

На правах рукописи

КУЗЬКИН АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ

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

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Орел– 2015

Работа выполнена в Государственном казенном образовательном учреждении высшего профессионального образования Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации.

Научный руководитель: кандидат технических наук
Басов Олег Олегович,
Академия Федеральной службы охраны
Российской Федерации, г. Орел

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Еременко Владимир Тарасович,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет –
учебно-научно-производственный комплекс»,
заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»;
доктор технических наук, профессор
Мещеряков Роман Валерьевич,
ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»,
заведующий кафедрой «Безопасность информационных систем»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянский государственный технический университет» (БГТУ)

Защита состоится «___» _____ 2015 года в __: __ на заседании диссертационного совета Д 002.199.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки "Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук" по адресу:

199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия, дом 39.

факс: (812)-328-44-50 тел: (812)-328-34-11.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки " Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук".

Автореферат разослан "___" _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.199.01
кандидат технических наук

Фаткиева Роза Равильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. 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., Саати 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.

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 мо-

делировании 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 модели и алгоритмов, 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.), Всероссийской 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 12 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 199 страницах машинописного текста, содержит 15 иллюстрации и 8 таблиц, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы (101 наименование) и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована ее актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе обоснована необходимость разработки ИТ-стратегии предприятия и оценки эффективности ее реализации в слабоструктурированных системах; рассмотрены основные проблемы снижения эффективности ИТ-стратегии в рамках корпоративного управления; обоснована возможность применения методов интеллектуального анализа данных для решения задачи обеспечения устойчивости ИТ-стратегии; осуществлена формальная постановка задачи исследования.

Решение задачи оценки эффективности ИТ-стратегии в рамках комплексного ИТ-аудита позволяет руководству ИТ-департамента (отдела) предприятия проводить обобщенную и сравнительную оценку ИТ-процессов и формализовать требования, направленные на совершенствование ИТ-целей предприятия.

Для построения ИТ-процессов предприятия в настоящее время используются различные библиотеки и стандарты, в основе которых лежит процессное управление и сервисный подход, такие как: *ITIL (IT Infrastructure Library)*, концепция *MOF (Microsoft Operations Framework)*, стандарт *COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology)*; ГОСТ Р ИСО 2000. Структуризация процесса достижения ИТ-целей предприятия с помощью методологии *COBIT 5.0* (как наиболее функциональной для проведения комплексного аудита ИТ) позволяет однозначно простроить зависимость степени их достижения от уровня обеспечения требований к процессу внедрения и реализации ИТ-процессов, однако не учитывает неопределенности воздействия среды, обусловленной ограничениями на общий потребляемый ИТ-ресурс. Указанный недостаток продуцирует невозможность обеспечения (уже на этапе оценки) устойчивости ИТ-стратегии на заданном интервале планирования.

На основе анализа существующих решений в области интеллектуального анализа данных сделан вывод о целесообразности гибридного использования методов когнитивного моделирования и генетических алгоритмов (ГА) для оценивания уровней достижения ИТ-целей как показателей устойчивости ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды.

Процесс обеспечения устойчивости ИТ-стратегии включает в себя:

- оценку уровней достижения ИТ-целей $C^{\text{ИТЦ}} = (C_1^{\text{ИТЦ}}, C_2^{\text{ИТЦ}}, \dots, C_N^{\text{ИТЦ}})$, позволяющую осуществлять контроль и прогнозирование обеспеченности ИТ-стратегии;
- решение оптимизационной задачи получения требований к значениям КПЭ $C^{\text{КПЭ}} = (C_1^{\text{КПЭ}}, C_2^{\text{КПЭ}}, \dots, C_P^{\text{КПЭ}})$ ИТ-процессов $C^{\text{Пр}} = (C_1^{\text{Пр}}, C_2^{\text{Пр}}, \dots, C_K^{\text{Пр}})$ 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.

С учетом такой структуризации для достижения цели диссертационного исследования требуется разработать:

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

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

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:

$$C^{\text{КПЭ}} : f(C^{\text{Пр}}, C^{\text{КПЭ}}) \subset C_{\text{треб}}^{\text{ИТЦ}}. \quad (2)$$

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

- соответствующую методику обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования.

Во второй главе рассматриваются вопросы разработки математической модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия, позволяющей учесть неопределенность воздействия среды на основе применения нечётких когнитивных карт (НКК) и аппарата гибридных нейро-нечетких сетей.

Общая процедура такого применения к решению задачи оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия предусматривает реализацию трех этапов (рис. 1).

