_{ij}|, |\bar{v}_{ij}|), |v_{ij}| \neq |\bar{v}_{ij}|, \quad (3.21)$$

где p_{ij} – совокупное влияние (воздействие) i -го концепта на j -й, v_{ij} – сила положительного влияния i -го концепта на j -й, \bar{v}_{ij} – сила отрицательного влияния i -го концепта на j -й.

Оценка влияния (воздействия) системы на j -й концепт:

$$\bar{P}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{ij}. \quad (3.22)$$

Шаг 2. Оценка консонанса влияния i -го концепта на систему, который выражает меру доверия к знаку и силе воздействия: чем выше консонанс, тем убедительнее мнение:

$$\vec{C}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{ij}, \quad (3.23)$$

$$c_{ij} = \frac{|v_{ij} + \bar{v}_{ij}|}{|v_{ij}| + |\bar{v}_{ij}|}, \quad (3.24)$$

где c_{ij} – совокупное влияния i -го концепта на j -й.

Оценка консонанса влияния системы на j -й концепт:

$$\bar{c}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{ij}. \quad (3.25)$$

Шаг 3. Определение показателей $\vec{c}_{ij}, \vec{p}_{ij}, \vec{n}_{ij}$ консонанса взаимного влияния i -го и j -го концептов, взаимного положительного и отрицательного влияния:

$$\vec{c}_{ij} = \vec{c}_{ji} = \frac{|(v_{ij} + v_{ji}) + (\bar{v}_{ij} + \bar{v}_{ji})|}{|(v_{ij} + v_{ji})| + |(\bar{v}_{ij} + \bar{v}_{ji})|}, \quad (3.26)$$

$$\vec{p}_{ij} = \vec{p}_{ji} = S(v_{ij}, v_{ji}), \quad (3.27)$$

$$\vec{n}_{ij} = \vec{n}_{ji} = -S(|v_{ij}|, |v_{ji}|), \quad (3.28)$$

где S – соответствующая S -норма (операция максимума).

Шаг 4. На основе показателей $\vec{c}_{ij}, \vec{p}_{ij}, \vec{n}_{ij}$ строятся матрицы $\vec{C} = |\vec{c}_{ij}|_{n \times n}, \vec{P} = |\vec{p}_{ij}|_{n \times n}, \vec{N} = |\vec{n}_{ij}|_{n \times n}$, называемые соответственно когнитивными матрицами совместного консонанса, положительного и отрицательного взаимного влияния.

Шаг 5. Выбор типа отношений между концептами и определение критерия среза значений α . Результатом является бинарная матрица предпочтений классов взаимосвязанных концептов, характеризующих уровень устойчивости ИТ-цели, выбранной для анализа, относительно требуемого. На основе анализа системных показателей и α -срезов выделяются способствующие и препятствующие концепты, а также степень и достоверность их влияния.

Шаг 6. Определение условий генерации альтернатив обеспечения устойчивости, приближающих состояние ИТ-целей к требуемому целевому состоянию, осуществляется путем решения обратной задачи когнитивного моделирования. Альтернатива представляет собой вектор воздействий на управляемые концепты. На остальные концепты осуществляется опосредованное влияние.

Чтобы отнести управляемый концепт $e_i \in E$ к подмножеству способствующих или препятствующих концептов, необходимо для каждой пары $e_i \in E_c$ и $e_j \in E_T$ проверить выполнение следующий условий [62, 76].

1. Управляющий концепт e_i относится к *способствующим (препятствующим)*, **ЕСЛИ** целевой концепт e_j необходимо *увеличить (уменьшить)*
И,

– $p_{ij} \geq p_d$ и $c_{ij} \geq c$ (концепт e_i оказывает положительное влияние на концепт e_j с силой большей или равной p_d , и консонанс влияния больше или равен c) **ИЛИ**;

– $\bar{P}_i \geq p_m$ и $\bar{P}_j \geq p_m$ и $\bar{C}_i \geq c$ и $\bar{C}_j \geq c$ (концепт e_i оказывает положительное влияние на систему с силой, большей или равной p_m , система оказывает положительное влияние на концепт e_j с силой, большей или равной p_m , и консонанс этих влияния больше или равен c) **ИЛИ**;

– $\bar{P}_i \leq -p_m$ и $\bar{P}_j \leq -p_m$ и $\bar{C}_i \geq c$ и $\bar{C}_j \geq c$ (концепт e_i оказывает отрицательное влияние на систему с силой, большей или равной p_m , система оказывает отрицательное влияние на концепт e_j с силой, большей или равной p_m , и консонанс этих влияния больше или равен c) **ИЛИ**;

– $\vec{p}_{ij} \geq p_d$ и $\vec{c}_{ij} \geq c$ (совместное положительное влияние концептов e_i и e_j больше или равно p_d и консонанс этого влияния больше или равен c).

2. Управляющий концепт e_i относится к *препятствующим (способствующим)*, **ЕСЛИ** целевой концепт e_j необходимо *увеличить (уменьшить)*
И,

– $p_{ij} \leq -p_d$ и $c_{ij} \geq c$ (концепт e_i оказывает отрицательное влияние на концепт e_j с силой большей или равной p_d , и консонанс влияния больше или равен c);

– $\bar{P}_i \leq -p_m$ и $\bar{P}_j \geq p_m$ и $\bar{C}_i \geq c$ и $\bar{C}_j \geq c$ (концепт e_i оказывает отрицательное влияние на систему с силой, большей или равной p_m , система оказывает

положительное влияние на концепт e_j с силой, большей или равной p_m , и консонанс этих влияния больше или равен c);

– $\bar{P}_i \geq p_m$ и $\bar{P}_j \leq -p_m$ и $\bar{C}_i \geq c$ и $\bar{C}_j \geq c$ (концепт e_i оказывает положительное влияние на систему с силой, большей или равной p_m , система оказывает отрицательное влияние на концепт e_j с силой, большей или равной p_m , и консонанс этих влияний больше или равен c);

– $\vec{n}_{ij} \geq p_d$ и $\vec{c}_{ij} \geq c$ (совместное отрицательное влияние концептов e_i и e_j больше или равно p_d и консонанс этого влияния больше или равен c),

ИНАЧЕ управляющий концепт e_i , является нейтральным.

Шаг 7. Отбор сгенерированных альтернатив выполняется в соответствии с целью, которая задается вектором требуемых значений целевых концептов в процессе динамического моделирования.

Далее из множества базовых альтернатив Y необходимо выбрать подмножество $Y_N \in Y$ не доминирующих альтернатив.

Альтернатива y_i превосходит альтернативу y_j , если для всех целевых концептов $e_k \in E_t$ выполняются неравенства:

– $\Delta e_{it} \geq \Delta e_{jt}$, где Δe_{it} – изменение значения i -го концепта, полученное в результате реализации альтернативы y_i , Δe_{jt} – изменение значения j -го концепта, полученное в результате реализации альтернативы y_j , на заданном интервале планирования t , и,

– $|y_{ki}| \geq |y_{kj}|$, где y_{ki} – уровень управляющего воздействия на k -й концепт при реализации альтернативы y_i , y_{kj} – управляющее воздействие на k -й концепт при реализации альтернативы y_j .

В результате формирования множества недоминирующих альтернатив $Y_N \in Y$ и множества значений конечных целевых концептов e_{it} производится выбор доминирующей стратегии обоснования показателей устойчивости ИТ-стратегии.

3.4. Формирование требований к значениям ключевых показателей эффективности ИТ-процессов

Для формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов с учетом минимизации отклонений значений ИТ-целей от требуемого значения на заданном интервале планирования применяется высоко робастный генетический алгоритм Холланда. Выбор ГА в качестве инструмента решения оптимизационной задачи обусловлен следующими преимуществами:

- генетические алгоритмы оперируют не абсолютными значениями параметров задачи, а закодированными переменными;
- поиск осуществляется не путем улучшения одного решения, а путем использования нескольких альтернатив на заданном множестве решений;
- для оценки качества решения в ГА используется абсолютное значение целевой функции, а не ее приращение;
- применяются вероятностные правила анализа имитационных задач;
- ГА обладает свойством устойчивости к попаданию в локальные оптимумы и эффективно работает при решении задач большой размерности;
- для решения оптимизационной задачи с применением ГА нет ограничений на вид поверхности отклика целевой функции.

В качестве условий адаптации для решения рассматриваемой задачи использованы требования к уровню достижения ИТ-целей и выделенные контура влияния значений КПЭ ИТ-процессов на них. Применение данных условий позволило сократить вычислительную сложность ГА и получить результат в виде вектора требований к значениям КПЭ ИТ-процессов, позволяющего сохранить устойчивость ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования.

Суть предлагаемого алгоритма сводится к следующему: имеем $C^{\text{КПЭ}} = \{C_p^{\text{КПЭ}}\}$ – множество значений КПЭ ИТ-процессов, комплексно влияющих на уровни достижения ИТ-целей предприятия $C^{\text{ИТЦ}} = \{C_n^{\text{ИТЦ}}\}$. Уровень достижения различных ИТ-целей обеспечивается за счет регулирования в рамках

множества значений КПЭ ИТ-процессов, которые дополнительно характеризуются определенным отношением согласованности и степенью влияния в m -м контуре регулирования уровня достижения n -й ИТ-цели. Множество контуров регулирования уровнями достижения ИТ-целей обозначим $Z_m = (z_1, z_2, \dots, z_m)$. Объем различных видов ИТ-ресурсов, позволяющих регулировать значения КПЭ ИТ-процессов, ограничен величиной $res_{\text{доп}}$.

Таким образом, применяя разработанные условия адаптации к процедуре кроссинговера и расчета параметра останова разработанного алгоритма, получаем требования к значениям КПЭ ИТ-процессов, позволяющие обеспечить устойчивость целевых показателей ИТ-стратегии на заданном интервале планирования. В этом случае алгоритм формирования требований к КПЭ ИТ-процессов состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Идентификация нечеткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия, а именно:

- определение векторов $\vec{C}^{\text{КПЭ}}$ и $\vec{C}^{\text{ИТЦ}}$;
- задание вектора требуемых значений уровней достижения ИТ-целей $\vec{C}_{\text{треб}}^{\text{ИТЦ}}$, полученных проведением экспертного опроса;
- определение параметров работы алгоритма $K, K_{\text{пок}}^{\text{треб}}, k, p, res_{\text{доп}}$ и вычисление размера начальной популяции $P = 2p$.

Шаг 2. Формирование начальной популяции $C_i^{\text{КПЭ}} = C_l^{\text{КПЭ}}$, $i = \overline{1, P}, l = \overline{1, p}$, в которой хромосомы закодированы в виде 8-ми разрядных наборов значений КПЭ ИТ-процессов. Данный вид хромосом позволяет оставлять гены расположенными последовательно после применения оператора мутации. Сохранение непрерывного расположения генов дает возможность генетическому оператору скрещивания копировать в дочернюю хромосому непрерывные участки оперативной памяти родительских хромосом, что позволяет ускорить скрещивание [103].

Шаг 3 . Расчет ресурсоемкости полученных значений КПЭ ИТ-процессов и проверка условий на непревышение $res_{доп}$ для каждой особи в начальной популяции:

$$\begin{aligned} res_i &= f(C_i^{КПЭ}), \\ \min \Delta res_i &= g(res_i, res_{доп}) \geq 0 \end{aligned} \quad (3.29)$$

Шаг 4 . Расчет ФП, заключающейся в реализации итерационной процедуры пересчета целевых показателей ИТ-стратегии на основе разработанной нечеткой когнитивной модели:

$$C_{ij}^{ИТЦ} = F(C_i^{КПЭ}), j = \overline{1, k} \quad (3.30)$$

Шаг 5 . Расчет параметра останова алгоритма на основе минимального отклонения уровня достижения частной ИТ-цели относительно требуемого значения:

$$\begin{aligned} \Delta C_{ij}^{ИТЦ} &= C_{ij}^{ИТЦ} - C_{j_{треб}}^{ИТЦ}, \\ \Delta C &= \min_i \min_j \Delta C_{ij}^{ИТЦ}. \end{aligned} \quad (3.31)$$

Шаг 6 . Проверка условия на положительность параметра останова алгоритма и превышения требуемого числа поколений:

$$\begin{aligned} \Delta C &\geq 0, \\ K_{пок} &\geq K_{пок}^{треб} \end{aligned} \quad (3.32)$$

В случае выполнения условий (3.32), получаем вектор искомого требования к КПЭ ИТ-процессов. В случае невыполнения указанных требований переходим к шагу 7.

Шаг 7 . Выбор особей и формирование пар для скрещивания $C_1^{КПЭ}, C_2^{КПЭ}$ в соответствии с их функцией пригодности. Предлагаемая в данной работе процедура отбора реализована с помощью механизма адаптации параметров алгоритма оптимизации, описанного в работе [1].

Данный механизм адаптации построен на основе компромисса между скоростью сходимости и качеством получаемого локально-оптимального решения, его суть сводится к тому, что вероятность отбора особей гибко меняется в зависимости от предыстории поиска [35]. С этой целью используется

нормальный закон распределения вероятности отбора. Математическое ожидание принимается равным значению функции пригодности наилучшей для данного поколения хромосомы популяции. Если в очередном поколении произошла смена наилучшей хромосомы, то дисперсия принимает максимальное значение, расширяя тем самым диапазон поиска. Если же на протяжении нескольких поколений более предпочтительная хромосома не находится, то дисперсия уменьшается, в простейшем случае, пропорционально числу поколений

$$D = D_{\max} - \beta \times g, \quad (3.33)$$

где D_{\max} – максимальное значение дисперсии; β – коэффициент, определяющий скорость сходимости алгоритма; g – число "неудачных" поколений.

