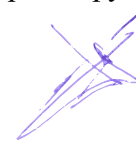


На правах рукописи



Тушавин Владимир Александрович

**Методология управления качеством процессов
информационного обеспечения наукоемкого производства**

05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Санкт-Петербург

2020

Работа выполнена на кафедре инноватики и интегрированных систем качества Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Научный консультант: заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор
Варжапетян Артемий Георгиевич

Официальные оппоненты:

Гродзенский Сергей Яковлевич — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Метрология и стандартизация» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет»;

Клячкин Владимир Николаевич — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

Кравец Олег Яковлевич — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизированные и вычислительные системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ВГТУ).

Ведущая организация:

Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Радар ммс», 197375, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д. 37, лит. А; телефон: +7(812)777-5051, факс: +7(812)600-0449; Электронная почта: radar@radar-mms.com; сайт: <http://www.radar-mms.com>

Защита состоится 19 ноября 2020 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.233.04 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», расположенном по адресу: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по адресу: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67 и на сайте университета <http://guap.ru/disssov>.

Автореферат разослан 3 сентября 2020 года.

Учёный секретарь

диссертационного совета Д 212.233.04,

кандидат технических наук, доцент



Фролова Е. А.

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования.

Государственная Программа Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», утверждённая Постановлением Правительства Российской Федерации от 29 марта 2019 г. № 377, предусматривает опережающее развитие инфраструктуры и информационного обеспечения научной, научно-технической и инновационной высокотехнологичной деятельности и обеспечение беспрепятственного доступа к ней. В то же время, в «Стратегии развития электронной промышленности на период до 2030 года», утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 января 2020 г. № 20-р, отмечается, что в настоящее время «применение автоматизированных систем управления и контроля технологических процессов носит фрагментарный характер. Применение информационных технологий без связи с технологическим оборудованием недостаточно эффективно». В «Методических рекомендациях по проведению статистической оценки уровня технологического развития экономики Российской Федерации в целом и ее отдельных отраслей», утверждённых приказом Минэкономразвития России от 12 февраля 2020 г. № 66, в частности, говорится, что «статистическая оценка уровня технологического развития экономики Российской Федерации в целом в сравнении с зарубежными странами может осуществляться по следующему перечню показателей: ... удельный вес организаций, использующих специальные программные средства управления взаимоотношениями с клиентами (далее - CRM-системы), планирования ресурсов предприятий (далее - ERP-системы), управления цепочками поставок (далее - SCM-системы), в общем числе организаций». Сужение сферы исследования только до поддержки и разработки специализированного программного обеспечения было бы некорректно и в рамках исследования имеет смысл рассматривать всю группу бизнес-процессов «Предоставление и поддержка ИТ-услуг» в категории «Управление информационными технологиями» в соответствии с Общим классификатором процессов для различных отраслей APQC (PCF®). Данный подход также соответствует рекомендациям ГОСТ Р ИСО/МЭК 38500-2017 «Информационные технологии. Стратегическое управление ИТ в организации».

Как сказано в «Стратегии развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2025 года» (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 ноября 2013 г. № 2036-р: «Масштаб влияния отрасли информационных технологий на государство значительно превосходит сугубо отраслевые эффекты. Развитие информационных технологий является одним из важнейших факторов, способствующих решению ключевых задач государственной политики Российской Федерации».

При этом в настоящее время практически не решена задача разработки и научного обоснования методов комплексного оценивания качества процессов информационного обеспечения производственных процессов в условиях парадигмы ситуационного риск-ориентированного управления и переходе к Индустрии 4.0. Очевидным требованием к таким квалиметрическим моделям

и методам является необходимость синтеза классических методических подходов к показателям качества процессов, соответствующих требованиям, установленным для данной отрасли услуг, и отражающим новые требования к процессам. Учитывая, что большинство таких показателей не имеют количественного выражения или имеют нечёткий характер, возникает потребность в разработке математических моделей для их описания, а также методов их обработки и анализа.

Актуальность тематики исследования также подтверждается её соответствием направлениям «Индустрия наносистем» (п.2) и «Информационно-телекоммуникационные системы» (п. 3), включенным в Перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, утверждённый Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899.

Исходя из изложенного, тема исследования является актуальной, значимой и находится в рамках одного из приоритетных направлений развития науки, технологии и техники.

Область исследования соответствует пп. 1, 2, 3, 4 и 9 специальности 05.02.23 «Стандартизация и управление качеством продукции».

Объектом исследования является информационное обеспечение производственных процессов.

Предметом исследования выступают механизмы повышения характеристик качества информационного обеспечения наукоёмкого производства в рыночных условиях.

Степень разработанности темы исследования. Проблемы управления качеством применительно к различным видам продукции разрабатывались во многих научных исследованиях по квалиметрии и управлению качеством. В разные годы в решение задач, связанных с этой проблематикой, внесли существенный научный вклад Ю. П. Адлер, Г. Г. Азгальдов, Б. В. Бойцов, А. Г. Варжапетян, А. В. Гличев, В. В. Гостев, С. Я. Гродзенский, Г. С. Гун, В. Н. Клячкин, О. Я. Кравец, В. В. Окрепилов, Н. Н. Рожков, Г. Ш. Рубин, Е. Г. Семенова, В. К. Федюкин и др. Общие вопросы статистических методов описания и анализа данных нечисловой природы исследованы в работах таких авторов, как: П. О. Авен, Я. Я. Голота, О. И. Ларичев, Б. Г. Литвак, Б. Г. Миркин, А. И. Орлов, Н. В. Хованов и др. Проблемам, связанным с управлением качеством в сфере услуг и информационных технологий, посвящены исследования: А. Е. Заславского, Н. В. Миловой, В. А. Копычева и др. Среди работ зарубежных авторов необходимо отметить ставшие классическими в области управления качеством работы таких учёных, как В. Зейтамль (Zeithaml), Э. Голдратт (Goldratt), Э. Деминг (Deming), У. Детмер (Dettmer), Д. Джуран (Juran), К. Ишикава (Ishikawa), М. Имаи (Imai), И. Кобаяси (Kobayashi), Ф. Кросби (Crosby), Г. Тагути (Taguchi), У. Шухарт (Shewhart), К. Янг (Yang) и др., а также труды в сфере теории шкалирования и анализа нечёткой и нечисловой информации: Л. Заде (Zadeh), Ч. Кумбс (Coombs), И. Пфанцагль (Pfanzagl), Т. Саати (Saaty), Г. Хубер (Huber), и др. Во всех перечисленных работах вопросы комплексного управления качеством ИТ-процессов производственного предприятия не решались.

Зарубежные исследователи в области качества ИТ-процессов (П. Гавами (Ghavami), К.

Праэг (Praeg), Д. Спат (Spath), П. Брукс (Brooks) и др.) основной акцент делают либо на описание возможных подходов к адаптации таких известных методик как бережливое производство и шесть сигм применительно к информационным технологиям, либо на описание подходов в соответствии с метамоделями и стандартами, такими как ITIL/ITSM, CobIT, ISO/IEC 20000, ISO/IEC 15504 и т.п. В указанных работах отсутствует глубокое исследование показателей качества ИТ-процессов, их динамики, методов принятия решения на основе фактических данных, а лишь описываются общие принципы менеджмента в существующей парадигме управления качеством.