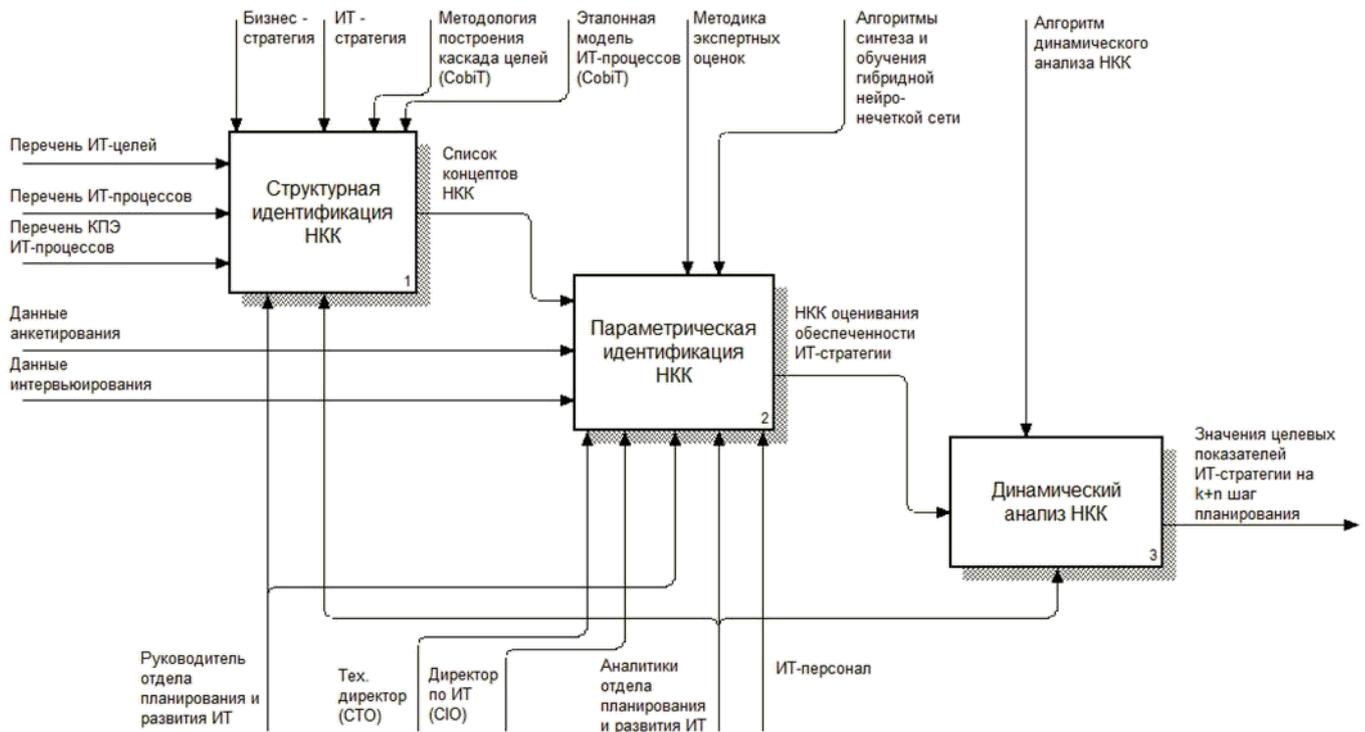


Рис. 1. Функциональная модель процесса построения НКМ оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия в нотации IDEF0

На первом этапе производится структурная идентификация НКК, заключающаяся в выделении концептов $C_n^{\text{ИТЦ}}$, $C_k^{\text{Пр}}$, $C_p^{\text{КПЭ}}$, определяющих множества ИТ-целей, ИТ-процессов и их КПЭ и характеризующих уровни: достижения n -ой ИТ-цели ($n=1, \dots, N$), возможностей k -го ИТ-процесса ($k=1, \dots, K$) и p -го КПЭ ИТ-процесса ($p=1, \dots, P$) соответственно.

Результатом выполнения первого этапа является структура нечеткой когнитивной модели оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия (1). Его особенностью является возможность адаптации групп концептов под профиль предприятия за счет выделения перечня характерных ИТ-целей, а также перечня критических ИТ-процессов, суммарное влияние которых на устойчивость ИТ-стратегии составляет более 90 %.

Веса связей между группами концептов из множества $C^{\text{Пр}}$ и множества $C^{\text{ИТЦ}}$

$$W^{\text{ИТЦ-Пр}} = \begin{bmatrix} w_{11}^{\text{ИТЦ-Пр}} & w_{12}^{\text{ИТЦ-Пр}} & \dots & w_{1I}^{\text{ИТЦ-Пр}} \\ w_{21}^{\text{ИТЦ-Пр}} & w_{22}^{\text{ИТЦ-Пр}} & \dots & w_{2I}^{\text{ИТЦ-Пр}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{J1}^{\text{ИТЦ-Пр}} & w_{J2}^{\text{ИТЦ-Пр}} & \dots & w_{JI}^{\text{ИТЦ-Пр}} \end{bmatrix}; \quad (3)$$

определяются с помощью метода экспертных оценок. Внутри множества $C^{\text{Пр}}$ веса связей между концептами

$$W^{\text{Пр}} = \begin{bmatrix} w_{11}^{\text{Пр}} & w_{12}^{\text{Пр}} & \dots & w_{1I}^{\text{Пр}} \\ w_{21}^{\text{Пр}} & w_{22}^{\text{Пр}} & \dots & w_{2I}^{\text{Пр}} \\ \dots & & & \\ w_{J1}^{\text{Пр}} & w_{J2}^{\text{Пр}} & \dots & w_{JI}^{\text{Пр}} \end{bmatrix}; \quad (4)$$

задаются методами корреляционного и факторного анализа. Веса связей между группой концептов из множества $C^{\text{КПЭ}}$ и группой концептов из множества $C^{\text{Пр}}$

$$W^{\text{Пр-КПЭ}} = \begin{bmatrix} w_{11}^{\text{Пр-КПЭ}} & w_{12}^{\text{Пр-КПЭ}} & \dots & w_{1I}^{\text{Пр-КПЭ}} \\ w_{21}^{\text{Пр-КПЭ}} & w_{22}^{\text{Пр-КПЭ}} & \dots & w_{2I}^{\text{Пр-КПЭ}} \\ \dots & & & \\ w_{J1}^{\text{Пр-КПЭ}} & w_{J2}^{\text{Пр-КПЭ}} & \dots & w_{JI}^{\text{Пр-КПЭ}} \end{bmatrix}; \quad (5)$$

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*.

Введенные отношения влияния (3)(5) отображаются в виде дуг ориентированного графа НКК, задаются в виде весов $w_{ij} \in [-1, 1]$ соответствующих матриц смежности и описывают нечеткие причинно-следственные связи между значащими концептами.