Математическое ожидание функции распределения равно значению функции F_{\max} . Случайная величина X_i является непрерывной, в отличие от дискретных значений F_k , $k = 1, 2, \dots, M$, и необходимо выбрать такое значение F_k функции пригодности, расстояние от которого до F_{\max} было бы наиболее близко к расстоянию от X_i до F_{\max} :

$$k = \arg \min \|F_{\max} - X_i\| - \|F_{\max} - F_k\|. \quad (3.34)$$

В данном случае этим значением будет F_i .

В последующих циклах отбора необходимо исключать из рассмотрения значения функции пригодности, соответствующие особям, уже отобраным на предыдущих циклах. Это обеспечит разнообразие состава популяции.

Описанный механизм формирует предпосылки для элитного отбора, сохраняющего наилучшую из найденных хромосом популяции, и используется в трех случаях:

- перед этапом кроссинговера для выбора скрещиваемых особей;
- перед этапом мутации для выбора мутируемых особей;
- после применения всех операторов ГА для отбора наиболее пригодных особей в следующее поколение.

Шаг 8. Проведение процедур кроссинговера и мутации. При этом определение количества точек кроссинговера осуществляется с учетом выделения согласованных контуров влияния на целевые показатели ИТ-стратегии. При скрещивании гены должны исключаться из обеих родительских хромосом, чтобы не попасть в дочернюю хромосому повторно. В результате образуются две хромосомы потомков, и среди них случайным образом выбирается один.

После осуществления кроссинговера к хромосомам применяется оператор мутации. Экспериментально было выбрано значение вероятности мутации $P_{\text{мут}} = 0,1$. Использование классической схемы мутации в рассматриваемом случае неприемлемо, поскольку может приводить к недопустимым вариантам определения значения КПЭ ИТ-процесса. В связи с этим, предлагается осуществлять мутацию не одного бита, а всего гена, состоящего из 8 бит и кодирующего некоторое значение КПЭ ИТ-процесса. Его код заменяется другой допустимой комбинацией.

Наконец, после кроссинговера и мутации переходим снова к шагу 3, где производится отбор хромосом в следующее поколение. Хромосомы отбираются из расширенной популяции, которая пополняется новыми представителями: потомками, образованными вследствие кроссинговера, и мутировавшими хромосомами. Для этого сначала производится перерасчет значений функции пригодности всех членов расширенной популяции, а затем совершается адаптивный отбор. В результате получаем популяцию из N различных хромосом, являющуюся следующим поколением ГА.

В разработанном алгоритме помимо использования в качестве критерия останова заданного числа поколений и желаемого значения ФП, при которых поиск прекращается, используется описанный выше механизм адаптации. Данный механизм задает дополнительный логически обоснованный критерий остановки поиска, который заключается в уменьшении дисперсии до такой величины, что вероятность изменения лучшего из найденных вариантов требований к КПЭ ИТ-процессов становится пренебрежимо малой. В работе выбрано пороговое значение, равное 10% от максимального значения

среднеквадратического отклонения (СКО). Наилучшее максимальное значение СКО при отборе для кроссинговера $\sigma_{\max}^1 = 1$, и при достижении значения $\sigma^1 = 1$ алгоритм завершает свою работу.

Ниже представлены блок-схема разработанного ГА (рис 3.2) и результаты экспериментального исследования его основных характеристик.

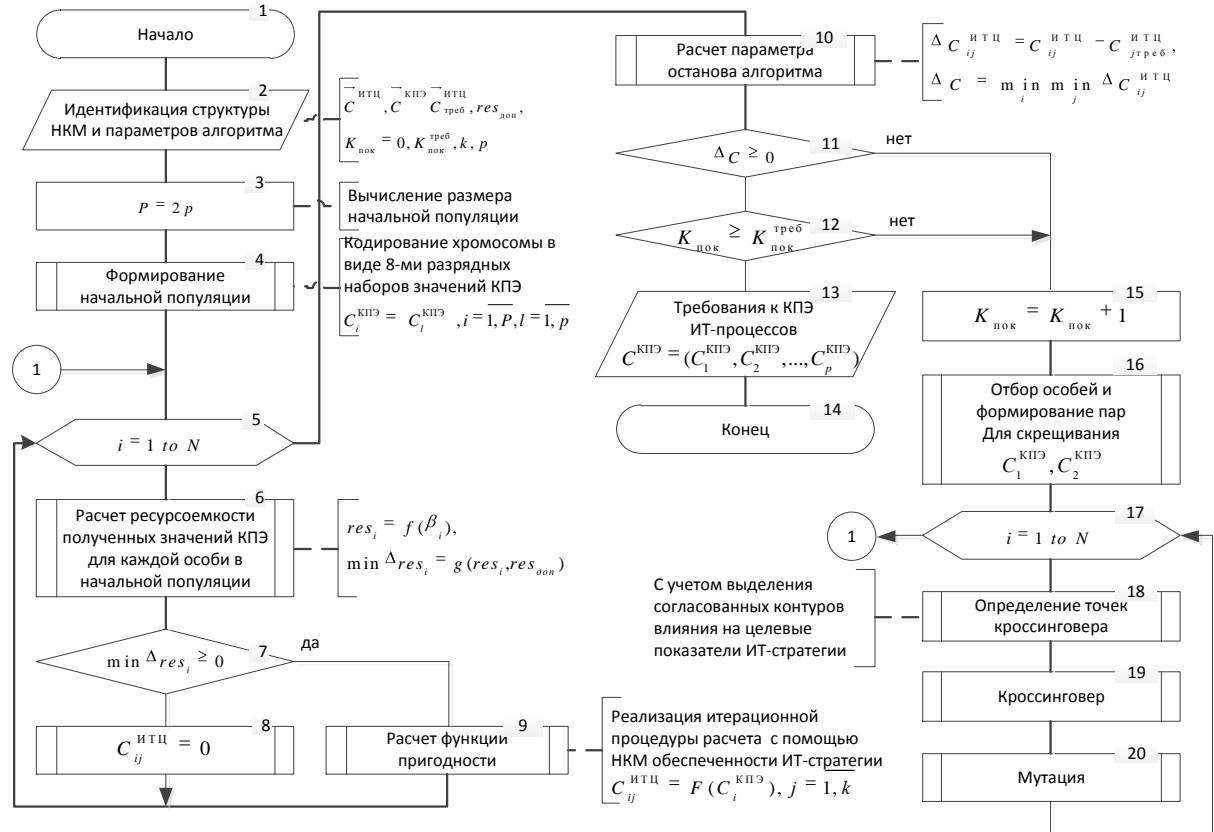


Рис. 3.2. Алгоритм формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов

Зависимость суммарного числа поколений, полученного за 100 циклов работы ГА, от числа проведенных операций скрещивания представлена в таблице 3.1. В результате эксперимента установлено, что лучше всего проводить кроссинговер один раз

Результаты исследования зависимости суммарного числа поколений, полученного за 100 запусков ГА, от числа циклов мутации свидетельствуют

о том, что наилучшие результаты достигаются при проведении мутации один раз (табл. 3.3).

Таблица 3.1. Зависимость суммарного числа поколений по 100 циклам сходимости ГА от числа кроссинговеров

Число циклов кроссинговера	Суммарное число поколений ($n = 100$)
1	2023
2	2121
3	2260
4	2444
5	2540

Таблица 3.2. Зависимость суммарного числа поколений по 100 циклам сходимости ГА от числа циклов мутации

Число циклов мутации	Суммарное число поколений ($n=100$)
1	2355
2	2805
3	3128
4	4531
5	4535

С целью оценки оптимального значения максимальной дисперсии D_{\max} , которое, как отмечалось ранее, является ключевым элементом в механизме адаптации ГА, производились серии из 100 запусков программы, причем для каждой операции отбора – при кроссинговере, мутации и формировании нового поколения, максимальные значения дисперсии D_{\max}^i назначались независимо. Было установлено, что оптимальной является комбинация $D_{\max}^{\text{C}} = 1$ при отборе для кроссинговера, $D_{\max}^{\text{M}} = 49$ при отборе для мутации и $D_{\max}^{\text{F}} = 64$ при отборе в следующее поколение.

Кроме того проводилась серия из 100 запусков, которые обеспечивают получение статистически устойчивых характеристик, для двух вариантов алгоритма со следующими параметрами:

– адаптивный ГА – максимальное значение СКО при отборе для кроссинговера $\sigma_{\max}^c = 1$, при отборе для мутации $\sigma_{\max}^e = 7$, при отборе в следующее поколение $\sigma_{\max}^b = 8$;

– стандартный ГА – число особей в популяции $M = 10$, вероятность мутации $P_{\text{мут}} = 0,1$, число шагов до полного останова $h_{\max} = 15$.

Начальное значение счетчика приближения к оптимуму h , используемое в стандартном ГА, задавалось равным нулю. Для лучшей сопоставимости результатов критерий останова стандартного алгоритма был выбран таким же, как и в адаптивном ГА: если в очередном поколении произошла смена наилучшей хромосомы, то h обнуляется, иначе h увеличивается на единицу.

Из каждой серии найденных решений было выбрано по одному варианту, которые входили во множество оптимальных по Парето решений:

- 1) $F_{m_{\max}} = 0,90$ от наилучшего значения – найден за 34 поколения;
- 2) $F_{m_{\max}} = 0,92$ от наилучшего значения – найден за 24 поколения.

Сравнение суммарных характеристик для серии испытаний показало, что суммарное число поколений, за которое находилось оптимальное решение при каждом запуске алгоритма, было равно 1982 для адаптивного ГА и 4571 для стандартного ГА. Таким образом, адаптивный ГА находит оптимальное решение в 2,31 раза быстрее по сравнению со стандартным. Это говорит о более высокой эффективности поиска, которая обеспечивается с помощью предлагаемого принципа адаптивного отбора.

3.5. Выводы по третьей главе

Процедура обеспечения устойчивости ИТ-стратегии заключается в разработке плана перераспределения ресурсов при обеспечении требований к КПЭ частных ИТ-процессов. Для решения этой задачи проведено обоснование граничных условий обеспеченности ИТ-целей предприятия.

В условиях слабой формализуемости многокритериальная задача достижения заданных уровней ИТ-целей разрешена на основе метода анализа иерархий с применением свертки критериев в виде функции минимума.

Для сокращения перечня вариантов и обеспечения предсказуемости и конструктивности процедуры регулирования показателей ИТ-целей разработан алгоритм ранжирования альтернатив по обеспечению требований к КПЭ ИТ-процессов. В его основу положен метод статического анализа нечетких когнитивных карт по критерию силы и согласованности взаимных влияний, предложенный в работах Лагерева.

Обоснование варианта плана перераспределения ресурсов по обеспечению требований к КПЭ ИТ-процессов реализовано с применением генетического алгоритма Холланда, где формирование хромосомы произведено с вынесением идентификаторов КПЭ ИТ-процессов в отдельный вектор. В разработанном алгоритме оператор кроссинговера модифицирован для учета силы и согласованности взаимных влияний контуров регулирования ИТ-целей.

Сравнение характеристик для серии испытаний показало, что суммарное число поколений, за которое находилось оптимальное решение при каждом запуске алгоритма, было равно 1982 для разработанного адаптивного генетического алгоритма и 4571 – для стандартного.

Таким образом, адаптивный генетический алгоритм находит оптимальное решение в 2,31 раза быстрее по сравнению со стандартным, что свидетельствует о более высокой эффективности поиска, которая обеспечивается с помощью предлагаемого принципа адаптивного отбора.

4. МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ИТ-СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ЗАДАННОМ ИНТЕРВАЛЕ ПЛАНИРОВАНИЯ

4.1. Формализация процесса обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в деятельности отдела планирования и развития ИТ

Процесс обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в рамках проводимых исследований представляет собой последовательную реализацию разработанных процедур, модели и алгоритма, которые объединяются в соответствующую методику [43, 44]. Функционально методика обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации в соответствии с разработанным подходом может быть представлена в виде следующих этапов (рис.4.1).