Целью работы является улучшение качества процессов информационного обеспечения наукоёмкого производства посредством разработки научно-обоснованных математических моделей описания и методов решения квалиметрических задач в данной предметной области.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие **задачи**:

- раскрыть роль и место процессов информационной поддержки предприятия в интегрированной системе менеджмента качества наукоёмкого производства;
- на базе процессного подхода определить основные объекты улучшения процессов информационного обеспечения наукоёмкого производства;
- на основе статистических исследований разработать дискретно-событийную математическую модель процессов информационного обеспечения, позволяющую решать практические задачи обеспечения требований к качеству;
- изучить с позиций менеджмента качества процессы управления информационными технологиями на производственном предприятии, взаимодействующие с внешней средой и имеющие специфичные объекты управления;
- с учётом специфики объекта управления разработать модернизацию существующих методик для статистического контроля ключевых показателей качества;
- изучить возможность применения и разработать метод машинного обучения для ситуационного анализа применительно к управлению качеством информационной поддержки наукоёмкого производства;
- разработать квалиметрические модели и метод расчёта комплексного показателя качества, обеспечивающие сравнение качества объектов с эталонными в условиях неопределённости для объектов нечисловой природы;
- разработать метод улучшения качества процессов информационного обеспечения наукоёмкого производства на основе синтеза квалиметрических и компетентностных подходов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- на основании проведённого статистического исследования данных с использованием многоуровневого регрессионного анализа со смешанными эффектами разработана математическая модель, выявляющая закономерность в зависимости числа зарегистрированных об-

ращений от количества обслуживаемых рабочих мест, отличающаяся от известной учётом влияния фактора размера предприятия. Введены изменённые трактовки понятий размерности обслуживаемых предприятий, отличающиеся от общепринятых учётом качественных изменений в статистических данных;

- разработана дискретно-событийная модель бизнес-процесса технической поддержки, предложен новый подход к решению задачи нахождения оптимальной численности персонала первой линии службы поддержки по двум показателям (количество разрешаемых обращений за период и среднее время работы над одним обращением), отличающийся от известных использованием концепции альтернативных затрат заказчика, позволяющий решать оптимизационные задачи в области управления персоналом службы ИТ-обеспечения наукоёмкого производства;
- изучен генезис процесса технической поддержки и предложена его информационная мета-модель, отличающаяся от известных универсальностью подхода к процессам управления проектами, инцидентами, рисками и запросами пользователей и позволяющая снизить информационную сложность процесса при его автоматизации;
- проведена модернизация подхода к построению контрольных карт Шухарта применительно к редким событиям, отличающаяся от известных использованием g-карт для контроля времени между аварийными прерываниями работы информационных систем предприятия, позволяющая повысить качество контроля процессов информационной поддержки наукоёмкого производства;
- предложена методика выявления объектов улучшения процесса, отличающаяся от известных использованием алгоритмов интеллектуального анализа данных на основе регрессионных деревьев, позволяющая повысить результативность ситуационного анализа применительно к управлению качеством информационной поддержки;
- разработан и апробирован новый подход, дополняющий квалиметрическую методику стохастического доминирования, отличающийся от известных использованием непрерывных значений при расчёте комплексного показателя качества и линейной алгоритмической сложностью. Произведена модернизация метода стохастического доминирования применительно к квалиметрии в сфере информационных технологий с использованием подхода робастного проектирования. Названные методики применённые как по отдельности, так и совместно позволяют использовать стохастическое доминирование для сравнения качества многопараметрических объектов в условиях неполной информации;
- разработан и апробирован метод улучшения качества процессов технической поддержки на основе синтеза квалиметрических и компетентностных подходов, отличающаяся от известных интегрированным подходом к управлению компетенциями, знаниями и рисками, позволяющая повысить эффективность процессов управления знаниями на наукоёмком предприятии.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты, изложенные в диссертации, применимы для:

- обеспечения качества оказываемых услуг в сфере информационных технологий наукоёмкого производства;
- принятия управленческих решений о передаче ИТ бизнес-процессов на аутсорсинг;
- комплексной оценки качества сложных многопараметрических объектов (ИТ-услуг и компетенций) при наличии нечисловых данных и сведений о приоритизации используемых единичных показателей качества;
- численной оценки в рамках предложенной математической модели значимости различия между уровнем качества услуг, оказываемых различными сотрудниками, и между уровнем компетенций персонала;
- прогнозирования оптимальной численности первой линии поддержки ИТ-персонала организации;
- визуализации сложных многопараметрических объектов;
- мониторинга и контроля качества оказываемых ИТ-услуг.

Апробация и внедрение результатов исследования на предприятиях различных отраслей экономики позволили добиться снижения затрат на 10-25%, сокращения жизненного цикла разрешения обращений пользователей в 1.3-2.5 раза и снижения сроков разрешения инцидентов на 40-55%, а также сокращения времени тестирования и отладки программного обеспечения в среднем на 30%.

Результаты диссертационной работы внедрены в АО «Лазерные системы», ОАО «Завод «Магнетон», СПИИРАН, ООО «ОМЗ-ИТ», АО НИИ «Рубин», в образовательный процесс ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» и ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Методология и методы исследования. В работе использованы статистические методы управления качеством, методы системного анализа, математического и дискретно-ситуационного моделирования, линейной и нелинейной оптимизации, теории нечётких множеств, теории управления, методы автоматизированной обработки информации и проектирования информационных систем.

Положения, выносимые на защиту:

- многоуровневая регрессионная модель со смешанными эффектами зависимости числа зарегистрированных обращений от количества обслуживаемых рабочих мест;
- метод решения задачи нахождения оптимальной численности персонала первой линии службы поддержки по двум показателям;
- информационная метамодель процесса технической поддержки;

- метод построения контрольных карт применительно к редким событиям процессов информационного обеспечения наукоёмкого производства;
- методика ситуационного анализа с использованием регрессионных деревьев;
- метод сравнения комплексных показателей качества на основе комбинации модернизированного метода стохастического доминирования и робастного проектирования;
- квалиметрический метод управления качеством компетенций ИТ-персонала.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные результаты диссертации докладывались на Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Развитие России в XXI веке: предпосылки, факторы, перспективы», Казань, 2008; 5-ой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экономики, социологии и права в современных условиях», г. Пятигорск, 2010; Всероссийской научно-практической конференции «Инновации в экономике, менеджменте и подготовке кадров», Нижний Новгород, 2010; Международной научно-практической конференции «Проблемы развития инновационно-креативной экономики», Москва, 2010; III ежегодной Международной научно-практической конференции «Перспективы развития информационных технологий», Новосибирск, 2011; Научных сессиях ГУАП, Санкт-Петербург, 2008 – 2015 гг.; Международной научно-практической конференции “Modern trends of strategic development of the enterprises”, Yelm, USA, 2014; III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки, экономики и образования XXI века», Самара, 2014; Международных форумах «Формирование современного информационного общества – проблемы, перспективы, инновационные подходы», Санкт-Петербург, 2010, 2014 и 2015; Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пищевой индустрии и бизнеса», Самара, 2014; Международной молодежной научной конференции «Прикладные научные исследования: мультидисциплинарный подход», Самара, 2014; XX Международной открытой научной конференции “Modern informatization problems in economics and safety”, Yelm, USA, 2015; Международной научно-практической конференции “Synergy of science and society in the XXI century”, St. Louis, USA, 2015; Международной научно-практической конференции “Multiparadigmality and interdisciplinary methods in science, education and business-2015”, St. Louis, USA, 2015; Международной научно-практической конференции «Научные преобразования в эпоху глобализации» Екатеринбург, 2015; International scientific and practical conference “High-Performance And Fault-Tolerant Computing technologies and systems”. St. Louis, USA, 2016; International scientific and practical conference “Conditions Alternative To The Development Of Modern Economic Systems Management, Innovation”. St. Louis, USA, 2016; II International scientific and practical conference “Modern Approaches To The Management Of Economic Systems In The Conditions Of Global Transformation”, Yelm, USA, 2016; XXI-th International Open Science Conference “Modern informatization problems in economics and safety”, Yelm, USA, 2016; IV Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии управления». Нижний Новгород. 2017.