На втором этапе (рис. 1) производится параметрическая идентификация полученной НКК, заключающаяся в описании концептов из множеств $C^{\text{ИТЦ}}$, $C^{\text{Пр}}$ и $C^{\text{КПЭ}}$ соответствующими нечеткими переменными вида $\langle Q_i^k, D_i, C_i^k \rangle$, где Q_i^k – термножество i -го концепта; D_i – базовое множество i -го концепта; C_i^k – функция принадлежности (ФП) значений концепта в базовом множестве; k – число типовых состояний концепта. Для задания термножества лингвистических переменных для группы концептов из множеств $C^{\text{ИТЦ}}$ использовалась шкала стандарта *ISO/IEC 15504*, позволяющая присвоить рейтинг по достижению каждой из ИТ-целей в зависимости от полноты ее достижения. Термножество лингвистической переменной, описывающей уровни возможностей ИТ-процессов из множества $C^{\text{Пр}}$, задавалась в соответствии со стандартом *COBIT 5.0*. Область определения лингвистической переменной, описывающей концепты из множества $C^{\text{КПЭ}}$ и ограничивающей значения для деления области определения на количество уровней в соответствии термножеством для каждого КПЭ, задано в соответствии с требованиями Соглашения об уровне предоставления услуги (*Service Level Agreement – SLA*) к конкретным КПЭ, характеризующим определенный ИТ-процесс.

Для оценки состояний ИТ-процессов по КПЭ (рис. 2) показана целесообразность использования адаптивной системы нейро-нечеткого вывода – ANFIS (Adaptive Network-based Fuzzy Inference System), позволяющей настраивать параметры ФП в процессе обучения нейронной сети с помощью алгоритма обратного распространения

ошибки, а выводы делать на основе аппарата нечеткой логики. Сравнение полученных с ее помощью результатов, показало их хорошую согласованность с экспериментальными данными, полученными при оценивании состояния ИТ-процессов по КПЭ.

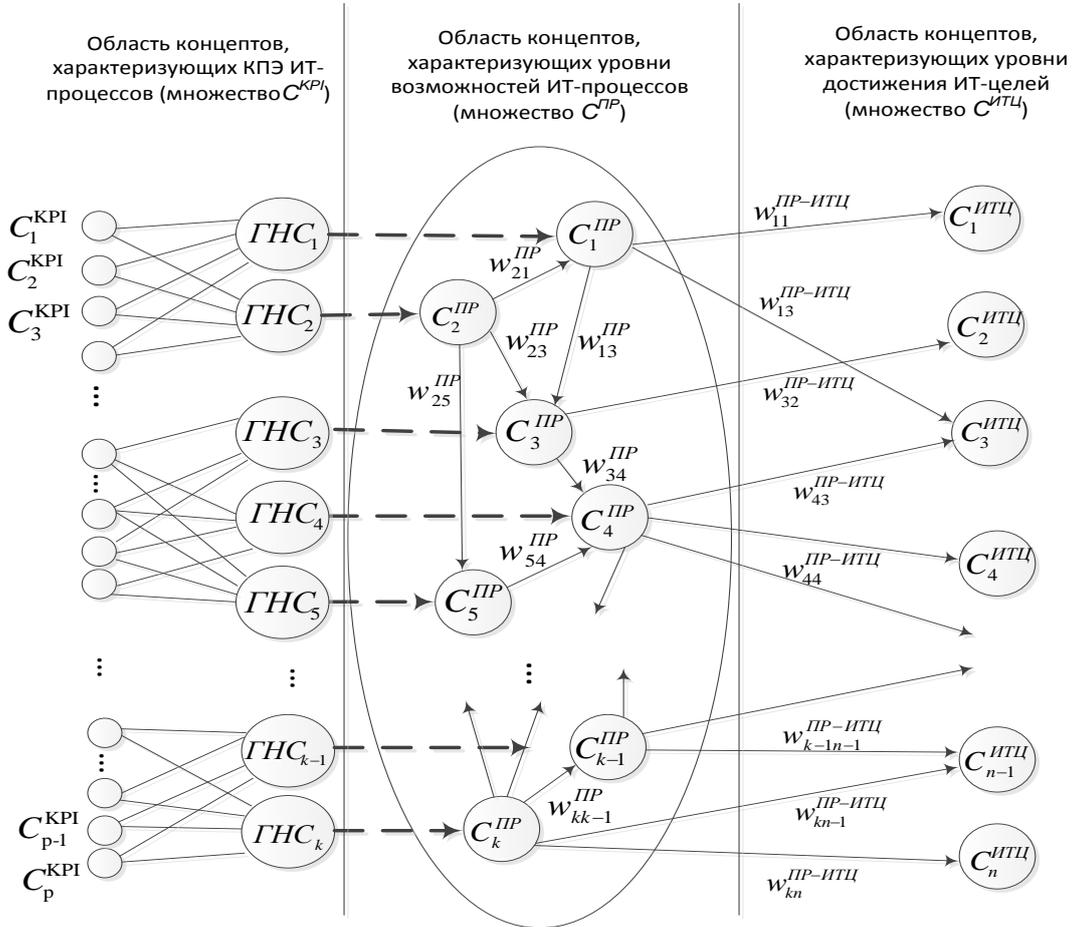


Рис. 2. Обобщенная структура НКМ оценивания уровней достижения ИТ-целей предприятия