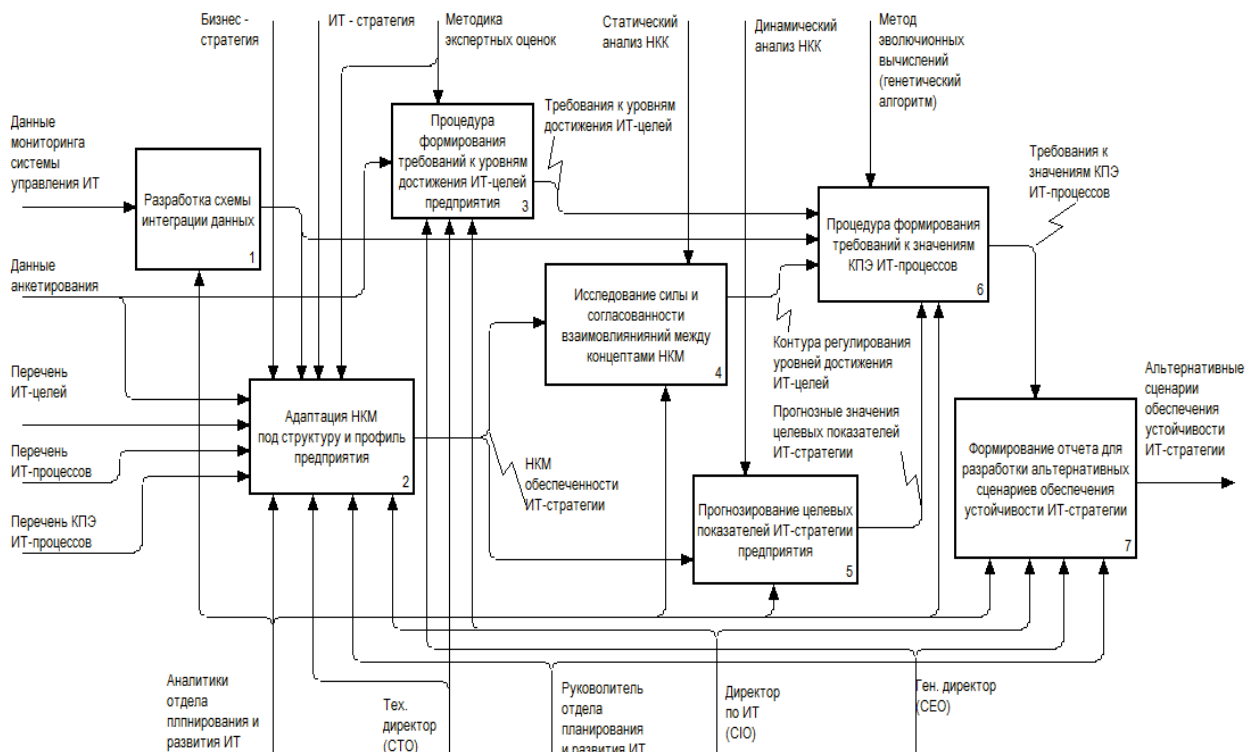


Рис. 4.1. Методика обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия

Первый этап разработанной методики заключается в разработке схемы интеграции данных. Известны три основных метода интеграции данных: консолидация, федерализация и распространение.

Консолидация данных предполагает сбор данных из различных источников (транзакционных систем) в одну систему.

Федерализация данных обеспечивает в ответ на запрос от бизнес-приложения представление данных из складов данных таким образом, чтобы они отвечали требованиям запроса или виртуальной картине. Процесс федерализации данных всегда заключается в извлечении данных из первичных систем на основании внешних требований. Все необходимые преобразования данных осуществляются при их извлечении из первичных файлов.

Распространение данных осуществляет передачу данных из одной системы в другие в момент совершения события (транзакции) в системе-первоисточнике. Сообщения передаются из системы в систему синхронно или асинхронно. При распространении данных в синхронном режиме гарантируется доставка данных в систему назначения.

Развитие методов интеграции данных и их широкое применение привело к формированию программных технологий, на основе которых производится интеграция данных. К числу технологий, поддерживающих консолидацию данных, относятся:

– ETL (Extract, Transform, Load), реализующая процесс извлечения, преобразования и загрузки данных;

– ECM (Enterprise Content Management) – управление контентом корпорации, когда неструктурированные и полуструктурированные данные (документы, рекламные материалы, web-данные) консолидируются и помещаются в репозиторий.

К технологиям, поддерживающим федерализацию данных, относится ЕИ (Enterprise Information Integration), использующая распределенный запрос для сбора и интеграции информации из различных источников. Обычно такой запрос называют объединенным, или федеративным (*federated*). В этом

случае запросы распределяются по источникам данных, а затем результаты их выполнения присоединяются друг к другу или объединяются.

Технологии, поддерживающие распространение данных:

- EAI (Enterprise Application Integration) – интеграция корпоративных приложений;
- EDR (Enterprise data replication) – тиражирование корпоративных данных.

В виду ряда преимуществ, основными технологиями являются ETL, EAI, и EII. В своей основе и EAI, и ETL – технологии активной доставки, или «проталкивания». EII же является технологией извлечения («вытягивания») информации, при которой объединенный запрос находит данные, необходимые для пользовательского приложения, и вставляет их в представление с пользовательским контекстом [100].

Для расчета значений КПЭ ИТ-процессов необходимо делать выгрузки из баз данных информационных систем предприятия в отдельную базу данных, используя ETL-средства и тем самым организовывая хранилище данных. Хранилище данных позволит подготавливать для ИТ-аналитика отдела планирования и развития ИТ отчетность с значениями КПЭ ИТ-процессов.

На втором этапе методики (рис. 4.1) производится адаптация разработанной НКМ оценивания уровней достижения ИТ-целей к структуре и профилю предприятия. Здесь менеджментом предприятия в лице генерального директора, технического директора, директора по ИТ и руководителя отдела планирования и развития ИТ уточняется и конкретизируется перечень ИТ-целей предприятия, выделяется группа ИТ-процессов по критерию критичности для деятельности предприятия. В свою очередь аналитики отдела планирования и развития ИТ конкретизируют перечень КПЭ для выделенных ИТ-процессов. Помимо этого на данном этапе аналитиками производится обработка экспертных данных по заданию весов связей между концептами НКМ и обучение с помощью разработанных программных средств гибридных нейронно-нечетких сетей по оценке состояния ИТ-процессов по КПЭ. Результатом

данного этапа является НКМ, адаптированная к конкретной структуре и профилю предприятия.

Третий этап методики (рис. 4.1) включает в себя следующие процедуры (рис. 3.1), которые могут проводиться параллельно. *Процедура формирования требований к уровням достижения ИТ-целей* описана в параграфе 3.2 и реализуется с привлечением вышеуказанного менеджмента предприятия. Результатом выполнения данного этапа являются обработанные экспертные данные по требуемым уровням достижения ИТ-целей. *Исследование силы и согласованности взаимовлияния концептов НКМ* реализуется с помощью известных методов статического анализа НКК и разрешает проблему наличия множества несогласованных контуров регулирования целевых показателей ИТ-стратегии предприятия. Прогнозирование значений целевых концептов НКМ осуществляется с помощью известных методов динамического анализа НКК. Данные процедуры описаны в параграфах 3.2 и 2.4 соответственно и реализуются ИТ-аналитиками с использованием разработанных программных средств. Результатами выполнения данного этапа являются согласованные контуры регулирования уровней достижения ИТ-целей и их прогнозные значения на заданный интервал планирования.

На четвертом этапе методики (рис. 4.1) с использованием результатов выполнения процедур предыдущего этапа производится формирование требований к значениям КПЭ ИТ-стратегии с помощью разработанного генетического алгоритма (см. п. 3.4).

Заключительным этапом методики (рис. 4.1) является разработка альтернативных сценариев обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации на основе сформированных требований к КПЭ ИТ-процессов. Здесь принимает участие менеджмент предприятия, который разрабатывает сценарии, в соответствии с которыми будут перераспределены ИТ-ресурсы для обеспечения требуемых значений КПЭ ИТ-процессов, что впоследствии позволит сохранить целевые показатели ИТ-стратегии в заданных пределах, тем самым обеспечив ее устойчивость на заданном интервале планирования.

4.2. Программный комплекс обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования

Для реализации представленной методики обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в ходе диссертационного исследования разработан программный комплекс, соответствующий особенностям перехода и внедрения процессно-ориентированного подхода в системы управления ИТ на предприятии [102]. В общем случае он может функционировать в качестве универсального программного модуля, реализующего следующие основные функции:

- ведение информационной базы данных КПЭ ИТ-процессов (многомерная база данных), которая автоматически наполняется через загрузку ретроспективных данных из внешних баз данных;
- представление выходной оценочной информации в табличном и графическом виде конечному пользователю системы о результатах работы модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия;
- настройка параметров модели оценивания уровней достижения ИТ-целей на основе вновь поступающих данных;
- прогнозирование значений целевых показателей ИТ-стратегии и их использование в подсистеме расчета требований к КПЭ ИТ-стратегии [48, 72, 73].

Основными функциональными элементами разработанного программного комплекса обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования (рис. 4.2) являются:

- «Система сценарного планирования с применением нечеткого когнитивного моделирования» [71];
- «Программа идентификации ключевых показателей эффективности ИТ-процессов» [70].

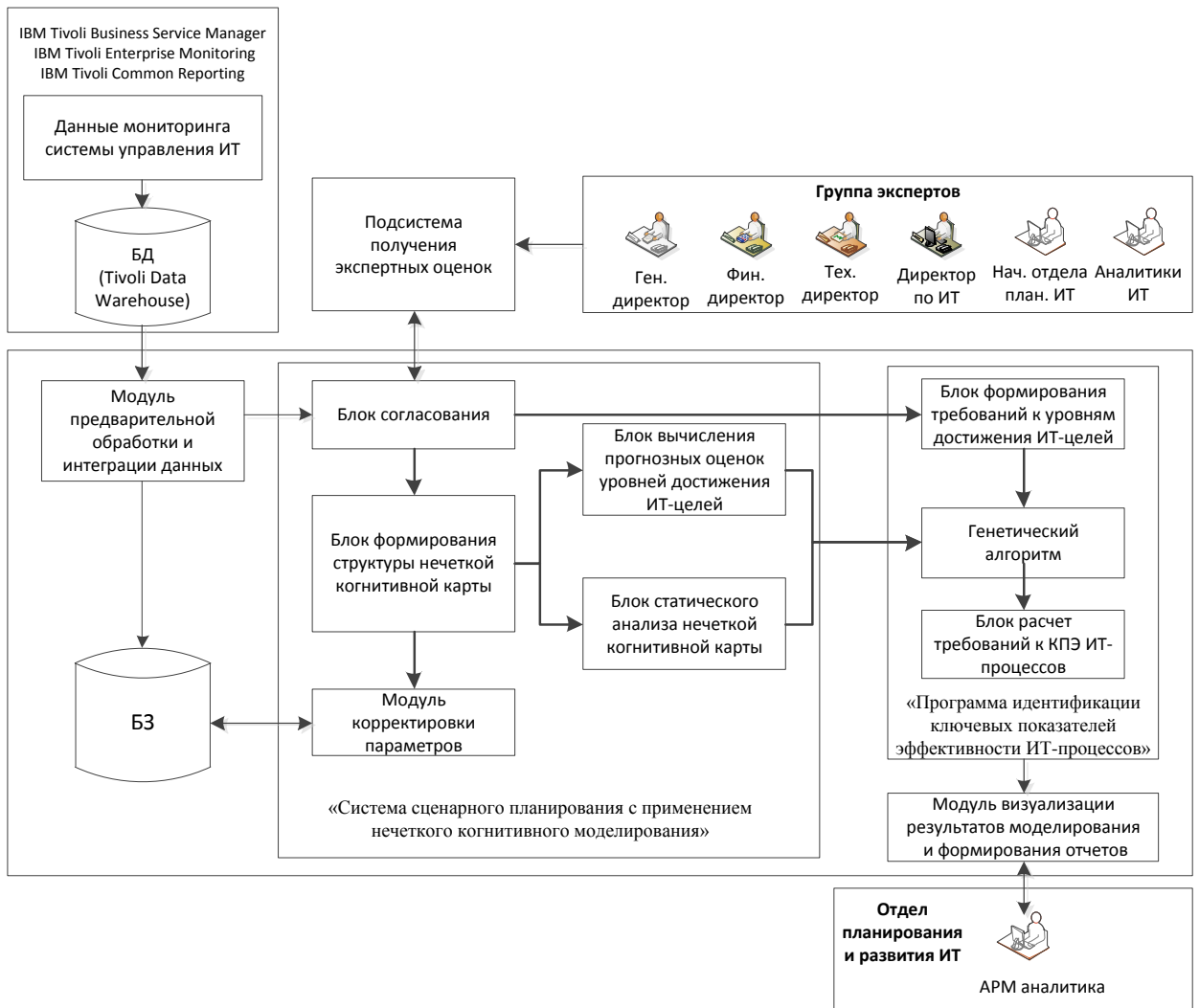


Рис. 4.2. Модульная структура программного комплекса обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования

Вместе с тем для функционирования программного комплекса как целостной системы применены следующие вспомогательные модули:

- модуль предварительной обработки и интеграции данных;
- подсистема получения экспертных оценок;
- модуль визуализации результатов моделирования и формирования отчетов.

«Система сценарного планирования с применением нечеткого когнитивного моделирования» предназначена для построения и анализа нечеткой когнитивной модели. С ней взаимодействует подсистема получения эксперт-

ных оценок, которая на основе мнений группы экспертов определяет список концептов, связи между ними, а также уровни взаимовлияния. Данные из подсистемы получения экспертных оценок поступают на блок согласования, в котором определяются несогласованности мнений экспертов и выдаются рекомендации по согласованию мнений. На основе анализа когнитивной модели, а также моделирования развития ситуации, осуществляется выделение контуров регулирования целевыми концептами НКМ и расчет прогнозных оценок уровней достижения ИТ-целей.

«Программа идентификации ключевых показателей эффективности ИТ-процессов» реализует разработанный алгоритм формирования требований к КПЭ ИТ-процессов на основе методов эволюционных вычислений. Основными операционными блоками данной программы являются:

- блок формирования требований к уровням достижения ИТ-целей предприятия, позволяющий обобщить мнения экспертов по данному вопросу и реализовать методику оценки важности ИТ-целей;

- блок расчета требований к КПЭ ИТ-процессов, которые поступают в модуль визуализации результатов моделирования и формирования отчетов.

Модуль визуализации результатов моделирования и формирования отчетов предназначен для отображения данных в табличной и графической формах, с последующей возможностью на их основе формировать сценарии обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия.