Достоверность полученных результатов обеспечивается методологией исследования, базирующейся на обосновании выбора используемого аналитического аппарата, результатов научных исследований отечественных и зарубежных учёных по сходной проблематике, применением современных методов анализа, а также обеспечением проверки и воспроизводимости полученных результатов, посредством публикаций в сети Интернет протоколов исследований со свободным режимом доступа, включающих исходные данные и сценарии на языке R.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 59 печатных работах, из них четыре работы в журналах из международной базы цитирования Scopus [1–4], 24 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ [5–28]. Получено два свидетельства на регистрацию программы для ЭВМ [29, 30]. Опубликовано одна монография [31], 28 статей в рецензируемых изданиях и в сборниках трудов конференций [32–59].

Личный вклад автора. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. 54 работы опубликованы без соавторов. В работах, опубликованных в соавторстве и приведённых в конце автореферата, лично соискателю принадлежат: [1, 2] — проведена модернизация системы принятия решений на основе нечёткой логики, применительно к сфере информационных технологий, обеспечивающая получение новых результатов по теме диссертации; [3, 4, 53] — произведена модернизация и апробация разработанного в диссертационном исследовании методического подхода на основе методов стохастического доминирования и робастного проектирования применительно к исследованиям в различных областях.

Все представленные в диссертации результаты получены лично автором.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, словаря терминов, списка литературы, списка иллюстративного материала, списка таблиц, приложения с актами внедрения. Общий объём диссертации 323 страниц, включая 62 рисунка и 25 таблиц. Библиография включает 311 наименований на 32 страницах.

Основное содержание работы

Во Введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

В первой главе «Методы стандартизации и менеджмента качества услуг в сфере информационных технологий» показано, что поскольку наукоёмкое производство предъявляет повышенные, по сравнению с традиционным производством, требования к качеству продукции, отличается высокой долей НИОКР, ускорением вывода новой продукции на рынки, то оно немыслимо без современных информационных технологий. Иными словами, критический уровень зависи-

мости деятельности современных наукоёмких предприятий от информационных технологий, с одной стороны, диктует жёсткие требования к качеству используемых технологий, а, с другой стороны, их сложность и комплексность создаёт трудности в чётком определении критериев их качества, прежде всего, с точки зрения потребителя.

Рассмотрены основные стандарты и наиболее значимые метамоделли в области ИКТ: CobIT 4.1 и 5.0, ITIL/ITSM, первая и вторая части ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-2010.

Проанализированы основные подходы к управлению качеством в области информационных технологий (бережливое производство (Lean), Шесть Сигм (6σ), гибкая методология (Agile), теория ограничений Голдратта (ТОС), ТРИЗ), проведен их сравнительный анализ. Показано, что эволюционное развитие системы менеджмента породило такое экономическое явление, как производственная система на основе интегрированной системы менеджмента качества. Раскрыто, что в настоящее время место информационных технологий в процессе развития производственной системы остаётся дискуссионным. В главе рассматриваются существующие подходы к построению производственной системы на основе интегрированной системы менеджмента качества. Показано, что многие отечественные организации, помимо ГОСТ Р ИСО 9001, успешно приняли или применяют такие стандарты как ГОСТ Р ИСО 14001 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению», ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда». Анализ публикаций по данной тематике на специализированных сайтах показывает, что в настоящее время идет активное внедрение стандартов, связанных с информационными технологиями (ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования»; ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-X «Информационная технология. Менеджмент услуг») и безопасности пищевой продукции (ГОСТ Р ИСО 22000 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции»). Ориентация на создание производственной системы приводит к интеграции перечисленных стандартов и подходов в рамках менеджмента организации согласно ГОСТ Р 53893-2010 «Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента», позволяющей не только достичь системного эффекта от совместного менеджмента направлений, требования к которым установлены в связанных стандартах, но и решить задачи управления присущими им рисками.

Информационная модель взаимосвязи основных стандартов, рассмотренных в первой главе, в интегрированной производственной системе наукоёмкого предприятия представлена на рисунке 1.

В главе анализируется роль информационно-коммуникационных технологий в решении задачи успешного внедрения производственной системы через автоматизацию ключевых бизнес-процессов предприятия, на базе ISO 9001:2015¹. Разработана информационная модель соответствия выполнения требований к интегрированной системе менеджмента качества, информаци-

¹ В работе использована версия ISO/DIS 9001:2014

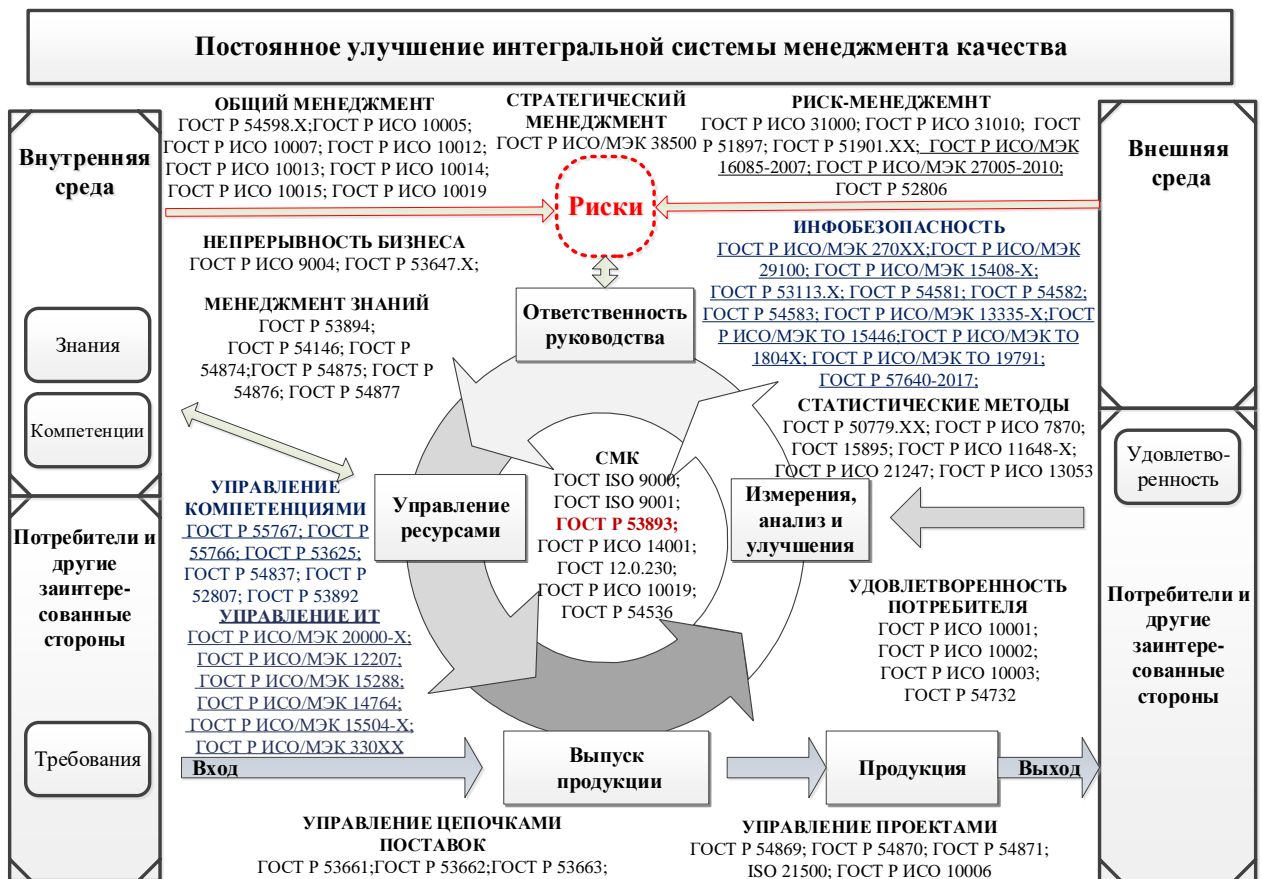


Рисунок 1 – Взаимосвязь стандартов в интегрированной системе менеджмента качества. Стандарты, непосредственно относящиеся к информационным технологиям, подчеркнуты.