На третьем этапе (рис. 1) производится динамический анализ полученной НКК, в результате чего становится возможным спрогнозировать значения целевых концептов из множества $C^{ИТЦ}$ на заданный интервал планирования за счет разработки механизма влияния нескольких концептов-источников на концепт-приемник. В качестве такого механизма использован подход, предполагающий взвешенное суммирование выходных значений концептов-источников с последующим нелинейным преобразованием результатов. Для случая комплексного влияния концептов множеств $C^{КПЭ}$ и $C^{ПР}$ на уровень достижения ИТ-целей модель динамики НКК примет следующий вид:

$$C_j^{ИТЦ}(t+1) = f \left[\sum_{j=1}^{R_{ПР}} w_{ij}^{ИТЦ-ПР} C_i^{ПР}(t) + \sum_{j=1}^{R_{ПР}} w_{ij}^{ПР} C_i^{ПР}(t) + \sum_{j=1}^{R_{КПЭ}} w_{ij}^{ПР-КПЭ} C_i^{КПЭ}(t) \right], \quad (6)$$

где $w_{ij}^{ПР}$ – веса влияния концепта $C_i^{ПР}$ на концепт $C_j^{ПР}$; $w_{ij}^{ПР-КПЭ}$ – веса влияния концептов $C_i^{КПЭ}$ на концепт $C_j^{ПР}$; $R_{ПР}, R_{КПЭ}$ – число концептов-источников из множеств $C^{ПР}$ и $C^{КПЭ}$, влияющих на концепт $C_j^{ИТЦ}$. Интервал модельного времени $(t+1)$ выбирается в соответствии с принятым в организации горизонтом планирования.

Результатом выполнения трех этапов (рис. 1) является модель, позволяющая проводить анализ как отрицательного, так и положительного влияний КПЭ на принятую ИТ-стратегию предприятия.

В третьей главе рассмотрены подходы к обеспечению устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования, решения задач формирования требований к уровням достижения ИТ-целей и значениям КПЭ ИТ-процессов.

Показано, что устойчивость ИТ-стратегии предприятия может быть обеспечена путем формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов на основе балансировки их согласованного влияния на прогнозируемые уровни достижения ИТ-целей с применением методов эволюционных вычислений.

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. Оценки относительной важности ИТ-целей q_i получены с помощью метода анализа иерархий, а ограничения – на основе численного решения нечеткой задачи линейного программирования с заданным уровнем принадлежности значения целевой функции

$$x_j^* = \left(\left(\frac{\bar{q}_i}{\sigma_i^2} \right) / \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \frac{\bar{q}_i}{\sigma_i^2} \right) \right) b_j; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}, \quad (7)$$

где a_{ij} – коэффициент, показывающий 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.

Вычисление и анализ значений целевых показателей ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования связано с исследованием силы и согласованности взаимовлияний между концептами нечеткой когнитивной модели 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 которого является переход, от когнитивной матрицы W к транзитивно замкнутой матрице V , элементами которой являются пары (v_{ij}, \bar{v}_{ij}) . На основе матрицы V производится выбор доминирующей стратегии обоснования показателей устойчивости ИТ-стратегии.

Для формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов с учетом минимизации отклонений значений ИТ-целей от требуемых на заданном интервале планирования обосновано применение высоко робастного генетического алгоритма Холланда. В качестве условий его адаптации для решения рассматриваемой задачи использованы требования к уровню достижения ИТ-целей и выделенные контура влияния значений КПЭ ИТ-процессов на них. Алгоритм формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Идентификация нечеткой когнитивной модели (НКМ) обеспеченности ИТ-стратегии, а именно определение векторов $\vec{C}^{\text{КПЭ}}$ и $\vec{C}^{\text{ИТЦ}}$. Задание вектора требуе-

мых 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.

Шаг 3. Расчет ресурсоемкости полученных значений КПЭ ИТ-процессов и проверка условий на не превышение $res_{\text{аи}i}$ для каждой особи в начальной популяции:

$$\begin{aligned} res_i &= f(C_i^{\text{КПЭ}}), \\ \min \Delta res_i &= g(res_i, res_{\text{доп}}) \geq 0. \end{aligned} \quad (8)$$

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

$$C_{ij}^{\text{ИТЦ}} = F(C_i^{\text{КПЭ}}), j = \overline{1, k} \quad (9)$$

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

$$\begin{aligned} \Delta C_{ij}^{\text{ИТЦ}} &= C_{ij}^{\text{ИТЦ}} - C_{j\text{треб}}^{\text{ИТЦ}}, \\ \Delta C &= \min_i \min_j \Delta C_{ij}^{\text{ИТЦ}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Шаг 6. Проверка условия на положительность параметра останова алгоритма $\Delta C \geq 0$ и превышения требуемого числа поколений $K_{\text{пок}} \geq K_{\text{пок}}^{\text{треб}}$. В случае выполнения данных условий, выводятся требования к КПЭ ИТ-процессов. В случае не выполнения – переход к шагу 7.

Шаг 7. Выбор особей и формирование пар для скрещивания $C_1^{\text{КПЭ}}, C_2^{\text{КПЭ}}$. Выбор особей осуществляется по методу колеса рулетки, а формирование пар для скрещивания пропорциональным элементарным отбором.

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, а вероятность мутации $P_{\text{мут}} = 0,1$. После выполнения данного шага – переход к шагу 3.

Результатом работы алгоритма является вектор требований к значениям КПЭ ИТ-процессов, позволяющих обеспечить устойчивость ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования. Экспериментальные исследования позволили определить его основные характеристики и показать большую (в 2,31 раза) эффективность поиска по сравнению со стандартным ГА.

В четвертой главе формализован процесс обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия на заданном интервале планирования (рис. 3), представлен программный комплекс; реализующий соответствующую методику, и осуществлена экспериментальная проверка разработанного научно-методического инструментария с оценкой эффективности процесса обеспечения устойчивости.