Основной целью разработки программного комплекса является поддержка многофакторных решений в сложной информационной среде [45]. При этом принимаемые решения оцениваются по совокупности множества показателей, рассматриваемых одновременно. Информационная сложность определяется необходимостью анализа больших потоков информации, обработка которых без помощи современных ИТ является трудновыполнимой задачей. Как правило, в таких условиях число возможных решений весьма велико, и выбор оптимального из них без всестороннего анализа может привести к серьезным ошибкам.

Разработанный комплекс имеет клиент-серверную архитектуру, которая позволяет организовать децентрализованное хранение и обработку данных. Каждый компонент системы разрабатывался как автономный объект, что позволяет при необходимости вносить изменения в проект без его полной компиляции. При разработке использовалось объектно-ориентированное программирование на языке программирования C++ и возможности параллельных вычислений платформы .NET FRAMEWORK.

4.3. Экспериментальная проверка разработанного инструментария с оценкой эффективности процесса обеспечения устойчивости

Для проверки адекватности разработанного методического аппарата обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды в соответствии с [99] был спланирован и проведен эксперимент в группе компаний «Навигатор» (г. Орёл). В соответствии с разработанной моделью оценивания была выделена группа ИТ-целей организации (табл. 4.1).

Анализ таблиц соответствия ИТ-целей и ИТ-процессов, описанных в методологии *COBIT 5.0* (см. приложение), позволил выявить ИТ-процессы, оказывающие наибольшее влияние на достижение ИТ-целей предприятия. Применительно к специфике и объемами производства, а также для обеспечения конструктивности получаемых оценок, были проанализированы особенности ИТ-стратегии, которые позволили выделить перечень критических ИТ-процессов для эффективного функционирования и развития производства, суммарное влияние которых составляет более 90 % (табл. 4.2).

Эксперимент включал в себя следующие этапы:

- 1) обобщение результатов аудита обеспеченности ИТ-стратегии и расчет прогнозных значений показателей достижимости ИТ-целей (табл. 4.1) на интервале планирования, равном одному году (рис. 4.3, а);

Таблица 4.1. ИТ-цели группы компаний «Навигатор»

№ п/п	Наименование ИТ-цели предприятия	Условное обозначение
1.	Соответствие между ИТ и бизнес-стратегиями	ИТЦ1
2.	Следование внешнему законодательству и регулирующим требованиями в области ИТ	ИТЦ2
3.	Лидирующая роль руководства в принятии решений в области ИТ	ИТЦ3
4.	Управляемые ИТ-риски	ИТЦ4
5.	Получение выгод от инвестиций с использованием ИТ	ИТЦ5
6.	Прозрачность ИТ-затрат, выгод и рисков	ИТЦ6
7.	Предоставление ИТ-услуг в соответствии с бизнес-требованиями	ИТЦ7
8.	Адекватное использование приложений, информации и технических решений	ИТЦ8
9.	Гибкость ИТ	ИТЦ9
10.	Безопасность информации, обрабатывающей инфраструктуры и приложений	ИТЦ10
11.	Оптимизация ИТ-активов, ресурсов и способностей стратегических решений на основе информации	ИТЦ11
12.	Обеспечение работы и поддержка бизнес-процессов, путем интеграции приложений и технологий в бизнес-процессы	ИТЦ12
13.	Извлечение выгоды из программ и проектов, выполняемых в рамках сроков, бюджета и соответствующих требованиям и стандартам	ИТЦ13
14.	Доступность надежной и нужной информации для принятия решений	ИТЦ14
15.	Соблюдение внутренних политик	ИТЦ15
16.	Компетентный и мотивированный персонал ИТ	ИТЦ16
17.	Знания, экспертиза и инициативность для осуществления бизнес-инноваций	ИТЦ17

2) сравнение прогнозных значений и реальных показателей достижимости ИТ-целей через один год (рис. 4.3, б);

3) обобщение результатов аудита обеспеченности ИТ-стратегии, получение методом экспертных оценок требуемых уровней достижения ИТ-целей и расчет их прогнозных значений (рис. 4.3, в);

4) формирование требований к значениям КПЭ ИТ-процессов и их выполнение на интервале планирования, равном одному году (рис. 4.3, г).

Таблица 4.2. Оценка критичности ИТ-процессов

№ п/п	Название ИТ-процесса	Условное обозначение ИТ-процесса	Критичность, %
1.	Мониторинг, оценка и анализ производительности и соответствия	МЕА01	14,27
2.	Управление подходом к управлению ИТ	АРО01	10,51
3.	Управление персоналом	АРО07	9,21
4.	Управление инновациями	АРО04	7,43
5.	Управление рисками	АРО12	6,67
6.	Обеспечение получения выгоды	EDM02	5,23
7.	Управление безопасностью	АРО13	4,81
8.	Обеспечение оптимизации рисков	EDM03	4,06
9.	Управление отношениями	АРО08	3,98
10.	Управления программами и проектами	ВАИ01	3,55
11.	Управление проблемами	DSS03	3,22
12.	Управление стратегией	АРО02	3,18
13.	Управление изменениями	ВАИ06	2,85
14.	Управление архитектурой организации	АРО03	2,49
15.	Управления качеством	АРО11	1,82
16.	Управление эксплуатацией	DSS01	1,65
17.	Управление доступностью и мощностью	ВАИ04	1,45
18.	Обеспечение оптимизации ресурсов	EDM04	1,22
19.	Управление портфелем инвестиций	АРО05	0,98
20.	Управление конфигурацией	ВАИ10	0,87
21.	Управление непрерывностью	DSS04	0,79

Анализ полученных данных показал, что:

– разработанная НКМ оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия характеризуется средней точностью (рис. 4.3, б) при средней абсолютной ошибке $MPE = 5,66\%$;

– кривая (пунктирная линия), отображающая результаты ИТ-аудита, полученные на начальном этапе оценивания, демонстрирует равномерность состояния ИТ-стратегии предприятия по перечню выделенных ИТ-целей (табл. 4.1), тогда как полученная с помощью модели прогнозная оценка (сплошная линия) показывает неравномерность состояния ИТ-стратегии при средней абсолютной ошибке $MPE = 47,48\%$ (рис. 4.3, в);

– применение разработанной методики обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования позволяет добиться равномерности состояния ИТ-стратегии предприятия по перечню выделенных ИТ-целей (кривая, обозначенная точками), обеспечив их близость к результатам аудита (пунктирная линия) $MPE = 6,15\%$.

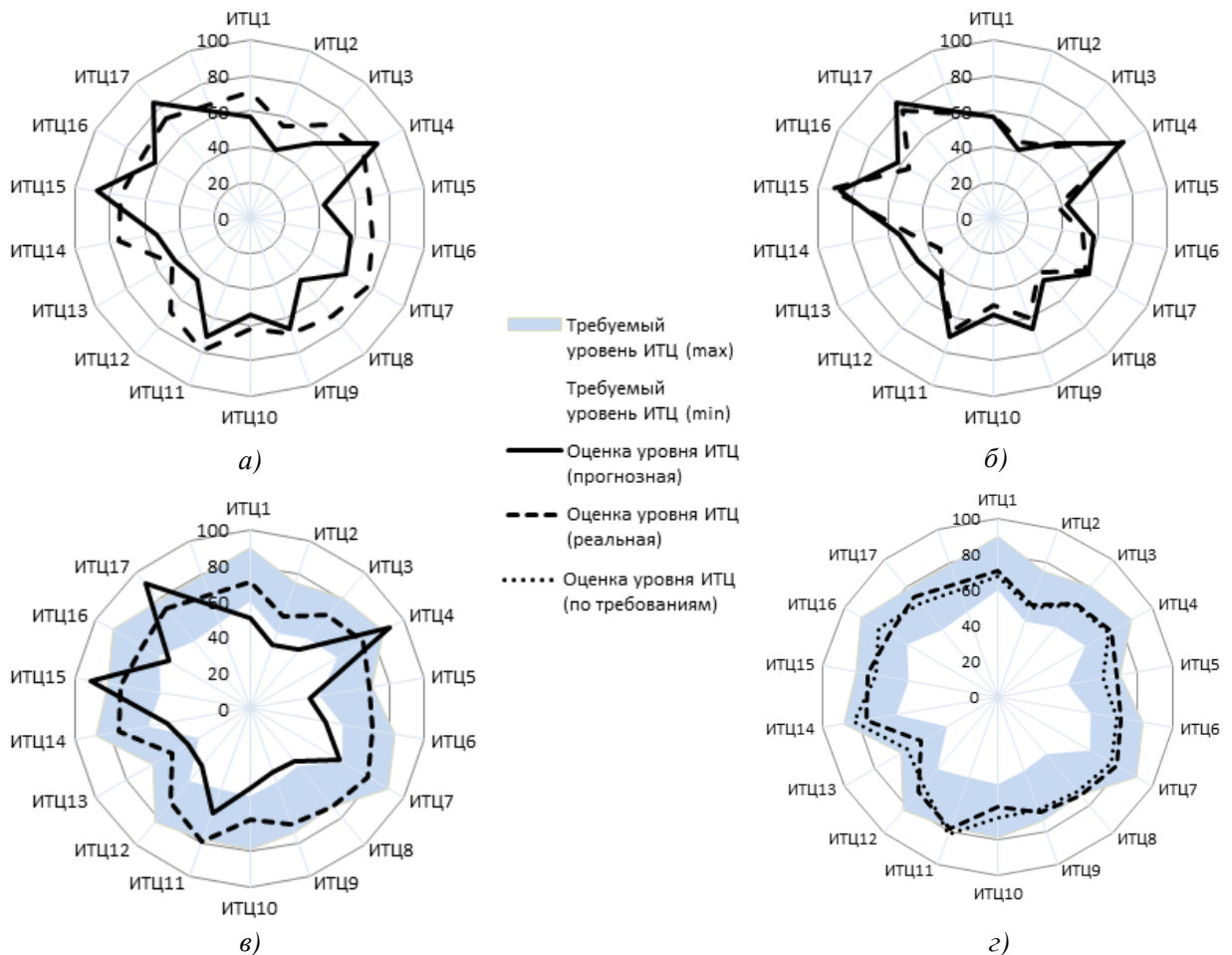


Рис. 4.3. Анализ обеспечения устойчивости ИТ-стратегии группы компаний «Навигатор»

Таким образом, выполнение полученного плана требований к значениям КПЭ ИТ-процессов менеджментом группы компаний «Навигатор» позволило снять образовавшееся возмущение в системе управления ИТ, повысив при этом эффективность процесса обеспечения устойчивости принятой ИТ-стратегии на 41,33 %.

4.4. Выводы по четвертой главе

Предложена методика обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования, позволяющая обосновывать требования к значениям КПЭ ИТ-процессов для альтернативных сценариев реализации ИТ-целей.

Для ее реализации разработан программный комплекс, соответствующий особенностям перехода и внедрения процессно-ориентированного подхода в системы управления ИТ на предприятии. Его модульная структура обладает расширенной функциональностью, что достигается путем разработки и внедрения в систему ряда взаимодействующих между собой модулей. Основные из них, а именно «Система сценарного планирования с применением нечеткого когнитивного моделирования» и «Программа идентификации ключевых показателей эффективности ИТ-процессов», являются авторскими разработками.

Для проверки адекватности разработанного методического аппарата обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды был спланирован и проведен эксперимент в группе компаний «Навигатор» (г. Орёл). По его результатам установлено, что применение разработанной методики обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования позволяет добиться равномерности состояния ИТ-стратегии предприятия по перечню выделенных ИТ-целей, выполнение полученного плана требований к значениям КПЭ ИТ-процессов позволило снять образовавшееся возмущение в системе управления ИТ группы компаний «Навигатор», повысив при этом эффективность процесса обеспечения устойчивости принятой ИТ-стратегии на 41,33 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научная задача обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды.

На основании проведенных исследований получены следующие результаты.

1. Предложен подход к обеспечению устойчивости ИТ-стратегии предприятия с учетом взаимных влияний ИТ-процессов друг на друга за счет наличия ограничений на общие ИТ-ресурсы организации (в условиях неопределенности воздействия среды). Формализована соответствующая процедура оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия, выделены основные этапы и особенности.

2. В соответствии с основными принципами стратегического планирования и управления ИТ на предприятии обоснована конструктивность модели оценивания уровней достижения ИТ-целей с применением нечеткого когнитивного моделирования как наиболее соответствующей принципам сбалансированного формирования и реализации ИТ-целей предприятия, описанных в методологии *COBIT 5.0*.

3. На основании анализа подходов к автоматизации мониторинга параметров функционирования ИТ-инфраструктуры предложена методика идентификации КПЭ ИТ-процессов на основе аппарата гибридных нейронных сетей, которые объективно отражают основные закономерности изменения их состояния.

4. Предложен алгоритм формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов, позволяющий сократить перечень вариантов и обеспечить предсказуемость и конструктивность процедуры регулирования уровней достижения ИТ-целей. В его основу положен метод статического анализа нечетких когнитивных карт по критерию силы и согласованности взаимных влияний. Для учета последних при взаимных влияниях контуров регулирова-

ния ИТ-целей в положенном в основу генетической алгоритме Холланда модифицирован оператор кроссинговера.

5. Экспериментально доказано, что адаптивный генетический алгоритм находит оптимальное решение в 2,31 раза быстрее по сравнению со стандартным алгоритмом. Данный факт свидетельствует о более высокой эффективности поиска, которая достигается за счет предложенного принципа адаптивного отбора.

6. Предложена методика обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования, позволяющая обосновывать требований к значениям КПЭ ИТ-процессов для альтернативных сценариев реализации ИТ-целей.