онных систем поддержки этих требований и решаемых этими системами задач, представленная в таблице 1. В работе проведен анализ процессного, системного и ситуационного подходов, показано, что использование подхода, основанного на ситуационном анализе, в том числе с использованием стохастических моделей, позволяет руководству эффективнее использовать разработанные к настоящему времени методологические подходы: TQM, метод шести сигм, дизайн для шести сигм (DFSS), бережливое производство и теорию ограничений. В качестве методики внедрения информационных систем и развития производственной системы предлагается ситуационный проектный подход к автоматизации ключевых бизнес-процессов, основанный на использовании гибкого проектирования.

Таблица 1 – Связь ГОСТ Р ИСО 9001-2015, автоматизируемых бизнес процессов, а также решаемых задач СМК (разработано автором, фрагмент).

Пункт ГОСТ Р ИСО 9001-2015	Автоматизируемые бизнес-процессы	Задачи СМК, решаемые с помощью информационных систем
7.1.1. Общие положения	Управление ресурсами	Организация должна определить и обеспечить наличие ресурсов, необходимых для разработки, внедрения, поддержания и постоянного улучшения системы менеджмента качества.

Продолжение таблицы 1

Пункт ГОСТ Р ИСО 9001-2015	Автоматизируемые бизнес-процессы	Задачи СМК, решаемые с помощью информационных систем
7.1.2 Человеческие ресурсы	Управление персоналом	Организация должна определить и обеспечить наличие должностных лиц, необходимых для результативного внедрения системы менеджмента качества и для функционирования и управления ее процессами
7.1.3 Инфраструктура	ТОРО	Организация должна определить, создать и поддерживать инфраструктуру, необходимую для функционирования ее процессов с целью достижения соответствия продукции и услуг.

Таким образом показано, что развитие производственной системы необходимо производить совместно с развитием процессов информационной поддержки производства, показана взаимосвязь соответствующих пунктов ГОСТ Р ИСО 9001-2015, связанных бизнес-процессов и обеспечивающих информационных систем.

Раскрыто, что рассмотренные в главе метамодели, технологии и процессы, а также связанные с ними методологии дают ответ на вопрос, какие требования необходимо учесть при создании системы управления инцидентами на предприятии, а также задают вектор развития раскрывая основные функции системы, что способствует постановке процесса непрерывного улучшения. В то же время, процедурный уровень процессов остаётся вне поля рассмотрения этих моделей и методик, поэтому предприятию необходимо самостоятельно разрабатывать процедуры их контроля и менеджмента качества. Показано, что методики управления качеством, основанные на гибкой методологии, методах шести сигм, бережливого производства и теории ограничения, рассмотренные в главе, можно применять непрерывно и совместно для улучшения параметров контролируемых процессов.

Результаты исследований, рассмотренные в первой главе, опубликованы в работах [16, 19].

В второй главе «Квалиметрические методы оценки при управлении качеством ИТ-услуг» показано, что интеграция числовых и нечисловых данных, характеризующих качество услуг с учетом принципов репрезентационной теории измерений представляет определённую сложность, в силу недопустимости применения арифметических операторов непосредственно к данным, где числа используются для отражения порядка в уровне качества. Решение описанной задачи привело к созданию методики оценки комплексного показателя качества услуг, на основании числовых и нечисловых индикаторов качества. В главе сравниваются основные известные методы решения данной задачи (различные средние по Колмогорову, логика антонимов, комплексная оценка по методу Г. Ш. Рубина и др.), показывается отсутствие однозначности решения данной задачи, а также различие в получаемых решениях в зависимости от таких субъективных факторов как выбор функции свертки и весов единичных показателей.

Хотя для решения этой задачи также возможно использование метода построения рандомизированных оценок качества на основе дискретных моделей распределения вероятностей на

целочисленных решетках, рассмотренного в работах Н. Н. Рожкова и Н. В. Хованова, с последующим сравнением качества объектов с помощью стохастического доминирования, однако степенная сложность описанного в этих работах алгоритма затрудняет его применение при большом количестве показателей качества процесса. На основании этого для проведения расчётов был адаптирован алгоритм случайных точек на политопе с учётом заданных ограничений, рассмотренный в работе П. Рубина (Rubin)².

В большинстве практических задач, решаемых с помощью методов квалиметрии, используется комплексный показатель качества Q , построение которого производится с помощью линейной свертки m единичных показателей $X^{(1)} \dots X^{(m)}$ с использованием весовых коэффициентов $p_1 \dots p_m$, таких что $\sum_{i=1}^m p_i = 1; p_i \in [0, 1]$:

$$Q = \sum_{i=1}^m p_i X^{(i)} \quad (1)$$

Если эти коэффициенты $p_1 \dots p_m$ являются случайными величинами, то их генеральная совокупность образует m -вершинный симплекс в m -мерном пространстве:

$$\mathbb{S}^m = \{(p_1 \dots p_m) : \sum_{i=1}^m p_i = 1; p_i \geq 0, i = 1, \dots, m\}, \quad (2)$$

поэтому задача сводится к генерации случайных точек, равномерно распределённых по поверхности стандартного симплекса. Как известно, этому условию удовлетворяет распределение Дирихле, плотность вероятности которого для $k \geq 2$ и $\alpha_i > 0$ описывается формулой:

$$f(x_1, \dots, x_{k-1}; \alpha_1, \dots, \alpha_k) = \frac{1}{B(\alpha)} \prod_{i=1}^k x_i^{\alpha_i - 1}, \quad (3)$$

где $B(\alpha)$ — многомерная бета-функция. Поскольку многие специализированные математические программные средства позволяют генерировать случайные векторы с распределением Дирихле, то задача является тривиальной.

Другой способ генерации начальной матрицы случайных чисел основан на связанной с распределением Дирихле известной задаче на разрезание ниток: если $a_1 \dots a_{m-1}$ — случайные независимые равномерно распределённые величины на отрезке $[0, 1]$, а $\dot{a}_1 \leq \dots \leq \dot{a}_{m-1}$ — эти же величины, отсортированные в порядке возрастания, а $\dot{a}_0 = 0$ и $\dot{a}_m = 1$, тогда m -мерная точка вида

$$(p_i = \dot{a}_i - \dot{a}_{i-1}, i = 1, \dots, m) \subset \mathbb{R}^m$$

— является значением случайного m -мерного вектора, равномерно распределённого в симплексе $\mathbb{S}^m \subset \mathbb{R}^m$.