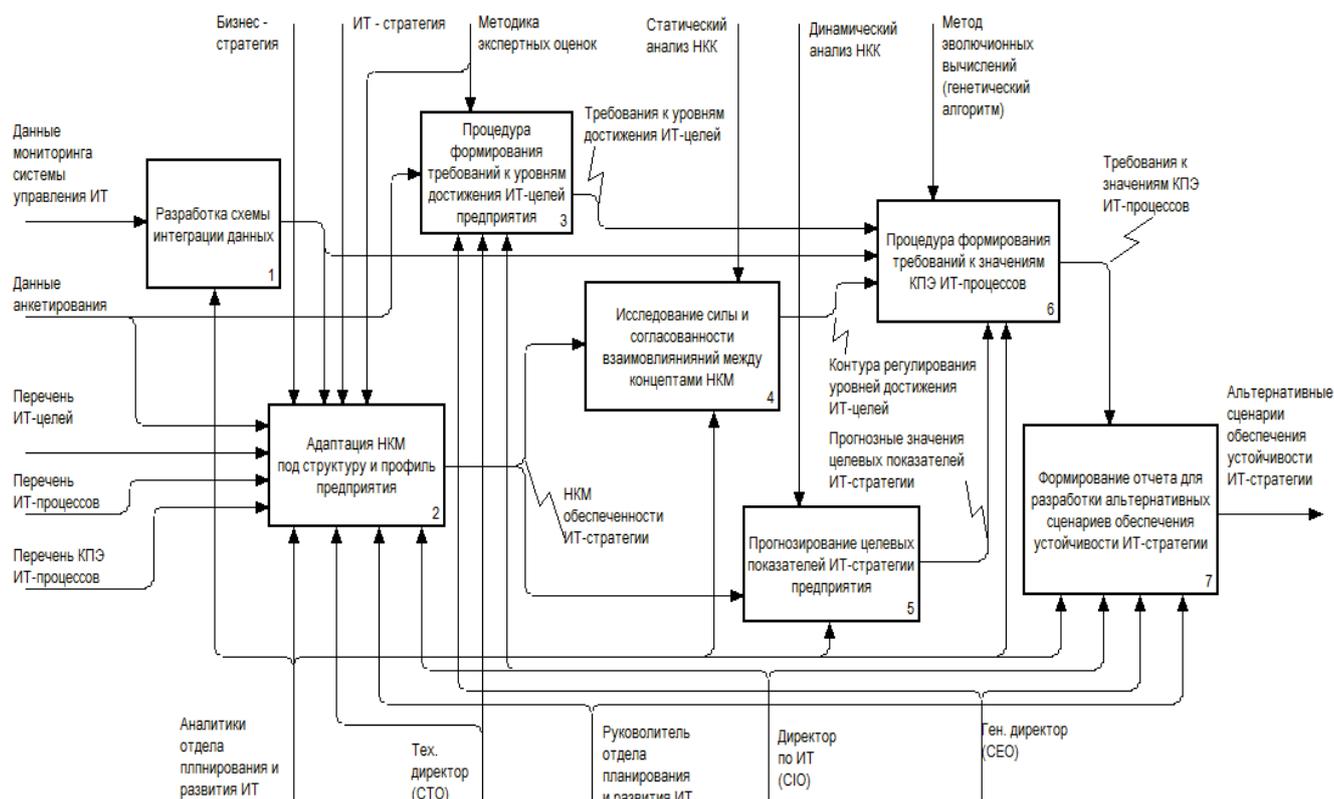


Рис. 4. Функциональная модель методики обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия

Первый этап разработанной методики заключается в разработке схемы интеграции данных. Установлено, что 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.

На втором этапе методики (рис. 4) производится адаптация разработанной НКМ оценивания уровней достижения ИТ-целей к структуре и профилю предприятия: уточнение перечня ИТ-целей предприятия, выделение группы ИТ-процессов по критерию критичности для деятельности предприятия, конкретизация перечня КПЭ для выделенных ИТ-процессов, обработка экспертных данных по заданию весов связей между концептами и обучение с помощью разработанных программных средств гибридных нейро-нечетких сетей. Результатом данного этапа является НКМ, адаптированная к конкретной структуре и профилю предприятия.

Третий этап методики (рис. 4) включает в себя реализацию описанных выше процедур формирования требований к уровням достижения ИТ-целей и исследования силы и согласованности взаимовлияния концептов НКМ. 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) производится формирование требований к значениям КПЭ ИТ-стратегии с помощью разработанного адаптивного ГА.

Заключительным этапом методики (рис. 4) является разработка альтернативных сценариев обеспечения устойчивости ИТ-стратегии организации, в соответствии с которыми будут перераспределены ИТ-ресурсы для обеспечения требуемых значений КПЭ ИТ-процессов.

Для реализации представленной методики обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия предложен программный комплекс (рис. 5), разработанный в соответствии с особенностями перехода и внедрения ITSM в системы управления ИТ.