7. В качестве дополнения распределенной системы управления предприятием предложен вариант программного комплекса обеспечения устойчивости ИТ-стратегии. Его модульная архитектура обладает расширенной функциональностью, что достигается путем внедрения в систему ряда взаимодействующих между собой модулей, позволяющих рассчитать требования к КПЭ ИТ-процессов.

8. Применение разработанных научно-методических и программных средств обеспечения устойчивости ИТ-стратегии в условиях неопределенности воздействия среды позволило обеспечить требуемый уровень достижения ИТ-целей на заданном интервале планирования (1 год) и повышение эффективности соответствующего процесса на 41,33 % (на примере группы компаний «Навигатор»).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Akhmetov, M.I.** Structural Synthesis of Communication Medium for Parallel Computer System / M.I. Akhmetov, V.N. Efanov // Proc. of CSIT'2005, Ufa, Russia. – 2005. – Vol. 2. – P. 41–46.
2. Aligning CobiT 4.1, ITIL V3 and ISO/IEC 27002 for Business Benefit [Электрон-ный ресурс] / IT Governance Institute, 2008. – Режим доступа: <http://www.isaca.org/Knowledge-Center/Research/Documents/Aligning-COBIT,ITILV3,ISO27002-Bus-Benefit-12Nov08-Research.pdf>
3. **Axelrod, R.** Structure of Decision: the Cognitive Maps of Political Elites. – Princeton Univ. Press, N. Y., 1976.
4. **Bresnahan, T.** Technical Progress and Co-Invention in Computing and in the Uses of Computers / T. Bresnahan, S. Greenstein // Brookings Papers of Economic Activity: Microeconomics. – 1996. – P. 1–83.
5. **Brynjolfsson, E.** Wired for Innovation: How Information Technology is Reshaping Economy / E. Brynjolfsson, A. Saunders. – Cambridge, MA: MIT Press. – 2010. – 154 p.
6. **Carlsson, C.** Adaptive fuzzy cognitive maps for hyper knowledge representation in strategy formation process / C. Carlsson, R. Fuller // In Proc. of the International Panel Conference on Soft and Intelligent Computing, Technical University of Budapest, 1996. – P. 43–50.
7. **Carvalho, J.P.** Rule-based fuzzy cognitive maps and fuzzy cognitive maps - a comparative study / J.P. Carvalho, J.A. Tome // In Proc. of the 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society.NAFIPS'99, New York, 1999. – P. 115–119.
8. CobiT 4.1 [Электронный ресурс] / IT Governance Institute, 2007. – Режим доступа: <http://www.isaca.org/KnowledgeCenter/cobit/Documents/COBIT4.pdf>
9. COBIT 5rd Edition, Released by the COBIT Steering Committee and the IT Governance Institute, July 2012.

10. Competing in the Information Age: Align in the Sand / J. N. Luftman (ed.). – Oxford, Oxford University Press, 2003. – 413 p.
11. **David, P.** Dynamo and the Computer: An Historical Perspective to the Modern Productivity Paradox [Текст] / P. David // American Economic Review. – 1990. – 80(2). – P. 355–361.
12. **Dickerson, J.A.** Virtual worlds as fuzzy cognitive maps / J.A. Dickerson, B. Kosko. – Presence vol. 3, 1994, pp. 173–189.
13. **Garey, M.** Computers and intractability: a guide to the theory of NP-Completeness / M. Garey, D. Johnson. – New York: W.H.Freeman and Co., 1990.
14. **Giachetti, R.E.** Design of Enterprise Systems, Theory, Architecture, and Methods / R.E. Giachetti. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. – 429 p.
15. **Goldschmidt, T.** Quantifying Criticality of Dependability-Related IT Organization / T. Goldschmidt, A. Dittrich, M. Malek. Processes in CobiT, 2009.
16. **Henderson, J.C.** Strategic alignment: Leveraging information technology for trans-forming organizations / J.C. Henderson, N. Venkatraman. – IBM systems journal. – 1993. – 32(1). – P. 4–16.
17. Introducing the Gartner IT Infrastructure and Operations Maturity Model / Gartner, Inc. – D. Scott, J. Pultz, E. Holub, T. Bittman, P. McGuckin. – 2007. – ID Number: G00147962.
18. **Kirkpatrick, S.** Optimization by Simulated Annealing / S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, M. P. Vecchi // Science, Vol 220, Number 4598, pages 671–680, 1983.
19. **Kosko, B.** Fuzzy cognitive maps / **B. Kosko** // Intern. Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 1. – P. 65–75.
20. **Maes, R.** An Integrative Perspective on Information Management / R. Maes // Information Management: Setting the Scene / Huizing, A., de Vries, E.J. (Eds.). – Amsterdam: Elsevier Science, 2007. – P. 5–11.
21. **Milgrom, P.** The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization / P. Milgrom, J. Roberts // American Economic Review. – 1990. – 80(3). – P. 511–528.

22. **Mueller-Eberstein, M.** Agility. Competing and Winning in a Tech-Savvy Market-place / M. Mueller-Eberstein. – New York: Wiley, 2010. – 247 p.
23. **Negoita, C.V.** On fuzzy mathematical programming and tolerances in planning. / C.V. Negoita, M. Sularia. – ECEESR, 1, 1976, p. 3–14.
24. **Ross, J.W.** Enterprise Architecture As Strategy: Creating a Foundation for Business Execution / J.W. Ross, P. Weill, D. Robertson. – Boston: Harvard Business School Press, 2006. – 234 p.
25. **Saaty, T.L.** Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process / T.L. Saaty // Management Science. 1986, July. – Vol. 32, №7. – P. 841–855.
26. **Saaty, T.L.** The analytic hierarchy process: what it is and how it is used? / T.L. Saaty // Mathematical Modeling. – 1987. – Vol. 9, №3–5.
27. **Stylios, C.D.** Application of fuzzy cognitive maps in large manufacturing systems / C. D. Stylios , P.P. Groumpos. – In Proc. of the IFAC LSS'98, Rio, Patras, Greece, vol. 1, 1998, pp. 531–536.
28. **Stylios, C.D.** Fuzzy cognitive maps in modeling supervisory control systems / C. D. Stylios , P.P. Groumpos. – Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 8, no. 2, 2000, pp. 83–98.
29. TOGAF Introduction. The Open Group Architecture Framework [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.opengroup.org/architecture/togaf8-doc/arch/>
30. **Wisnosky, D.** DoDaf Wizdom: a Practical Guide to Planning, Managing and Executing Projects to Build Enterprise Architectures using the Department of Defense Architecture Framework / Wisnosky, D., Vogel, J. – Naperville, IL: Wizdom Systems, Inc. – 2004. – 266 p.
31. **Zachman, J.A.** A framework for information-systems architecture / Zachman, J.A. // IBM Systems Journal. – 1987. – 26(3). – P. 276-292
32. **Абрамова, Н.А.** О проблеме рисков из-за человеческого фактора в экспертных методах и информационных технологиях / Н.А. Абрамова // Проблемы управления, 2007. – № 2. – С. 11–21.

33. **Авдеева, З.К.** Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) / З.К. Авдеева, С.В. Коврига, Д.И. Макаренко // Труды Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» CASC '2006. – М.: ИПУ РАН, 2006. – С. 41–54.

34. **Авдеева, З.К.** Формирование стратегии развития социально экономических объектов на основе когнитивных карт / З.К. Авдеева, С.В. Коврига. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. –

С. 184.

35. **Ахметов, М.И.** Оптимизация архитектуры многопроцессорных вычислительных систем на базе адаптивного генетического алгоритма / М.И. Ахметов. Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/vconf/files/11454.pdf>

36. **Баранова, О. В.** Методологические подходы к аудиту информационных систем// Аудит и финансовый анализ. – 2009. №3

37. **Бегутова, Е.В.** Оценка эффективности реализации ИТ-стратегии с использованием теории нечетких множеств / Е.В. Бегутова // ВЕСТНИК ОГУ. – 2012. №8, С.20–26.

38. **Беллман, Р.** Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений: Сб. переводов / Под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1976.

39. **Борисов, В.В.** Анализ взаимодействий в сложных системах на основе нечетких когнитивных и игровых моделей / В.В. Борисов, Е.С. Устиленков // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2009. № 8. – С. 4–11.

40. **Борисов, В.В.** Многокритериальный выбор на основе нечеткого логического вывода с идентификацией теоретико-множественных операций / В.В. Борисов, В.И. Мнев // Сб. науч. тр. по материалам Междунар. конф. "Высшее профессиональное заочное образование на железнодорожном транспорте: настоящее и будущее". – Москва: РГОТУПС, 2001. – С. 492 – 493.

41. **Борисов, В.В.** Обобщенные нечеткие когнитивные карты / В.В. Борисов, А.С. Федулов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2004. № 4.
42. **Брукс, П.** Метрики для управления ИТ-услугами: пер. с англ./ П. Брукс. – М: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 283 с.
43. **Брундасов, С. М.** Автоматизация принятия решений, на основе семантического анализа иерархических и сетевых моделей: дис. канд. техн. наук: 05.13.18 / Брундасов Сергей Михайлович. – Брянск, 2003. – 206:С.
44. **Буч, Г.** Объектно-ориентированный анализ и проектирование / Г. Буч. – М.: Бином, 1998. – 560 с.
45. **Воробьев, С.Н.** Управленческие решения / С.Н. Воробьев, В.Б. Уткин, К.В. Балдин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 317 с.
46. **Горелова, Г.В.** Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, Л.А. Гинис. – Ростов на Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2005. – 288 с.
47. **Груман, Г.** ITIL и стратегия. // Журнал «Директор информационной службы». – 2007. – № 7.
48. **Гулаков, В.К.** Система поддержки принятия решений на основе когнитивного моделирования «ИГЛА» / В.К. Гулаков, Д.Г. Лагерев, А. Г. Подвесовский // Программные продукты и системы. – 2007, № 3. С. 103–104.
49. **Гурин, Л.С.** Задачи и методы оптимального распределения ресурсов. / Л.С. Гурин, Я.С. Дымарский, А.Д. Меркулов.– М.: «Сов. радио», 1968
50. **Заде, Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений; под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского; пер. с англ. / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
51. **Зеленков, Ю.А.** Искусство бега по граблям. Стратегическое управление ИТ в условиях неопределенности / Ю.А. Зеленков. – М.: Да!Медиа, 2013. – 136 с.
52. **Зеленков, Ю.А.** Методология стратегического управления развитием корпоративной информационной системы крупного промышленного

предприятия в современных условиях: дисс... доктора техн. наук / Ю.А. Зеленков. – Челябинск, 2013. – 275 с.

53. **Карпенко, А. П.** Многокритериальная оптимизация на основе нейро-нечеткой аппроксимации функции предпочтений лица, принимающего решения / А. П. Карпенко, Д. А. Моор, Д. Т. Мухлисуллина // Электронное научно-техническое издание: наука и образование. – 2010. – №1. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/143964.html>

54. **Карр, Н.** Блеск и нищета информационных технологий. Почему IT не являются конкурентным преимуществом / Н. Карр. – М.: Секрет фирмы, 2005. – 176 с.

55. **Касти, Дж.** Большие системы: связность, сложность и катастрофы / Дж. Касти. – М.: Мир, 1982.-216 с.

56. **Кобзарь А. И.** Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

57. **Коврига, С.В.** Методические и аналитические основы когнитивного подхода к SWOT-анализу / С.В. Коврига // Проблемы управления. – 2005. – № 5. – С. 58–63.

58. **Коврига, С.В.** Применение структурно-целевого анализа развития социально-экономических ситуаций / С.В. Коврига, В.И. Максимов // Проблемы управления. – 2005. - № 5. – С. 39–43.

59. **Корноушенко, Е.К.** Управление процессами в слабоформализованных средах при стабилизации графовых моделей среды / Е.К.Корноушенко, В.И. Максимов // Тр. Ин-та проблем управления РАН. – М., 1999. – Т. 2. – С. 82–94.

60. **Корноушенко, Е.К.** Управление ситуацией с использованием структурных свойств её когнитивной карты / Е.К. Корноушенко, В.И. Максимов // Тр. ИПУ РАН. 2000. Т. XI.

61. **Коростелев, Д.А.** Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений / Д.А. Ко-

ростелев, Д.Г. Лагерев, А.Г. Подвесовский // Вестник Брянского государственного технического университета. – Брянск: БГТУ, 2009. – № 4(24). – С. 77–85.

62. **Коростелев, Д.А.** Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагерев, А.Г. Подвесовский // Вестник Брянского государственного технического университета. – Брянск: БГТУ, 2009. – № 4(24) – С. 77-85.

63. **Косяченко, С.А.** Модели, методы и автоматизация управления в условиях чрезвычайных ситуаций / С. А. Косяченко, Н. А. Кузнецов, В. В. Кульба, А. Б. Шелков // Автоматика и телемеханика. – 1998. – № 6. – С. 3–66.

64. **Кравченко, Т.К.** Оценка эффективности стратегических решений службы информационных технологий / Т.К. Кравченко // Бизнес и информатика – 2011. №4. – С.16–23.

65. **Круглов, В.В.** Гибридные нейронные сети / В.В. Круглов, В.В. Борисов. – Смоленск: Русич, 2001.

66. **Круглов, В.В.** Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип / В.В. Круглов, В.В. Борисов. – М.: Горячая линия – ТЕЛЕКОМ, 2002.

67. **Круглов, В.В.** Нейронные сети: конфигурации, обучение, применение / В.В. Круглов, В.В. Борисов, Е.В. Харитонов. – Смоленск: Изд-во Моск. энерг. ин-та, фил-л в г. Смоленске, 1998.