² Rubin, Paul A. Generating random points in a polytope. Communications in Statistics - Simulation and Computation. Volume 13, Issue 3, 1984. pp. 375–396. DOI:10.1080/03610918408812382

В случае введения для коэффициентов p ограничений вида $p_a \geq p_b, \dots, p_c \geq p_d$, получаем неправильный симплекс (политоп):

$$\dot{\mathcal{S}}^m = \{(p_1 \dots p_m) : \sum_{i=1}^m p_i = 1; p_i \geq 0, i = 1, \dots, m; p_a \geq p_b, \dots, p_c \geq p_d\}, \quad (4)$$

где $\dot{\mathcal{S}}^m \subseteq \mathcal{S}^m$. Отражая точки $(P|P \in \mathcal{S} \Delta \dot{\mathcal{S}})$ относительно плоскостей, соответствующих неравенствам, получаем точки равномерно распределённые в заданном политопе.

Таким образом, методика генерации случайных весов может быть описана следующим алгоритмом: 1) генерируется случайный вектор с распределением Дирихле; 2) для всех заданных условий предпочтений в цикле проверяется соблюдение условий; 3) в случае несоблюдения условий значения меняются местами; 4) цикл повторяется до соблюдения всех условий.

Как было показано в работах Н. Н. Рожкова, если значения рандомизированного комплексного показателя Q для качества объектов (A) и (B) могут быть вычислены по формуле (1), то решение о предпочтении одного объекта другому может быть принято путём сравнения Q_A и Q_B . Однако, поскольку в результате рандомизации выполнение неравенства $Q_A > Q_B$ является случайным событием с вероятностью $P(Q_A > Q_B)$, при $P(Q_A > Q_B) > \gamma$, где γ — заданное пороговое значение, можно говорить о стохастическом доминировании объекта A над объектом B . Модернизация этого метода на основе использования для вычислений непрерывного многомерного распределения позволяет значительно повысить точность вычисления для случаев систем со сложной иерархией показателей, а также снизить потребности к вычислительным мощностям, поскольку генерация генеральной совокупности распределения вероятностей на целочисленных решетках для числа измерений более 10 измеряется часами, в то время как генерация 10000 случайных точек равномерно распределённых в политопе — не более десяти секунд. Это объясняется снижением сложности предложенного алгоритма со степенной к линейной.

В главе рассматриваются практические примеры оценки комплексного показателя качества с использованием данного подхода. В частности, в случае оценки качества работы сотрудника службы технической поддержки по показателям: $X^{(1)}$ — средняя оценка, выставленная пользователем, после оказания услуги и закрытия обращения; $X^{(2)}$ — отношение числа обращений, разрешённых данным сотрудником в установленный срок к общему числу обращений; $X^{(3)}$ — доля обращений без жалоб от общего числа обращений; $X^{(4)}$ — интенсивность труда; $X^{(5)}$ — ответственность; $X^{(6)}$ — трудовая дисциплина, рассмотрено два варианта свертки: без ограничений и с ограничениями. Ограничения описываются системой неравенств весовых коэффициентов: $p_3 > p_1, p_1 > p_2, p_6 > p_4, p_5 > p_4, p_2 > p_4$. Учитывая, что в рамках метода рандомизации весовые коэффициенты становятся случайными величинами, все пять неравенств следует рассматривать как события, которые должны выполняться с вероятностью единица.

Пусть имеются показатели семи сотрудников (строки 2–8 в таблице 2) и минимально приемлемый уровень качества (строка 1 в таблице 2).

После вычисления весовых коэффициентов графическое распределение рандомизирован-

Таблица 2 – Значения индикаторов качества и матрица стохастического доминирования $P(X^{(V_i)} > X^{(V_j)})$ для рандомизированного комплексного показателя уровня качества с учетом ограничений

i	Показатели качества							Матрица доминирования							
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	$\bar{Q}_{ср}$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	6,00	9,50	9,90	7,00	7,00	8,00	7,90	0	0	0	0	0	0.02	1	0
2	7,00	9,84	10,00	10,00	8,00	10,00	9,14	1	0	1	1	1	1	1	0.94
3	6,00	10,00	10,00	6,00	8,00	10,00	8,33	1	0	0	1	1	0.89	1	0.32
4	6,00	10,00	9,50	7,00	8,00	9,00	8,25	1	0	0	0	0.77	0.31	1	0.08
5	6,89	9,59	10,00	6,00	7,00	8,00	7,91	1	0	0	0.23	0	0.08	1	0
6	7,00	10,00	10,00	8,00	6,00	9,00	8,33	0.98	0	0.06	0.63	0.92	0	1	0.14
7	6,00	9,10	10,00	8,00	5,00	8,00	7,68	0	0	0	0	0	0	0	0
8	7,50	9,81	10,00	9,00	9,00	7,00	8,72	1	0.06	0.68	0.92	1	0.86	1	0

ных значений критериев представлены на рисунке 2 («а» и «в») с помощью диаграммы типа «скрипка» (violin plot). Как видно из рисунка, введение ограничений позволяет более достоверно различать уровни качества работы для различных сотрудников. Сравнивая попарно между собой общий уровень качества для каждого из возможных значений, можно рассчитать вероятность стохастического доминирования $P(X^{(V_i)} > X^{(V_j)})$. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

На основании проведенных расчетов для $P(X^{(V_i)} > X^{(V_j)}) > 0.6$ построен орграф, представленный на рисунках 2 («б» и «г»). Построенные графы позволяют достаточно легко ранжировать уровни качества работы сотрудников на основании анализа входящих и выходящих ребер для каждого узла.

Как видно из таблицы 2, вероятности стохастического доминирования принимают следующие значения: $P(X^{(2)} > X^{(8)}) = 0.94$; $P(X^{(8)} > X^{(3)}) = 0.68$; $P(X^{(3)} > X^{(6)}) = 0.89$; $P(X^{(6)} > X^{(4)}) = 0.63$; $P(X^{(4)} > X^{(5)}) = 0.77$; $P(X^{(5)} > X^{(1)}) = 1$; $P(X^{(1)} > X^{(7)}) = 1$, что описывается следующим отношением показателей качества: $Q^{(2)} > Q^{(8)} > Q^{(3)} > Q^{(6)} > Q^{(4)} > Q^{(5)} > Q^{(1)} > Q^{(7)}$, где $Q^{(1)}$, как было отмечено выше, является минимально допустимым уровнем качества.

Из орграфа, показанного на рисунке, видно, что в случае использования ранжирования показателей появилось выраженное доминирование комплексного показателя качества работы у сотрудника «3» над показателем сотрудника «6», аналогичная картина наблюдается для сотрудника «5» по сравнению с минимально приемлемым уровнем качества «1».