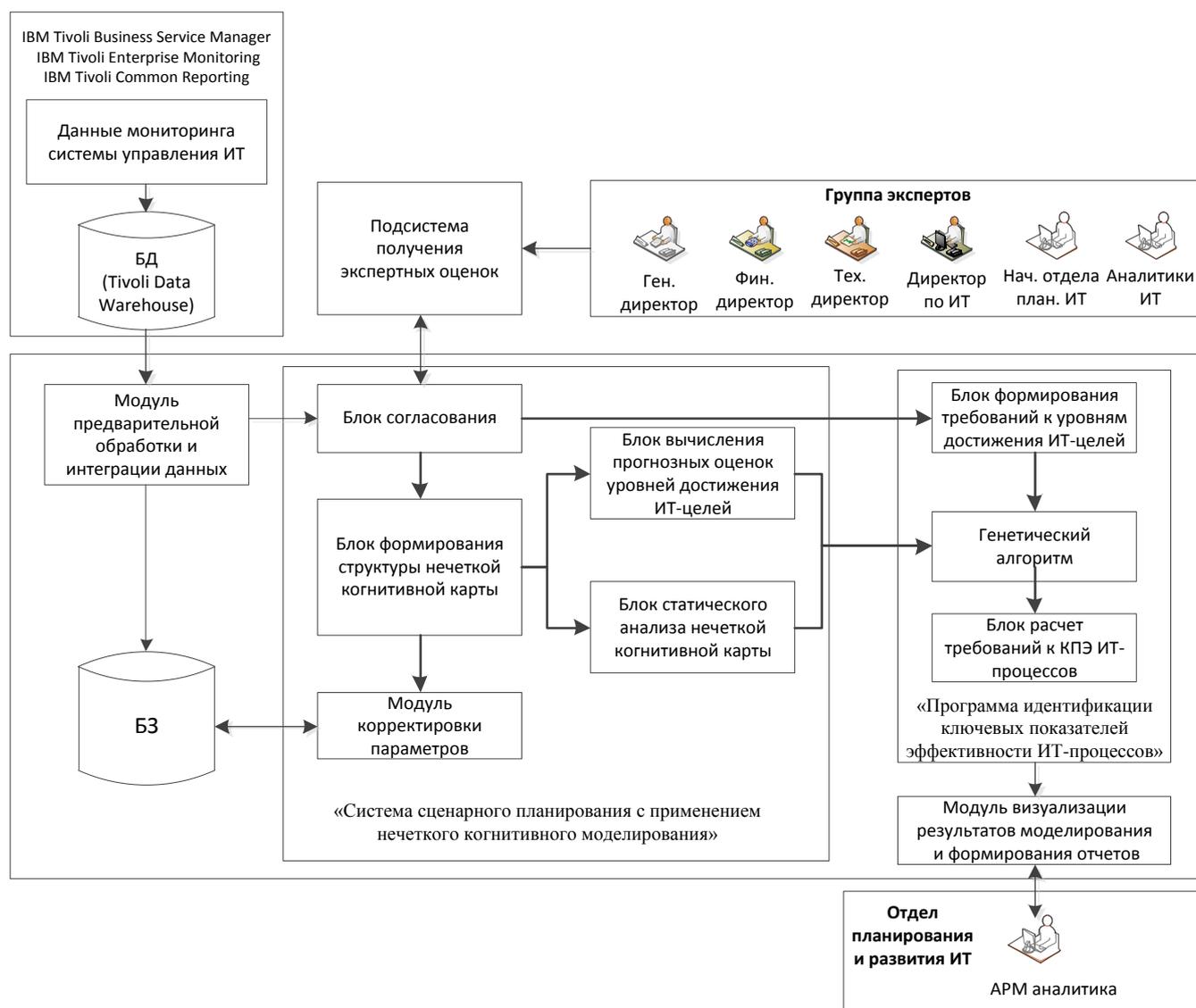


Рис. 5. Модульная структура программного комплекса обеспечения устойчивости ИТ-стратегии

Его основными элементами являются:

- модуль предварительной обработки данных, обеспечивающий сопряжение программного комплекса и системы управления ИТ предприятия, реализованной на решениях IBM Tivoli;

- «Система сценарного планирования», основанная на НКМ оценивания уровня достижения ИТ-целей предприятия;

- «Программа идентификации ключевых показателей эффективности ИТ-процессов», реализующая разработанный алгоритм формирования требований к значениям КПЭ ИТ-процессов;

- модуль визуализации результатов моделирования и формирования отчетов, предназначенный для отображения данных в табличной и графической формах.

Разработанный комплекс имеет клиент-серверную архитектуру, которая позволяет организовать децентрализованное хранение и обработку данных.

Для проверки адекватности разработанного методического инструментария обеспечения устойчивости ИТ-стратегии предприятия в условиях неопределенности воздействия среды был спланирован и проведен эксперимент в группе компаний «Навигатор» (г. Орёл). В соответствии с разработанной моделью оценивания была выделена группа ИТ-целей организации (табл. 1).

Таблица 1. ИТ-цели группы компаний "Навигатор "

№ п/п	Наименование ИТ-цели предприятия	Усл. обозначение
1.	Соответствие между ИТ и бизнес-стратегиями	ИТЦ1
2.	Следование внешнему законодательству и регулирующим требованиями в области ИТ и поддержка бизнес-соответствия	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

Анализ таблиц соответствия ИТ-целей и ИТ-процессов, описанных в методологии *COBIT 5.0*, позволил выявить ИТ-процессы, оказывающие наибольшее влияние на достижение ИТ-целей группе компаний «Навигатор» (табл. 2).

Эксперимент включал в себя следующие этапы:

1) обобщение результатов аудита обеспеченности ИТ-стратегии и расчет прогнозных значений показателей достижимости ИТ-целей (табл.1) на интервале планирования, равном одному году (рис. 6, а);

2) сравнение прогнозных значений и реальных показателей достижимости ИТ-целей через один год (рис. 6, б);

3) обобщение результатов аудита обеспеченности ИТ-стратегии, получение методом экспертных оценок требуемых уровней достижения ИТ-целей и расчет их прогнозных значений (рис. 6, в);

4) формирование требований к значениям КПЭ ИТ-процессов и их выполнение на интервале планирования, равном одному году (рис. 6, г).