68. **Кузнецов, О.П.** Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт; в кн.: Человеческий фактор в управлении / О. П. Кузнецов, А. А. Кулинич, А.В.Марковский; под ред. Н. А. Абрамовой, К. С. Гинсберга, Д. А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006. – С. 313–344.

69. **Кузькин, А. А.** Оценивание показателей эффективности и результативности ИТ-процессов с использованием гибридных нейро-нечетких сетей [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014, №1. –

М.: Науковедение, 2011. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/57TVN114.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.

70. **Кузькин, А. А.** Программа идентификации параметров взаимного влияния стратегических показателей управления сетью / А. А. Кузькин, С. В. Смирнов, Е. Н. Пантелеев, Д. И. Писарев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616325 от 03.07.2013 г.

71. **Кузькин, А. А.** Система сценарного планирования с применением нечёткого когнитивного моделирования / А. А. Кузькин, С. В. Смирнов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615368 от 06.06.2013 г.

72. **Кулинич, А.А.** Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» / А.А. Кулинич // Программные продукты и системы. – 2002. – № 3. – С. 25–28.

73. **Кулинич, А.А.** Разработка принципов и методов построения программных систем поддержки принятия решений в слабоструктурированных ситуациях на основе моделирования знаний эксперта: Автореф. дис.: канд. техн. наук: 05.13.11 / А.А. Кулинич. – Институт проблем управления. – Москва, 2002. – 17 с.

74. **Кульба, В.В.** Анализ устойчивости социально-экономических систем с использованием знаковых орграфов / В.В. Кульба, П.Б.Миронов, В. М. Назаретов // Автоматика и телемеханика. – 1993. – № 7. – С. 130–137.

75. **Кульба, В.В.** Проблемы обеспечения экономической безопасности сложных социально-экономических систем / В.В. Кульба, С.В. Ковалевский, Д.А. Кононов, И.В. Чернов, А.Б. Шелков. – М., 2000.-495 с.

76. **Лагерев, Д.Г.** Особенности построения нечетких когнитивных карт для моделирования социально-экономических систем / Д.Г. Лагерев, А.Г. Подвесовский // Экономические проблемы становления рыночных отношений в Российской Федерации: сборник статей II международной научно-практической конференции. Часть I. – Брянск: БГТУ. – 2007. – С. 185–189.

77. **Лазарев, А.А.** Алгоритмы решения NP-трудной проблемы минимизации суммарного запаздывания для одного прибора / А.А. Лазарев, А.Г. Кварацхелия, Е.Р. Гафаров // Доклады Академии Наук, 2007. Том 412. № 6. С. 739–742.

78. **Ларичев, О.И.** Наука и искусство принятия решений / О.И. Ларичев. - М.: Наука, 1979.-200 с.

79. **Ларичев, О.И.** Объективные модели и субъективные решения / О.И. Ларичев. - М. Наука. 1987. - 191 с.

80. **Ларичев, О.И.** Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития / О.И. Ларичев, А.Б. Петровский // Итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ, 1987. – Т.21. – С. 131–164.

81. **Леоненков, А.В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

82. **Люгер, Дж.Ф.** Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люгер. – 4-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 864 с.

83. **Максимов, В. И.** Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций // Проблемы управления. – 2005. – № 3. – С. 30–38.

84. **Максимов, В.И.** Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач / В.И.Максимов, Е.К. Корноушенко // Автоматика и телемеханика. – 1993. – № 7. – С. 95–109.

85. **Максимов, В.И.** Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений / В.И. Максимов, Е.К. Корноушенко, С.В. Качаев. – М.: Институт проблем управления РАН.

86. **Маляренко, И.** Планирование и оптимизация / И. Маляренко // Корпоративные системы. – 2006. – 27. – С. 29–32.

87. **Машковцев, С.В.** КРІ для поддерживающих подразделений / С.В. Машковцев, М.М. Бедило // Справочник кадровика. 2009. №5. – С. 129– 131.

88. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д. А. Поспелова. – М.: Наука, 1986.
89. **Орловский, С.А.** Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. /С.А. Орловский. – М.: Наука, 1984. – 206с.
90. **Павлов, А.А.** Основы системного анализа АСУ / А.А. Павлов. – К.: Техника, 1990. – 367 с.
91. **Раскин, Л.Г.** Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления. / Л.Г. Раскин. – М.: «Сов. радио», 1976. – 344с.
92. **Раскин, Л.Г.** Нечеткая математика. Основы теории. Приложения: моногр./ Л.Г. Раскин, О.В. Серая. – Х.: Парус, 2008. – 352 с.
93. **Резников, Б.А.** Системный анализ и методы системотехники. Часть 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем: учеб. / Б.А. Резников. – Министерство обороны СССР, 2006.
94. **Робертс, Ф.** Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986.
95. **Рутковская, Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, В. Пилиньский, Л.Рутковский; пер. с польского И.Д. Рудинского. – М: Горячая линия – Телеком, 2004.
96. **Саати, Т.** Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991.
97. **Силов, В. Б.** Оптимизация многокритериальных систем нечетко-целевого управления / В.Б. Силов // Известия РАН. Техническая кибернетика, № 4, 1992.
98. **Силов, В. Б.** Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В.Б. Силов. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
99. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов / В. Г. Блохин, О. П. Глудкин, А. И. Гуров, М. А. Ханин; Под ред. О. П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1997. – 232 с.

100. **Спирли, Э.** Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация: пер. с англ. / Э. Спирли – М., Том.1: Издательский дом «Вильяме», 2001 – 400 с.

101. **Тюленев, Л. В.** Организация и планирование машиностроительного производства: учебное пособие / Л.В.Тюленев. – СПб: Бизнес-пресса, 2001. – 304 с.

102. **Устинова, Г.М.** Информационные системы менеджмента: Основные аналитические технологии в поддержке принятия решений: учеб.пособие / Г.М. Устинова. – СПб.: Издательство «ДиаСофтЮП», 2000. – 368 с.

103. **Шаповалов, Т. С.** Генетический алгоритм составления расписания запуска параллельных заданий в GRID / Многопроцессорные вычислительные системы 2010. №4 Препринт ВЦ ДВО РАН. – Хабаровск, 2012 – С. 115–126.

104. **Штовба, С.Д.** Муравьиные алгоритмы / С.Д. Штовба // Научно-практический журнал Exponenta Pro. Математика в приложениях. – 2003. – 4. – С. 70–75.

105. **Штовба, С.Д.** Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.

106. Эффективность инвестиций в ИТ. Альманах лучших работ [Электронный ресурс] // Information Management. – 2013. – № 8–10. – 193 с. – Режим доступа: <http://infomanagement.rucio.ru/>

107. **Юдицкий, С.А.** Анализ слабоструктурированных проблемных ситуаций в организационных системах с применением нечетких когнитивных карт / С. А Юдицкий., И. А. Мурадян, Л. В. Желтова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. № 7.

108. **Ярушкина, Н.Г.** Основы теории нечетких и гибридных систем: Учебное пособие / Н. Г. Ярушкина. – М.: Финансы и статистика, 2004. 320 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГА	– генетический алгоритм;
ГНС	– гибридная нейронная сеть;
ИНС	– искусственная нейронная сеть;
ИТ	– информационная технология;
КПР	– ключевые показатели результативности;
КПЭ	– ключевые показатели эффективности;
МАИ	– метод анализа иерархий;
НKK	– нечеткая когнитивная карта;
ННС	– нейро-нечеткой сетью;
НЛ	– нечеткая логика;
ФП	– функция принадлежности;
AIM	– Amsterdam Information Model;
ANFIS	– Adaptive Network-based Fuzzy Inference System (система нейро-нечеткого вывода);
BSC	– Balanced Scorecard (сбалансированные показатели);
CMM	– Capability Maturity Model (модель зрелости возможностей);
CMMI	– Capability Maturity Model Integration (набор модель зрелости возможностей);
COBIT	– Control Objectives for Information and Related Technology;
COSO	– Committee of Sponsoring Organizations (комитет спонсорских организаций);
DoDAF	– Department of Defense Architecture Framework;
IT	– Information Technology (информационная технология);
ITAF	– IT Architecture Framework;
ITIL	– IT Infrastructure Library (библиотека инфраструктуры информационных технологий);
ITSM	– IT Service Management (сервисное управление ИТ);
EAI	– Enterprise Application Integration (интеграция корпоративных приложений);

ECM	– Enterprise Content Management (управление контентом корпорации);
EDR	– Enterprise data replication (тиражирование корпоративных данных);
EII	– Enterprise information integration (распределенная интеграция информации);
ETL	– Extract, Transform, Load («извлечение, преобразование, загрузка»);
KPI	– Key Performance Indicators;
MOF	– Microsoft Operations Framework;
MSF	– Microsoft Solutions Framework;
PMBOK	– Project Management Body of Knowledge (свод знаний по управлению проектами);
PRINCE2	– Projects IN Controlled Environments 2 (структурированный метод управления проектами);
SAM	– The Strategic Alignment Model;
SMF	– Service Management Functions;
TOGAF	– The Open Group Architecture Framework\$

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Стратегия развития информационных технологий на предприятии (ИТ-стратегия) – стратегический план управления развитием информационных технологий предприятия, направленный на удовлетворение потребностей бизнеса и достижение поставленных целей (ИТ-целей) по развитию используемых на предприятии ИТ.

Устойчивость ИТ-стратегии – сохранение значений уровней достижения ИТ-целей относительно требуемого на заданном интервале планирования.

ИТ-процесс – это структурированный набор видов деятельности, направленный на достижение определенной цели.

Ключевые показатели эффективности – персонализированные целевые показатели, связанные с целями подразделения, предприятия. Они служат инструментом мониторинга движения к поставленным целям.

Под концептом (фактором) будем понимать значимую для решаемой задачи характеристику (переменную, параметр) ситуации или системы. Концепты могут выражать как качественные, так и измеримые количественные величины, такие как численность населения, цены и т. п.

Между концептами существуют **причинно-следственные связи**, которые могут быть положительными или отрицательными. Увеличение значения концепта-причины приводит к увеличению значения концепта-следствия при положительной причинно-следственной связи и к уменьшению этого значения при отрицательной.

Под альтернативой будем понимать вектор допустимых воздействий на подмножество управляемых концептов.

Сценарий описывает изменение состояния системы, вызванное управляющими и внешними воздействиями на нее.

Нечеткая когнитивная карта представляет собой причинно-следственную сеть, имеющую вид:

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

где $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ – множество факторов (называемых *концептами*), W – бинарное отношение на множестве E , которое задает набор связей между его элементами. Данную причинно-следственную сеть будем называть *когнитивной картой* моделируемой системы.

Перечень ключевых показателей эффективности ИТ-процессов предприятия
согласно методологии COBIT

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
1.	PO 1	Доля целей ИТ в стратегическом плане ИТ, которые поддерживают реализацию стратегического бизнес плана	%	100,00%
2.	PO 1	Доля ИТ инициатив в тактическом плане, которые поддерживают реализацию тактического бизнес плана	%	100,00%
3.	PO 1	Доля в портфеле ИТ-проектов, которые прямо зафиксированы в тактических планах ИТ	%	100,00%
4.	PO 1	Временная задержка между обновлениями стратегических/тактических бизнес планов и обновлениями стратегических/тактических планов ИТ	Часы\Дни\Недели	Минимизация
5.	PO 1	Доля заседаний по осуждению стратегических/тактических планов ИТ, в которых принимали активное участие представители бизнеса	%	100,00%
6.	PO 1	Временная задержка между обновлениями стратегических планов ИТ и обновлениями тактических планов ИТ	Часы\Дни\Недели	Минимизация
7.	PO 1	Доля тактических планов ИТ, соответствующих ранее определённой структуре	%	100,00%
8.	PO 1	Доля ИТ инициатив/проектов, одобренных бизнесом	%	100,00%
9.	PO 2	Доля элементов данных, не являющихся частью корпоративной модели данных	%	100,00%
10.	PO 2	Доля несовместимостей со схемой классификации данных	%	100,00%
11.	PO 2	Доля приложений, не соответствующих информационной архитектуре	%	100,00%
12.	PO 2	Частота обновлений корпоративной модели данных	Дни\Недели\Месяцы	Максимизация частоты
13.	PO 2	Доля элементов данных, не имеющих владельца	%	100,00%
14.	PO 2	Частота операций проверки данных	Дни\Недели\Месяцы	Максимизация частоты
15.	PO 2	Уровень участия пользователей	Баллы от 0 до 5	5
16.	PO 3	Доля несовместимостей с технологическими стандартами	%	100,00%
17.	PO 3	Количество технологических платформ в организации	% от планируемого кол-ва	100,00%
18.	PO 3	Частота заседаний форума по технологиям	Дни\Недели\Месяцы	Оптимизация частоты
19.	PO 3	Частота заседаний комитета по вопросам ИТ архитектуры	Дни\Недели\Месяцы	Оптимизация частоты
20.	PO 3	Частота пересмотра/обновления плана развития технологической инфраструктуры	Дни\Недели\Месяцы	Оптимизация частоты
21.	PO 4	Число оставшихся в конфликте друг с другом ответственных при разделении обязанностей	шт.	Минимизация
22.	PO 4	Число обращений или нерешенных вопросов по причине не назначенных(неправильно назначен-	шт.	Минимизация