Таким образом, предложенная в главе методика, включающая программный код генерации случайных точек для политопа, описанного системой ограничений, позволяет снизить алгоритмическую сложность расчёта рандомизированных весов от степенной к линейной, что обеспе-

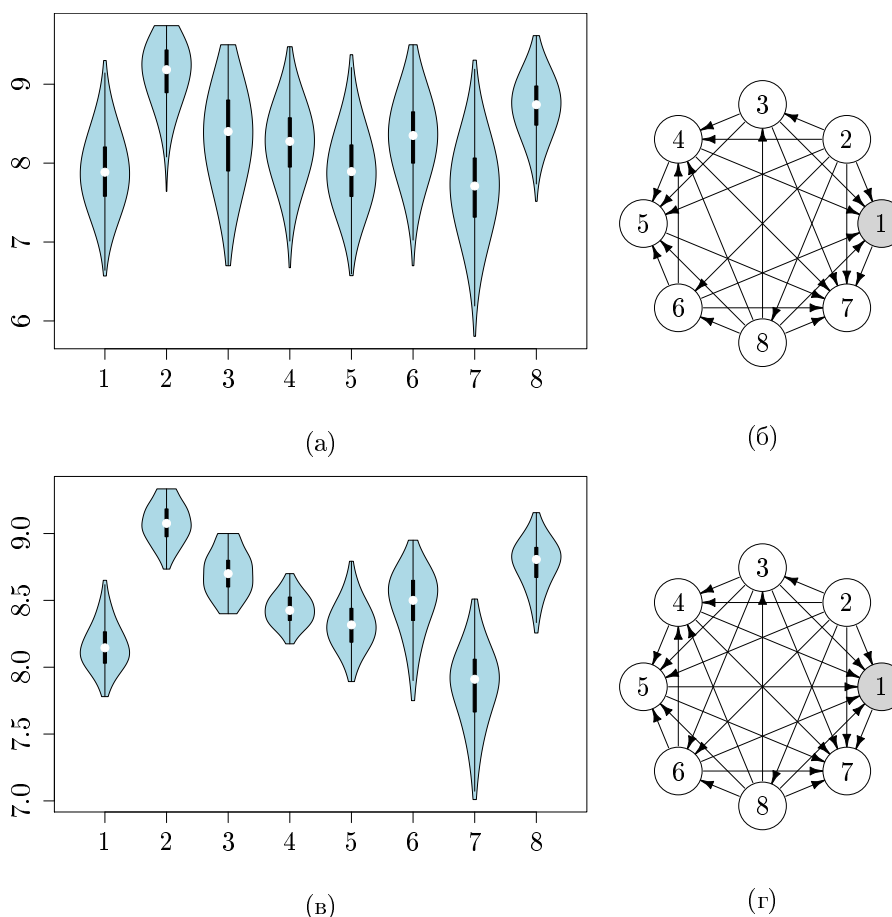


Рисунок 2 – Плотности распределений рандомизированного комплексного показателя качества и графы стохастического доминирования. (а) Диаграмма «скрипка» для линейной свертки показателей без ограничений. (б) Орграф стохастического доминирования для данной свертки. (в) Диаграмма «скрипка» для линейной свертки с учетом ограничений. (г) Орграф стохастического доминирования с учетом ограничений. Ребра в графах выходят из доминирующих объектов, выделенная вершина «1» соответствует минимальному приемлемому уровню качества.

чивает простоту её применимости в операционной деятельности.

В качестве входных параметров использованы данные службы технической поддержки с января 2010 года по октябрь 2014 года (всего 58 измерений). Таблица включает в себя следующие колонки: год (Year), месяц (Month), общее число зарегистрированных обращений (Total), число обращений, выполненных с нарушением срока (Bad), среднее время в секундах от регистрации обращения до приема в работу (Reg_time), среднее время работы над обращением в секундах (Work_Time), число жалоб (Claim), средняя оценка (Rate). Для сравнения качества объекта с эталоном необходимы некоторые целевые и критические значения отдельных показателей качества. В качестве табличных значений в данном случае наиболее целесообразно использование метрик, разработанных одним из автором ИТIL – Питером Бруксом, либо непосредственно показателей из действующих договоров (SLA). Для воспроизводимости результатов протокол исследования и исходные данные доступны в сети Интернет по адресу <https://github.com/Tushavin/RobustQ>. До-

полнительно предложенная методика верифицирована в диссертации на основании данных 2019 года.

Учитывая тот факт, что по мере удаления по одной из возможных осей единичного показателя качества от эталонного к наихудшему это изменение не одинаково воспринимается потребителем на различных участках шкалы, в данном случае для шкалирования единичных показателей целесообразно использовать функцию потери качества Тагути:

$$L = kE(Y - T)^2,$$

где L – функция потери качества, k – коэффициент потери качества, E – ожидаемое значение, T – целевое значение Y . Таким образом, функция потери качества имеет вид симметричной относительно целевого значения параболы. Описанные предпосылки определяют методику робастного подхода к оценке комплексного показателя качества. Учитывая, что для большинства единичных показателей качества ИТ-услуг превышение целевой («идеальной») границы невозможно (например, невозможно получить среднюю оценку пользователей больше 5, если используется пятибалльная шкала, либо превысить показатель доступности системы более 100%), тогда, направив шкалы в одну сторону (больше – лучше), в качестве функции обратной потери качества можно использовать перевернутую полупараболу, принимающую значение 1 в наилучшей точке на шкале, а 0 в минимально допустимой. Значения минимально допустимой, целевой и наилучшей точки для демонстрации расчётов берутся из SLA. Для нахождения параболы $y = ax^2 + bx + c$, симметричной относительно оси проходящей через наилучшее значение, по трем точкам решаем соответствующую систему уравнений. Коэффициенты a , b и c находятся по формулам:

$$\begin{cases} a = \frac{-2}{2H^2 - 4HL + 2L^2} \\ b = \frac{1}{H-L} - a(H + L) \\ c = \frac{L}{L-H} + aLH, \end{cases} \quad (5)$$

где H – верхняя, а L – нижняя границы шкалы.

Сравнение подходов, основанных на расчётах комплексного показателя качества, когда коэффициентами для линейной свертки выступают математические ожидания случайных весов и когда сравнивается вероятность превышения стохастического комплексного показателя над эталонным, показало, что второй подход адекватнее показывает текущую картину, чем обычная линейная свертка, даже с учётом рационально подобранных коэффициентов.

Предложенная методика генерации матрицы случайных весов, методика робастного шкалирования, а также подхода к оцениванию комплексного показателя качества содержат научную и практическую новизну и позволяют решать широкий круг задач, связанный со сравнениями и оценками многопараметрических объектов в экономике и управлении наукоёмким производством.

Исходя из общепризнанного факта, что интегрированная система менеджмента организации базируется на трех основных элементах: процессы, информационные технологии и люди,

менеджменту необходимо не только оценивать и повышать качество работы сотрудников, но и активно их вовлекать в процесс непрерывного улучшения. Какую бы систему непрерывного совершенствования не внедряло предприятие: кайдзен, бережливое производство, двадцать ключей, управление инициативами всегда выделяется в отдельный этап. Процесс управления инициативами можно декомпозировать на несколько основных подпроцессов: сбор предложений, оценка предложений, ранжирование предложений, планирование улучшений, осуществление улучшений, контроль улучшений. Сбор предложений можно организовать в любом виде: заполнение бумажного бланка, формы на корпоративном портале, электронного бланка с отправкой на выделенный адрес электронной почты и т.д. Эта стадия при внедрении ни у кого проблем не вызывает. Как показывает опыт, наибольшую сложность вызывает оценка поступивших предложений. В результате была разработана методика управления инициативами и вводится пятимерная ранговая квалиметрическая шкала для оценки качества инициативы. Измерения включают в себя: качество проработки, оригинальность, применимость, косвенный и экономический эффекты.