Анализ полученных данных показал, что:

– разработанная НКМ оценивания уровней достижения ИТ-целей характеризуется средней точностью (рис. 6, б) при средней абсолютной ошибке $MPE = 5,66\%$;

Таблица 2. Оценка критичности ИТ-процессов

№ п/п	Название ИТ-процесса	Условное обозначение	Критичность, %
1.	Мониторинг, оценка и анализ производительности	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	БАИ01	3,55
11.	Управление проблемами	DSS03	3,22
12.	Управление стратегией	АРО02	3,18
13.	Управление изменениями	БАИ06	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	БАИ04	1,45
18.	Обеспечение оптимизации ресурсов	EDM04	1,22
19.	Управление портфелем инвестиций	АРО05	0,98
20.	Управление конфигурацией	БАИ10	0,87
21.	Управление непрерывностью	DSS04	0,79

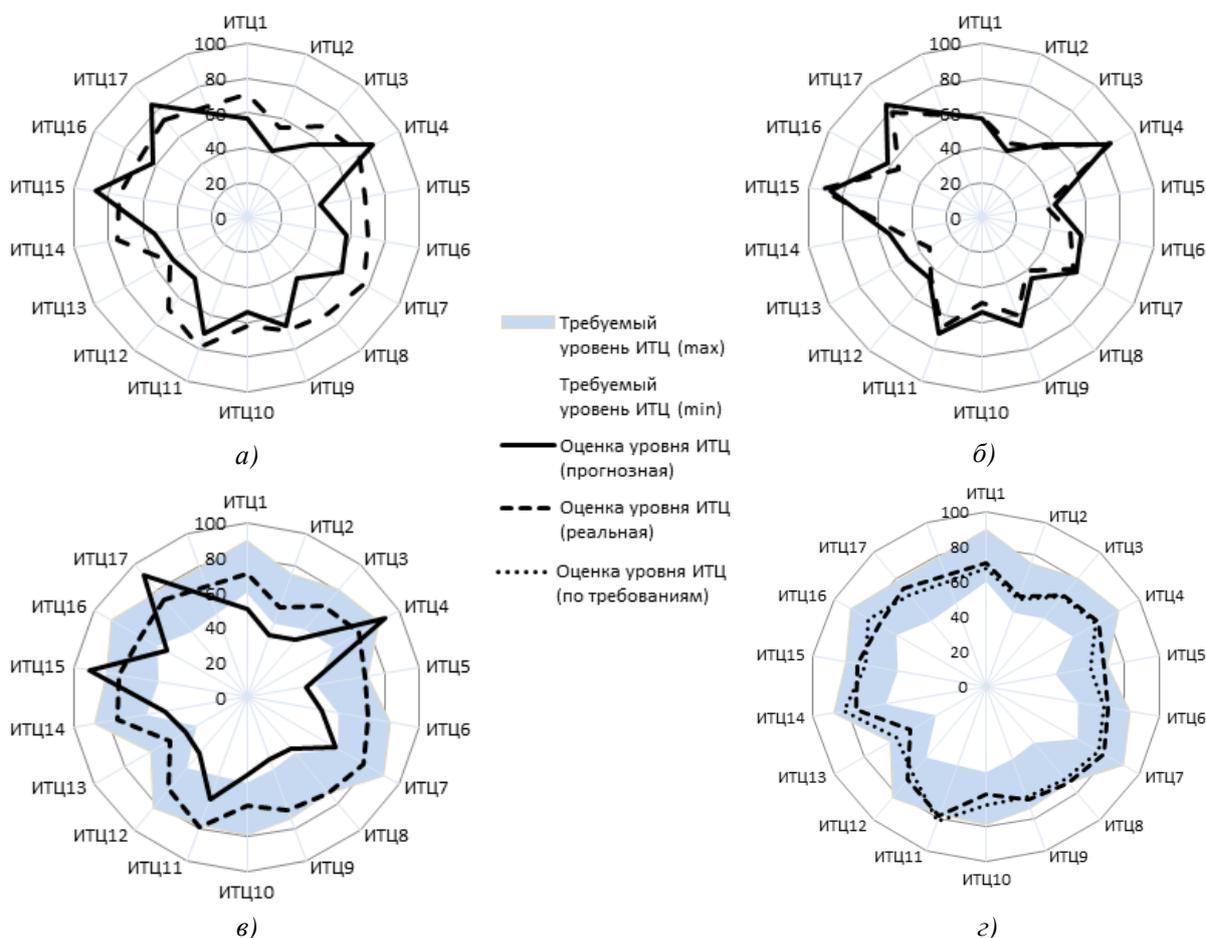


Рис. 6. Анализ обеспечения устойчивости ИТ-стратегии группы компаний «Навигатор»

– кривая (пунктирная линия), отображающая результаты ИТ-аудита, полученные на начальном этапе оценивания, демонстрирует равномерность состояния ИТ-стратегии предприятия по перечню выделенных ИТ-целей (табл. 1), тогда как полученная с помощью модели прогнозная оценка (сплошная линия) показывает неравномерность состояния ИТ-стратегии при средней абсолютной ошибке $MPE = 47,48\%$ (рис. 6, 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) $MPE = 6,15\%$.

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 %.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по работе.

В приложении представлен перечень КПЭ ИТ-процессов предприятия согласно методологии *COBIT*. Выписка из него в части, касающейся ИТ-процессов MEA01 и APO01 (табл. 2), представлена ниже (табл. 3).