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
		ных)должностных обязанностей		
23.	PO 4	Доля заинтересованных лиц, удовлетворенных реакцией ИТ	%	100,00%
24.	PO 4	Доля документированных должностных функций	%	100,00%
25.	PO 4	Доля операционных ИТ функций, привязанных к корпоративным операционным структурам	%	100,00%
26.	PO 4	Частота заседаний комитета по стратегии и руководящего комитета	Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация частоты
27.	PO 5	Число отклонений от бюджета	денежные единицы	Минимизация
28.	PO 5	Доля отклонений от бюджета относительно общего объема бюджета	%	0,00%
29.	PO 5	Доля снижения удельной стоимости оказания ИТ услуг	%	Минимизация
30.	PO 5	Доля ИТ инвестиций, приносящих ранее запланированные результаты	%	100,00%
31.	PO 5	Доля проектов с заранее определенными результатами	%	100,00%
32.	PO 5	Доля ИТ услуг, по которым ведется учет ИТ затрат	%	100,00%
33.	PO 5	Доля проектов с анализом результатов внедрения	%	100,00%
34.	PO 5	Частота отчетности по результатам	Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация частоты
35.	PO 5	Доля проектов, по которым есть информация по эффективности (например, анализ затрат, графики эффективности, карта рисков)	%	100,00%
36.	PO 6	Доля заинтересованных сторон, понимающих ИТ политику	%	100,00%
37.	PO 6	Доля заинтересованных сторон, понимающих методологию корпоративного контроля в сфере ИТ	%	100,00%
38.	PO 6	Доля заинтересованных сторон, не придерживающихся политик	%	0,00%
39.	PO 6	Частота пересмотра/обновления политик	Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация частоты
40.	PO 6	Своевременность и частота информирования пользователей	%	100,00%
41.	PO 6	Частота пересмотра/обновления методологии корпоративного контроля в сфере ИТ	Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация частоты
42.	PO 7	Доля сотрудников ИТ, компетентность которых соответствует должностным требованиям, определенным стратегией	%	100,00%
43.	PO 7	Доля занятых должностей в персонале ИТ	%	100,00%
44.	PO 7	Доля рабочих дней, пропущенных в результате внепланового отсутствия на рабочем месте	%	100,00%
45.	PO 7	Доля сотрудников ИТ, выполнивших ежегодный план обучения	%	100,00%
46.	PO 7	Текущее соотношение работников ИТ и персонала ИТ в сравнении с плановым соотношением	%	100,00%
47.	PO 7	Доля сотрудников ИТ, прошедших проверки на предмет допуска к работе	%	100,00%
48.	PO 7	Доля должностей в службе ИТ, обеспеченных квалифицированными дублирующими сотрудниками	%	100,00%

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
49.	PO 7	Доля сотрудников ИТ, закончивших реализацию планы повышения квалификации	%	100,00%
50.	PO 7	Доля сотрудников ИТ, по работе которых ведется документированы и обновляемый анализ эффективности	%	100,00%
51.	PO 7	Доля должностей в персонале ИТ, обеспеченных описаниями должностных обязанностей и квалифицированными требованиями	%	100,00%
52.	PO 7	Среднее количество дней, занятых обучением и повышением квалификации (включая тренинги) из расчета на человека в год	часы\Дни\Недели	Оптимизация частоты
53.	PO 7	Уровень ротации ИТ персонала	Баллы от 0 до 5	5
54.	PO 7	Доля сертифицированного ИТ персонала	%	100,00%
55.	PO 7	Среднее количество дней, требующее для заполнения вакансии на ИТ должность	Часы\Дни\Недели	1
56.	PO 8	Доля дефектов, обнаруженных до начала промышленной эксплуатации	%	100,00%
57.	PO 8	Доля сокращения серьезных инцидентов в месяц	%	100,00%
58.	PO 8	Доля ИТ проектов, наблюдаемых и допущенных системой управления качеством, которые соответствуют конечным целям и задачам обеспечения качества	%	100,00%
59.	PO 8	Доля ИТ процессов, формально наблюдаемых системой управления качества на постоянной основе	%	100,00%
60.	PO 8	Доля процессов, наблюдаемой системой управления качеством	%	100,00%
61.	PO 8	Доля сотрудников ИТ персонала, прошедших обучение по вопросам обеспечения качества	%	100,00%
62.	PO 8	Доля ИТ процессов и проектов с активным участием заинтересованных сторон в обеспечение качества	%	100,00%
63.	PO 8	Доля процессов, проходящих контроль качества	%	100,00%
64.	PO 8	Доля заинтересованных сторон, принимающих участие в управлении качеством	%	100,00%
65.	PO 9	Доля выявленных критических ИТ инцидентов, которые подверглись оценке	%	100,00%
66.	PO 9	Число вновь выявленных ИТ рисков в сравнении с предыдущим периодом	шт. и соотношение в %	0,00%
67.	PO 9	Доля выявленных критических ИТ рисков, в отношении которых разработаны планы действий	%	100,00%
68.	PO 9	Доля ИТ бюджета, затраченного на мероприятия по управлению рисками (оценку и минимизацию)	%	100,00%
69.	PO 9	Частота анализа процесса управления рисками	Часы\Дни\Недели	Оптимизация частоты
70.	PO 9	Доля утвержденных оценок рисков	%	100,00%
71.	PO 9	Число отчетов по мониторингу рисков, подготовленных с утвержденной периодичностью	шт. в Дни\Недели\Месяцы	Оптимизация частоты
72.	PO 9	Доля выявленных ИТ инцидентов в ходе	%	100,00%

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
		оценки рисков		
73.	PO 9	Доля планов по управлению рисками, утвержденных и принятых к исполнению	%	100,00%
74.	PO 10	Доля проектов соответствующих графику и бюджету	%	100,00%
75.	PO 10	Доля проектов, соответствующих стандартам и практике в области управления проектами	%	100,00%
76.	PO 10	Доля сертифицированных и обученных менеджеров проекта	%	100,00%
77.	PO 10	Доля проектов, в отношении которых проведен анализ результатов после внедрения	%	100,00%
78.	PO 10	Доля заинтересованных сторон участвующих в проекте (с указанием участия)	%	100,00%
79.	AI 1	Доля заинтересованных сторон, удовлетворенных точностью результатов ТЭО	%	100,00%
80.	AI 1	Степень, в которой изменилось определение выгод от данных ТЭО до результатов внедрения		
81.	AI 1	Доля портфеля приложений не соответствующих архитектуре	%	100,00%
82.	AI 1	Доля ТЭО, проведенных в соответствии со сроками бюджета	%	100,00%
83.	AI 1	Доля проектов в годовом плане ИТ, изученных в ходе ТЭО	%	100,00%
84.	AI 1	Доля ТЭО, утвержденных владельцем бизнес процессов	%	100,00%
85.	AI 2	Доля проектов по разработке, соответствующих срокам и бюджетам	%	100,00%
86.	AI 2	Доля мероприятий, направленных на поддержку существующих приложений	%	100,00%
87.	AI 2	Число проблем в расчете на приложение, приводящих к ощутимым простоям	шт. или %	0,00%
88.	AI 2	Число зафиксированных дефектов в месяц (из расчета на одну функциональную возможность)	шт.	0
89.	AI 2	Доля проектов программных приложений с разработанными и реализованным планом обеспечения качества	%	100,00%
90.	AI 2	Доля проектов программных приложений, по которым проводится анализ и утверждение соответствия стандартам разработки	%	100,00%
91.	AI 2	Среднее время обеспечение функциональности на основе таких измерений как функциональные возможности или строки кода	опер/сек	Максимизация
92.	AI 2	Оценка усилий участия по программированию, направленных на обеспечение функциональности на основе таких измерений как функциональные возможности или строки кода	%	Оптимизация
93.	AI 3	Доля платформ не соответствующих утвержденной ИТ архитектуре	%	0,00%
94.	AI 3	Число различных технологических платформ в организации в расчете на функцию	шт.	Оптимизация
95.	AI 3	Доля компонентов инфраструктуры, приобретенных не в соответствии с процессом приобретения	%	100,00%
96.	AI 3	Число компонентов инфраструктуры, ко-	шт.	Минимизация

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
		которые более не подлежат поддержке		
97.	AI 3	Число и тип аварийных изменений в компонентах инфраструктуры	шт., тип	Минимизация
98.	AI 3	Число нереализованных заявок на приобретение	шт.	Минимизация
99.	AI 3	Среднее время конфигурирования компонентов инфраструктуры	ком/мин	Оптимизация
100.	AI 4	Число инцидентов, вызванный недостаточностью пользовательской и операционной документацией и обучением	шт. или %	0%
101.	AI 4	Число запросов на обучение, удовлетворяемых службой поддержки	шт. или %	100%
102.	AI 4	Уровень удовлетворенности обучением и документацией, относящихся к пользовательским и операционным процедурам	% и Баллы от 0 до 5	100% и 5
103.	AI 4	Уменьшение стоимости разработки/поддержки пользовательской документации, операционных процедур и обучающих материалов	%	Минимизация
104.	AI 4	Уровень посещаемости занятой по обучению пользователей и операторов по каждому приложению	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
105.	AI 4	Временная задержка между изменениями и обновлениями в программах обучения, процедурах и документации	Дни\Недели \Месяцы	Минимизация
106.	AI 4	Доступность, полнота и точность пользовательской и операционной документации	Баллы от 0 до 5	5
107.	AI 4	Число приложений, подкрепленных адекватным обучением пользователей и обслуживающего персонала	шт. или %	100%
108.	AI 5	Доля первоначальных требований, удовлетворенных выбранным решением	%	100,00%
109.	AI 5	Доля поставок, выполненных в соответствии с утвержденной политикой в области поставки и процедурами	%	100,00%
110.	AI 5	Сокращение стоимости приобретаемых товаров и услуг в расчете на единицу продукции	%	100,00%
111.	AI 5	Временная задержка между заявкой на поставку и подписанием контракта на закупку	дни\Недели \Месяцы	Минимизация
112.	AI 5	Число заявок на поставки, удовлетворенных поставщиками из списка предпочитаемых поставщиков	%	100,00%
113.	AI 5	Число запросов на поставку, нуждающихся в улучшении на основании ответов поставщиков	шт. или %	0,00%
114.	AI 5	Число заявок на поставки выполненных в срок	%	100,00%
115.	AI 5	Число изменений, производимых поставщиком для одного типа товаров или услуг	шт.	0
116.	AI 5	Число предложений, полученных в ответ на запросы поставщикам	%	100,00%
117.	AI 6	Количество переделок в приложениях или инфраструктуре, вызванных неточными спецификациями	шт. или %	0,00%
118.	AI 6	Сокращение времени и усилий, необходимых для внесения изменений	%	Минимизация
119.	AI 6	Доля аварийных изменений от общего числа вносимых изменений	%	Минимизация

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
120.	AI 6	Доля неудачных изменений в инфраструктуре из-за неадекватных спецификаций на изменения	%	Минимизация
121.	AI 6	Число формально не отслеживаемых изменений	шт. или %	0,00%
122.	AI 6	Число невыполненных запросов на изменения	шт. или %	0,00%
123.	AI 6	Доля изменения, учтенных автоматизированными средствами	%	100,00%
124.	AI 6	Доля изменений, которые производятся согласно формальным процессам контроля	%	100,00%
125.	AI 6	Соотношение принятых и отклоненных запросов на изменения	%	Оптимизация
126.	AI 6	Количество различных версий каждого из поддерживаемых корпоративных приложений	шт.	Оптимизация
127.	AI 6	Количество и характер аварийных изменений в компонентах архитектуры	шт., тип	Минимизация
128.	AI 6	Количество и тип обновлений/исправлений, внесенных в компоненты инфраструктуры	шт., тип	Оптимизация
129.	AI 7	Число ошибок, обнаруженных в процессе внутреннего в внешнего аудита в отношении инсталляции и приемки	%	100,00%
130.	AI 7	Переделки, осуществленные после внедрения, по причине неадекватного приемного тестирования	шт. или %	Минимизация
131.	AI 7	Обращение в службу поддержки от пользователя по причине неадекватного обучения	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Минимизация
132.	AI 7	Количество простоев в работе приложений или число исправлений в данных, вызванных некачественным тестированием	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Минимизация
133.	AI 7	Степень вовлеченности заинтересованных сторон в процесс инсталляции и приемки	%	100,00%
134.	AI 7	Доля проектов, имеющих документированный и утвержденный план тестирования	%	100,00%
135.	AI 7	Число выводов, сделанных по анализам результатов внедрения	шт.	Оптимизация
136.	AI 7	Доля ошибок, выявленных в процессе анализа уровня качества инсталляции и приемки	%	100,00%
137.	AI 7	Число изменений, внесенных без предусмотренного утверждения руководством	шт. или %	0,00%
138.	DS 1	Число оказываемых услуг, не включенных в каталог	шт.	0
139.	DS 1	Доля услуг, соответствующих уровням обслуживания	%	100,00%
140.	DS 1	Доля оцениваемых уровней обслуживания	%	100,00%
141.	DS 1	Число встреч по обсуждению соглашения об уровне обслуживания корпоративными потребителями в год	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
142.	DS 1	Доля уровней обслуживания, по которым ведется отчетность	%	100,00%
143.	DS 1	Доля уровней обслуживания, по которым ведется автоматизированная отчетность	%	100,00%
144.	DS 1	Число рабочих дней, затраченных на приведение в соответствие уровня обслуживания после согласования с потребителем	Дни\Недели \Месяцы	Минимизация
145.	DS 2	Доля от числа основных поставщиков, со-	%	100,00%