Помимо этого в главе рассматривается вопрос управления компетенциями персонала. Критически оцениваются вышедшие недавно ГОСТ Р 55767-2013 «Информационная технология. Европейская рамка ИКТ-компетенций 2.0. Часть 1. Общая европейская рамка компетенций ИКТ-специалистов для всех секторов индустрии» и ГОСТ Р 55766-2013 «Информационная технология. Европейская рамка ИКТ-компетенций 2.0. Часть 3. Создание e-CF – соединение методологических основ и опыта экспертов». Предложенный в данных ГОСТ подход к компетенциям определяет четырехмерную модель, каждая составная часть структуры которой имеет свою характеристику (дескриптор). Дескриптор 1 содержит пять областей компетенций в сфере ИКТ, соответствующих бизнес-процессам в информационных системах: планирование, реализация, эксплуатация, обеспечение. Дескриптор 2 содержит набор из 36 эталонных компетенций, относящихся к этим областям. Дескриптор 3 обеспечивает спецификацию уровней от 1 до 5. Четвертый дескриптор описывает примеры знаний и умений, определенных дескриптором 2. Следует отметить, что описанная структура достаточно легко редуцируется к трехмерной модели, где по одной оси имеются 36 компетенций, по другой «знания» и «умения», а по третьей уровень от 1 до 5.

Данное описание компетенций носит достаточно общий характер и скорее приемлемо либо как базис для построения собственной системы компетенций, либо как направления обучения/повышения квалификации в системе СПО/ВПО/ДПО. Исходя из этого, в главе предлагается методический подход, позволяющий решить задачу адекватной оценки необходимого уровня компетенций, существующего уровня компетенций, расхождений между этими показателями как в большую, так и меньшую сторону, степени взаимозаменяемости сотрудников, а также изыскать внутренние резервы обучения. Также в главе описывается разработанная квалиметрическая шкала компетенций сотрудников, являющаяся основным инструментом этого процесса. Эта мно-

гомерная шкала имеет древовидную структуру и состоит из двух кластеров: общекультурные и профессиональные компетенции, вторые, в свою очередь, подразделяются на общие и специальные. Всего было разработано 275 компетенций, для каждой из которых была предложена ранговая шкала, принимающая дискретные значения от 0 до 4. Общие принципы определения квалитметрической шкалы компетенций основывались на следующей базовой шкале:

0 — Компетенция отсутствует или не обучен; 1 — Компетенция выражена слабо, действует по типовым шаблонам или инструкциям; 2 — Компетенция имеется, может действовать самостоятельно, но требует контроля; 3 — Компетенция сильно выражена, в состоянии действовать самостоятельно; 4 — Компетенция выражена явно, человек активно ею пользуется и способен передавать её дальше.

Важной новацией было выделение педагогических компетенций: способности к наставничеству и способности к преподаванию, соответствующих различным этапам цикла создания знаний в организации. Это позволяет отобрать в качестве наставников или преподавателей сотрудников обладающих как четвертым уровнем в передаваемых компетенциях, так и уровнем не ниже третьего в педагогических компетенциях, что существенно снижает затраты на обучение персонала. Кроме того оценивается обучаемость сотрудника, что позволяет принять решение о целесообразности инвестиций в его развитие.

Результаты исследований, описанные во второй главе опубликованы в работах [1–3, 13, 15, 20–22, 24].

В третьей главе «Математические и информационные модели состояния и динамики качества ИТ-процессов» исследован входящий поток обращений с помощью методов многоуровневого регрессионного анализа со смешанными эффектами.

Источником данных являются записи из учетных систем ИТ-предприятия, которые были сведены в таблицу, состоящую из 642 наблюдений в 5 колонках. Таблица содержит данные по 14 предприятиям за период с 01.01.2010 по 01.05.2014 г., анонимизированные с помощью условных обозначений: Org_1 . . . Org_14 для возможности открытой публикации. Таблица данных содержит следующие поля: Year — год (целое положительное); Month — месяц (целое положительное); Org — кодированные данные о принадлежности к одной из 14 организации (символьное поле); PC — количество обслуживаемых компьютеров в данной организации в данный временной период (целое положительное); SC — количество обращений пользователей в данный период для данной организации (целое неотрицательное). Для воспроизводимости результатов протокол исследования и исходные данные доступны в сети Интернет по адресу <https://github.com/Tushavin/Regression>.

Изучен ранее не исследованный вопрос о влиянии размера предприятия на уравнение регрессии. Для этого данные были разделены на две выборки: обучающую и верифицирующую, размерами 482 и 160 строк. Исходя из гипотезы о том, что в случае «объединения» предприятий обращения пользователей также суммируются, была сгенерирована случайная таблица данных

в 2000 строк из случайных линейных комбинаций данных двух предприятий. Была построена модель классическим методом наименьших квадратов. Модель имеет вид: $y = \beta x + \varepsilon$, где x — число обслуживаемых компьютеров; β — параметр линейно регрессии, равный 0.997; ε — остатки модели, имеющие распределение близкое к нормальному со стандартным отклонением 92.37. Скорректированный коэффициент детерминации модели составляет 0.96. Параметр линейной регрессии имеет 95% доверительный интервал (0.9788, 1.015) при стандартной ошибке 0.009. Расчетная t-статистика для коэффициента регрессии равна 107, при этом p-значение оказывается меньше 2×10^{-16} , что, в совокупности с рассчитанной статистикой Фишера ($F(1, 481) = 1.15 \times 10^4$, p-значение $< 2 \times 10^{-16}$), свидетельствует о значимости модели.

Проведённое исследование показало, что модель зависимости количества обращений от числа обслуживаемых рабочих мест гомоскедастична и не зависит от времени. Исходя из гипотезы о влиянии размера предприятия на интенсивность обращений были проведены вычисления границ малого, среднего и крупного предприятия, для чего во вложенных циклах в данных смещались рамочные границы с окном в 50 компьютеров и строилась линейная регрессия, параметры которой оценивались с помощью критерия Акаике и сохранялись для последующего анализа. Результаты показали, что к малым предприятиям следует относить организации с числом компьютеров менее 700, а к крупным — с числом компьютеров более 1550.

Для учета влияния размера предприятия на коэффициенты линейной регрессии была построена модель со смешанным эффектом вида $y_i \sim \mathcal{N}(X_i B, \sigma_i^2)$, где B — матрица коэффициентов модели.

Полученная модель в виде системы уравнений представлена ниже:

$$y = x - 78.41 + \begin{cases} -0.2x + 94.06 + \varepsilon_a, & \text{при } 0 < x < 700 \\ 0.14x - 70.53 + \varepsilon_b, & \text{при } 700 \leq x \leq 1500 \\ 0.05x - 23.53 + \varepsilon_c, & \text{при } x > 1500 \end{cases} \quad (6)$$

Доверительный интервал (95%) для коэффициентов модели составляет: для предиктора (0.71, 1.29), для свободного члена (-216.34, 59.51). Стандартное отклонение остатков модели — 120.57. Проведённое с помощью дисперсионного анализа сравнение моделей показало, что полученная модель лучше объясняет исследуемое явление.

Как видно из модели, наиболее быстрый рост числа обращений с ростом парка персональных компьютеров приходится на среднюю зону, возможно, что это обусловлено качественным различием в обслуживаемых информационных системах у предприятий разного размера. Так для предприятия с менее 700 рабочих мест в качестве автоматизированной системы управления предприятием вполне подходит 1С УПП, в то время как предприятия большего размера чаще используют SAP ERP или Oracle E-Business Suite.

Использование полученной модели для прогнозирования данных по верифицирующей выборке показано на рисунке 3.