Таблица 3. Перечень КПЭ ИТ-процессов MEA01 и APO01

	Наименование КПЭ ИТ-процесса	Ед. измерения
ME I	Уровень удовлетворенности сторон процессом измерения показателей	Баллы от 0 до 5
	Доля критических процессов, охваченных мониторингом	%
	Число действий по совершенствованию, вызванных мониторингом	шт.
	Число достигнутых целей по эффективности	шт. или %
	Временная задержка между отчетом о недостатках и корректирующими действиями	Мин\Час\День
	Задержка в обновлении измерений, отражающих текущие цели по эффективности, показатели и сравнительный анализ	Мин\Час\День
	Число показателей (из расчета на процесс)	шт.
	Число причинно-следственных связей, учтенных при мониторинге	шт.
	Объем усилий, необходимых для сбора значений показателей	Баллы от 0 до 5
	Число проблем, не выявленных в ходе процесса оценки	шт. или %
	Доля показателей, которые могут использоваться при сравнительном отраслевом анализе и анализе групп целей	%
APO01	Доля ИТ-целей в стратегическом плане ИТ, которые поддерживают реализацию стратегического бизнес-плана	%
	Доля ИТ-инициатив в тактическом плане ИТ, которые поддерживают реализацию тактического бизнес-плана	%
	Доля ИТ-проектов, которые прямо зафиксированы в тактических планах	%
	Временная задержка между обновлениями стратегических/тактических бизнес-планов и обновлениями стратегических/тактических планов ИТ	Мин\Час\День
	Доля заседаний по осуждению стратегических/тактических планов ИТ, в которых принимали активное участие представители бизнеса	%
	Временная задержка между обновлениями стратегических планов ИТ и обновлениями тактических планов ИТ	Мин\Час\День
	Доля тактических планов ИТ, соответствующих определённой структуре	%
Доля ИТ-инициатив/проектов, одобренных бизнесом	%	

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе решена актуальная задача обеспечения устойчивости стратегии развития ИТ на предприятии в условиях неопределенности воздействия среды.

На основании проведенного исследования сформулированы следующие выводы.

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

3. 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 регулирования ИТ-целей в положенном в основу генетическом алгоритме Холланда модифицирован оператор кроссинговера. 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.

4. 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. 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.

5. 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»).

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых научных изданиях из перечня Министерства образования и науки РФ:

1. Кузькин, А.А. Оценивание показателей эффективности и результативности ИТ-процессов с использованием гибридных нейро-нечетких сетей / А. А. Кузькин // Интернет-журнал "Науковедение". – 2014. – № 1.
2. Кузькин, А. А. Оценка обеспеченности ИТ-стратегии организации с применением метода нечёткого когнитивного моделирования / А. А. Кузькин, С.В. Смирнов, С. Н. Сёмкин // Интернет-журнал "Науковедение". – 2014. – № 2. – С.
3. Кузькин, А.А. Методика обеспечения устойчивости стратегии развития информационных технологий в организации / А. А. Кузькин // Труды СПИИРАН. – 2014. – №6 – С. 95–115.
4. Кузькин, А. А. Модель оценивания обеспеченности стратегии развития информационных технологий в организации // А. А. Кузькин, С.В. Смирнов, О. О. Басов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – № 2. – С. 12–17.

В других изданиях:

1. Кузькин, А. А. Состояние и перспективы совершенствования планирования производства в условиях неопределенности состояния надежности персонала / А. А. Кузькин, С. В. Смирнов // Материалы международной молодежной научно-практической конференции "ИНФОКОМ-2013". – Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский филиал МТУСИ, 2013. – С. 507–509.
2. Кузькин, А. А. Формирование информационной инфраструктуры / А. А. Кузькин, С. В. Смирнов // Материалы 7 Всероссийской научно-практической конференции "Территориально распределенные системы охраны". – Калининград: Пограничный институт ФСБ России, 2013. – С. 9–13.
3. Кузькин, А. А. Формализация процедуры оценивания показателей эффективности ИТ-процессов с применением аппарат нейронных сетей / А. А. Кузькин, С. В. Смирнов // Материалы 7 Всероссийской научно-практической конференции "Территориально распределенные системы охраны". – Калининград: Пограничный институт ФСБ России, 2013. – С. 82–87.
4. Кузькин, А. А. Постановка задачи согласования показателей ИТ-стратегии в рамках формирования структуры договора SLA / А. А. Кузькин, С. В. Смирнов // Материалы 1 Всероссийской научно-технической конференции "Вопросы кибербезопасности, моделирования и обработки информации в современных социотехнических системах "Информ-2014"". – Курск: Курский государственный университет, 2014. – С. 62–65.
5. Кузькин, А. А. Корпоративное управление информационными технологиями с применением нечеткого когнитивного моделирования / А. А. Кузькин, С. В. Смирнов // Материалы 1 Всероссийской научно-технической конференции "Вопросы кибербезопасности, моделирования и обработки информации в современных социотехнических системах "Информ-2014"". – Курск: Курский государственный университет, 2014. – С. 59–62.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1. Кузькин, А. А. Система сценарного планирования с применением нечётко-го когнитивного моделирования / А. А. Кузькин, С. В. Смирнов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615368 от 06.06.2013 г.

2. 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.

Автореферат диссертации

Кузькин Александр Александрович

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

Текст автореферата размещен на сайтах:
Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки
Российской Федерации

<http://vak2.ed.gov.ru/catalogue>

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации
Российской академии наук (СПИИРАН)

<http://www.spiiras.nw.ru/DissSovet/Templates/PhDSchedule.htm>

Подписано в печать **21.05.2015**г.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз.

Заказ № **3101**

Отпечатано в ООО «Издательство «ЛЕМА»»

199004, Россия, Санкт-Петербург, В.О., Средний пр., д. 24

тел.: 323-30-50, тел./факс: 323-67-74

e-mail: izd_lemma@mail.ru

<http://www.lemaprint.ru>