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
		ответствующих четко определенным требованиям и уровням обслуживания		
146.	DS 2	Число формальный обсуждений с поставщиками	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
147.	DS 2	Доля обсуждаемых счетов с поставщиками	%	100,00%
148.	DS 2	Доля основных поставщиков, подчиненных четко определенным требованиям и уровням обслуживания	%	100,00%
149.	DS 2	Доля от числа основных поставщиков, охваченных мониторингом	%	100,00%
150.	DS 2	Уровень корпоративной удовлетворенности эффективностью работы с поставщиками	Баллы от 0 до 5	5
151.	DS 2	Число существенных инцидентов по причине не соответствия поставщиков	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Минимизация
152.	DS 3	Пиковая нагрузка и общий уровень эксплуатационной нагрузки	шт.	Минимизация
153.	DS 3	Доля пиков, при которых превышалась плановая нагрузка	%	0,00%
154.	DS 3	Доля показателей времени реакции системы, не соответствующих соглашению об уровне обслуживания	%	0,00%
155.	DS 3	Доля ошибок при транзакции	%	100,00%
156.	DS 3	Регулярность прогноза по производительности и мощностям	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
157.	DS 3	Доля активов, включенных в отчетность по мощностям	%	100,00%
158.	DS 3	Доля активов, по которым ведется автоматизированный мониторинг	%	100,00%
159.	DS 4	Доля соответствия соглашениям об уровне обслуживания по критерию доступности	%	100,00%
160.	DS 4	Число критических бизнес процессов, зависящих от ИТ, но не охваченных планом непрерывности обслуживания	шт. или %	Минимизация
161.	DS 4	Доля тестов, достигших контрольных показателей по восстановлению	%	100,00%
162.	DS 4	Регулярность перебоев в обслуживании критических систем	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Минимизация
163.	DS 4	Время между тестами отдельных компонентов плана непрерывности ИТ обслуживания	Ча- сы\Дни\Нед ели	Оптимизация
164.	DS 4	Число часов, затраченных на обучение непрерывности ИТ обслуживания из расчета на одного сотрудника службы ИТ в год	ча- сы\Дни\Нед ели	Оптимизация
165.	DS 4	Доля критических компонентов инфраструктуры, охваченных автоматизированным мониторингом	%	100,00%
166.	DS 4	Регулярность обновления плана непрерывности ИТ обслуживания	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
167.	DS 5	Число и типы предположительных и явных попыток нарушения прав доступа	шт. в Дни\Недели \Месяцы	0
168.	DS 5	Число нарушений в вопросе разделения обязанностей	шт. в Дни\Недели \Месяцы	0

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
169.	DS 5	Доля пользователей, не исполняющих требования стандартов в отношении паролей	%	100,00%
170.	DS 5	Число и типы предотвращенных вредоносных программ	шт., тип	Минимизация
171.	DS 5	Регулярность мониторинга различных типов инцидентов в сфере безопасности	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
172.	DS 5	Число и типы устаревших учетных записей	шт., тип	Минимизация
173.	DS 5	Число случаев блокировки неавторизованных IP адресов, портов и типов трафика	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Минимизация
174.	DS 5	Доли компрометированных и аннулированных криптографических ключей	%	Минимизация
175.	DS 5	Число авторизованных, аннулированных, восстановленных или измененных прав доступа	шт. или %	Оптимизация
176.	DS 6	Доля расхождения между бюджетами, прогнозами и реальными затратами	денежные единицы, %	0
177.	DS 6	Доля от общих затрат на ИТ, распределяемая согласно принятым моделям затрат	денежные единицы, %	Оптимизация
178.	DS 6	Доля обсуждаемых с бизнес-менеджерами затрат на организацию	денежные единицы, %	Оптимизация
179.	DS 6	Доля бизнес пользователей, участвующих в модели определения затрат	%	Оптимизация
180.	DS 6	Регулярность анализа модели распределения затрат	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
181.	DS 6	Доля затрат, распределяемых автоматически/вручную	%	Оптимизация
182.	DS 7	Число обращений в службу поддержки с запросами на обучение или с просьбами ответить на вопросы	шт. или %	Оптимизация
183.	DS 7	Доля заинтересованных сторон, удовлетворенных полученным обучением	%	100,00%
184.	DS 7	Доля сотрудников прошедших обучение	%	100,00%
185.	DS 7	Число обновлений программы обучения	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
186.	DS 7	Временная задержка между выявленными потребностями в обучении и предоставлением обучения	Часы\Дни\Недели	Минимизация
187.	DS 8	Доля запросов, разрешенных "первой линии" поддержки от общего числа запросов	%	100,00%
188.	DS 8	Доля инцидентов, возникших вновь	%	0,00%
189.	DS 8	Доля запросов, оставшихся без ответа	%	0,00%
190.	DS 8	Средняя продолжительность инцидентов по их серьезности	минуты	Оптимизация
191.	DS 8	Средняя скорость ответа на запрос по телефону/электронной почте	шт. в Дни\Недели \Месяцы	Оптимизация
192.	DS 8	Доля инцидентов и запросов в службу поддержки, заявленных и зафиксированных с помощью автоматизированных средств	%	100,00%
193.	DS 8	Число дней в год, занятых обучением сотрудника службы поддержки	Часы\Дни\Недели	Оптимизация
194.	DS 8	Число звонков обрабатываемых сотрудником службы поддержки	шт. в Час\День\Неделю	Оптимизация

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
195.	DS 8	Доля инцидентов, требующих локальной поддержки	%	Минимизация
196.	DS 8	Число запросов, оставшихся без решения	%	Минимизация
197.	DS 9	Число отклонений, выявленных между конфигурационными данными в хранилище и текущей конфигурацией данных	шт. или %	Минимизация
198.	DS 9	Доля приобретенных, но не учтенных в хранилище лицензий	%	Минимизация
199.	DS 9	Средняя временная задержка между выявлением несоответствия и его исправлением	Мин\Час\День	Минимизация
200.	DS 9	Число несоответствий, относящихся к неполноте или отсутствию данных о конфигурации	шт. или %	Минимизация
201.	DS 9	Доля объектов конфигурации, соответствующих уровням обслуживания по эффективности, безопасности и доступности	%	100,00%
202.	DS 10	Доля зафиксированных и отслеженных проблем	%	Минимизация
203.	DS 10	Доля повторяющихся проблем (в течении времени) по их серьезности	%	Минимизация
204.	DS 10	Доля проблем, решенных в течении требуемого периода времени	%	100,00%
205.	DS 10	Число открытых/новых/закрытых проблем по их серьезности	%	Оптимизация
206.	DS 10	Среднее и стандартное отклонение от временной задержки между выявлением проблемы и ее решением	Мин\Час\День	Минимизация
207.	DS 10	Среднее и стандартное отклонение от временной задержки между решением и закрытием проблемы	Мин\Час\День	Минимизация
208.	DS 10	Средняя продолжительность времени между фиксацией проблемы и выявление ее первопричины	Мин\Час\День	Минимизация
209.	DS 10	Доля проблем, по которым первопричины не выявлены	%	Минимизация
210.	DS 10	Регулярность отчетов или обновлений, касающихся текущих проблем, ранжированных по их серьезности	шт. в Час\День\Неделю	Оптимизация
211.	DS 11	Доля случаев успешного восстановления данных	%	100,00%
212.	DS 11	Число инициатив, при которых важные данные были восстановлены после списания носителей данных	шт. или %	Оптимизация
213.	DS 11	Число простоев или инцидентов, связанных с целостностью данных, вызванных недостаточным объемом хранилища данных	шт.	Минимизация
214.	DS 11	Регулярность тестирования данных, находящихся в резервном хранилище	шт. в Час\День\Неделю	Оптимизация
215.	DS 11	Среднее время восстановления данных	Мин\Час\День	Минимизация
216.	DS 12	Число инцидентов, вызванных нарушением физической безопасности или ошибками	шт. в Час\День\Неделю	Минимизация
217.	DS 12	Число случаев неавторизованного доступа к компьютерным ресурсам	шт. в Час\День\Неделю	Минимизация
218.	DS 12	Регулярность тренингов персонала по вопросам техники безопасности	шт. в День\Недел	Оптимизация

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
			ю\Год	
219.	DS 12	Доля персонала, прошедшего тренинги по вопросам безопасности	%	100,00%
220.	DS 12	Число проверок на минимизацию рисков за прошедший год	шт.	Оптимизация
221.	DS 12	Регулярность анализа и оценки рисков, связанных с физической безопасностью и средой	шт. в День\Неделю\Год	Оптимизация
222.	DS 13	Число инцидентов, повлекших простои и задержки по причине отклонений от операционных процедур	шт. в День\Неделю\Год	Минимизация
223.	DS 13	Доля запланированных работ и запросов, не выполненных в срок	%	0,00%
224.	DS 13	Число инцидентов, повлекших простои и задержки по причине неадекватности процедур	шт. в День\Неделю\Год	Минимизация
225.	DS 13	Число часов, затраченных на обучение персонала в год	Часы\Дни\Недели	Оптимизация
226.	DS 13	Доля активов в виде оборудования, включенных в программы превентивного обслуживания	%	100,00%
227.	DS 13	Доля автоматизированных работ от общего запланированного объема	%	100,00%
228.	DS 13	Регулярность обновлений операционных процедур	шт. в День\Неделю\Год	Оптимизация
229.	ME 1	Уровень удовлетворенности заинтересованных сторон процессом измерения показателей	Баллы от 0 до 5	5
230.	ME 1	Доля критических процессов, охваченных мониторингом	%	100,00%
231.	ME 1	Число действий по совершенствованию, вызванных мониторингом	шт.	Оптимизация
232.	ME 1	Число достигнутых целей по эффективности	шт. или %	100,00%
233.	ME 1	Временная задержка между отчетом о недостатках и корректирующими действиями	Мин\Час\День	Минимизация
234.	ME 1	Задержка в обновлении измерений, отражающих текущие цели по эффективности, показатели и сравнительный анализ	Мин\Час\День	Минимизация
235.	ME 1	Число показателей (из расчета на процесс)	шт.	Оптимизация
236.	ME 1	Число причинно-следственных связей, выявленных и учтенных при мониторинге	шт.	Оптимизация
237.	ME 1	Объем усилий, необходимых для сбора значений показателей	Баллы от 0 до 5	5
238.	ME 1	Число проблем, не выявленных в ходе процесса оценки	шт. или %	Минимизация
239.	ME 1	Доля показателей, которые могут использоваться при сравнительном отраслевом анализе и анализе групп целей	%	Максимизация
240.	ME 2	Частота инцидентов в сфере внутреннего контроля	шт. или %	Минимизация
241.	ME 2	Число уязвимых мест, выявленных во внешней отчетности по квалификации и сертификации	шт. или %	Минимизация
242.	ME 2	Число инициатив по совершенствованию мер контроля	шт. или %	Максимизация
243.	ME 2	Число инцидентов, связанных с несоответствием законодательным требованиям или	шт. или %	Минимизация

№ п/п	Индекс ИТ-процесса	Наименование ключевого показателя эффективности ИТ-процесса	Единицы измерения	Предельный результат
		регулирующим нормам		
244.	МЕ 2	Число своевременных действий, предпринятых по вопросам внутреннего контроля	шт. или %	Максимизация
245.	МЕ 2	Число и охват контрольных самооценок	шт.	Оптимизация
246.	МЕ 2	Число и охват мер внутреннего контроля для надзорного анализа	шт.	Оптимизация
247.	МЕ 2	Временная задержка между выявлением недостатка в сфере внутреннего контроля и сообщением об этом в отчетности	Часы\Дни\Недели	Минимизация
248.	МЕ 2	Количество, регулярности и охват отчетности по соблюдению требований внутреннего контроля	шт. в День\Неделю\Год	Оптимизация
249.	МЕ 3	Число выявленных за год критических случаев несоответствия внешним требованиям	шт. или %	Минимизация
250.	МЕ 3	Частота анализа соответствия внешним требованиям	шт. в Неделю\Месяц\Год	Оптимизация
251.	МЕ 3	Средняя временная задержка между выявлением проблем с соответствием внешним требованиям и его решением	Мин\Час\День	Минимизация
252.	МЕ 3	Средняя временная задержка между изданием нового закона или регулирующей нормы и инициированием процедуры обеспечения соответствия новым требованиям	Мин\Час\День	Минимизация
253.	МЕ 3	Число дней в году, занятых обучением каждого сотрудника по вопросам совместимости внешним требованиям	Мин\Час\День	Оптимизация
254.	МЕ 4	Регулярность ИТ отчетности перед Советом директоров (включая оценку зрелости)	шт. в Неделю\Месяц\Год	Оптимизация
255.	МЕ 4	Число случаев нарушений в управлении	шт. в Неделю\Месяц\Год	Минимизация
256.	МЕ 4	Регулярность независимых оценок по вопросам соответствия требованиям ИТ	шт. в Неделю\Месяц\Год	Оптимизация
257.	МЕ 4	Доля персонала, прошедшего тренинги по вопросам управления (например, правилам внутреннего распорядка)	%	100,00%
258.	МЕ 4	Число должностных лиц, ответственных за соблюдение этических норм в подразделении	кол-во	Оптимизация
259.	МЕ 4	Регулярность включения вопросов управления ИТ в повестку заседания комитета по стратегии /управлению ИТ	шт. в Неделю\Месяц\Год	Максимизация
260.	МЕ 4	Доля членов Совета директоров, прошедших обучение или имеющих опыт управления ИТ	%	Максимизация
261.	МЕ 4	Давность согласованных рекомендаций	Неделя\Месяц\Год	Оптимизация
262.	МЕ 4	Регулярность отчетности перед Советом директоров по результатам анализа удовлетворенности заинтересованных сторон	шт. в Неделю\Месяц\Год	Оптимизация