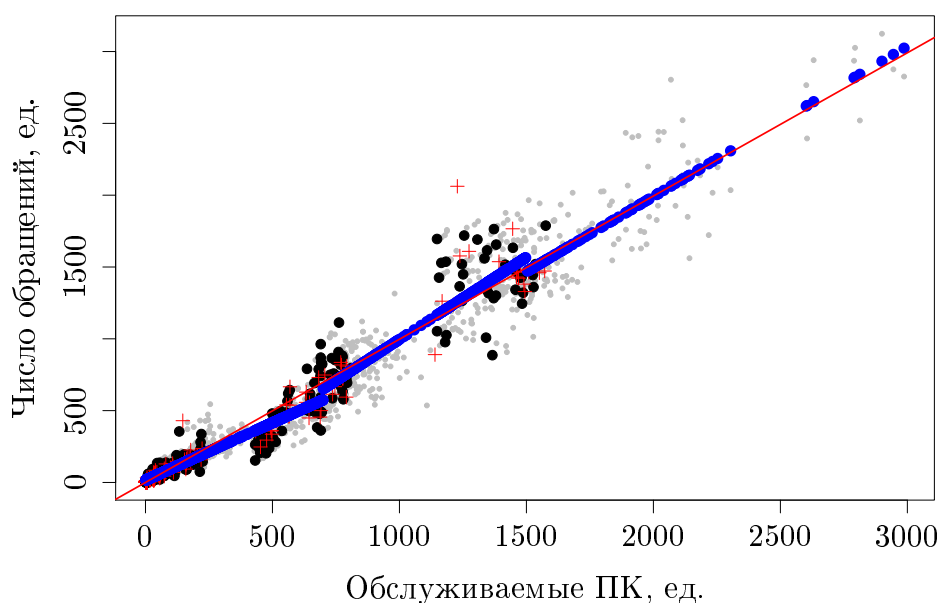


Рисунок 3 – Результирующая модель зависимости количества обращений пользователей от числа обслуживаемых рабочих мест. Жирными чёрными точками обозначены фактические данные, используемые для модели. Маленькими серыми точками обозначены симулированные данные. Красными плюсами обозначены данные, используемые для проверки модели. Синими точками обозначены данные, предсказанные с помощью модели со смешанными эффектами, красной диагональной линией показана линейная КМНК модель

Как видно из рисунка 3 модель является адекватной и пригодна для прогнозирования с учётом следующих оговорок. Во-первых, значительная дисперсия не позволяет точно предсказать количество обращений для малых и средних предприятий, иными словами, наиболее рационально использовать данную модель для прогноза по всей совокупности обслуживаемых рабочих мест. Во-вторых, количество обращений зависит от неучтенных в модели факторов: организационной психологии (корпоративной культуры), уровня зрелости бизнес-процессов, уровня ИТ-грамотности пользователей на рабочих местах, количества обслуживаемых информационных систем и, главное, доли от всех обращений пользователей, попавшей в учётную систему. В данной модели использовались данные предприятий, находящихся в единой корпоративной культуре и средним уровнем ИТ-грамотности пользователей, что не позволяет говорить об инвариантности предложенной модели.

На основании проведённого исследования была построена дискретно-событийная модель для типовых обращений. Поскольку моделирование бизнес-процесса осуществляется на стороне провайдера, описанные выше допущения не влияют на качество построенной модели, т.к. рассматривается не обслуживание обращений отдельно взятых предприятий, а их совокупный поток. Как было показано ранее, такой поток обращений стремится к Пуассоновскому. Для моделирования была использована среда iGrafx Process 2013 for Six Sigma. На рисунке 4 показана схема модели бизнес-процесса технической поддержки провайдера услуг в области информаци-

онно-коммуникационных технологий.

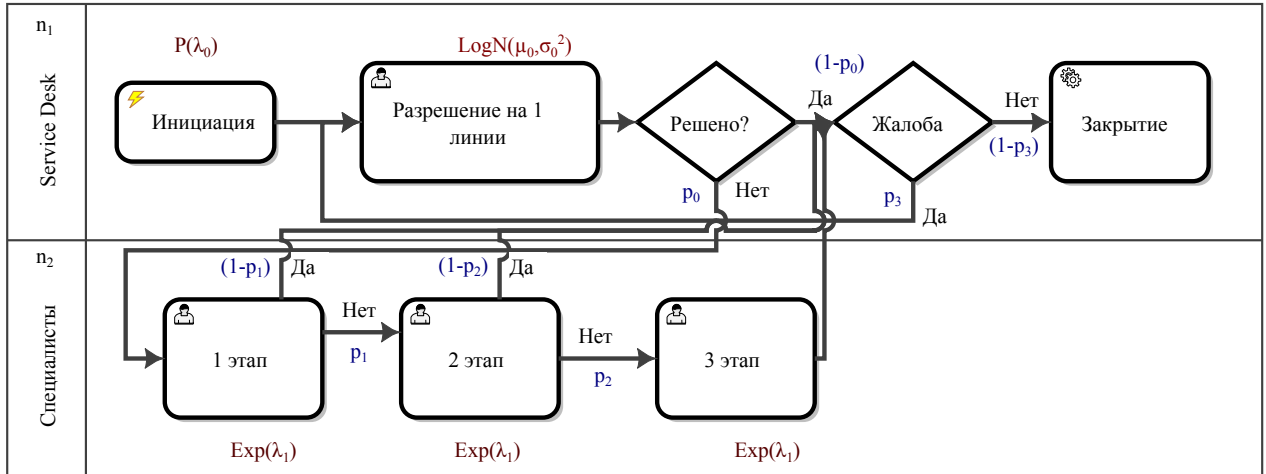


Рисунок 4 – Схема дискретно-событийной модели процесса технической поддержки, используемая для решения задачи оптимизации численности ИТ-персонала.

В модели используются следующие допущения:

- среднее время разрешения типовых обращения на каждой стадии одинаково;
- поток как входных инцидентов, так и поток между стадиями процесса является простейшим, т.е. описывается распределением Пуассона.

Как было показано ранее, в случае, если среднее время работы описывается экспоненциальной функцией с параметром μ , а плотность потока обращений — λ , тогда если z — суммарное время разрешения обращения, а k — количество стадий, то плотность вероятности описывается функцией:

$$P(z) = \frac{z^{k-1}(\mu - \lambda)^k e^{-z(\mu - \lambda)}}{(k - 1)!} \quad (7)$$

Иными словами, время работы над обращением, в случае, когда $\mu > \lambda$, описывается распределением Эрланга. Если $\mu < \lambda$, то система будет нестабильной, и очередь из инцидентов будет непрерывно расти.

Построенная модель описывается следующим образом. На вход процесса «разрешение на первой линии» поступает пуассоновский поток обращений с параметром λ_0 . Ранее было показано, что количество обращений в месяц линейно зависит от количества обслуживаемых рабочих мест. На первой линии происходит регистрация заявки, её категоризация, а также разрешение или передача специалистам. В этом участвует n_1 сотрудников службы Service Desk. Длительность этого процесса, как было показано в [8], аппроксимируется логнормальным распределением $\text{LogN}(\mu_0, \sigma_0^2)$ с вероятностью неразрешения на первой линии p_0 и разрешения $(1 - p_0)$.

В дальнейшем обращение передаётся специалистам поддержки и, в зависимости от трудоёмкости, оно может потребовать участие одного, двух или более специалистов. Учитывая, что на практике вероятность необходимости четырех специалистов для типовых задач поддержки

стремится к нулю, модель была ограничена тремя этапами. Первый и второй этапы имеют вероятность неразрешения p_1 и p_2 и аппроксимируются одинаковыми экспоненциальными распределениями $\text{Exp}(\lambda_1)$. Блок «жалоба» инициирует повторную обработку обращения пользователя с вероятностью p_3 .

Следует отметить, что существует два противоречивых подхода к созданию службы технической поддержки. В первом случае создается отдельное подразделение для регистрации, классификации и категоризации всех обращений с последующим назначением ответственному специалисту называемое колл-центром. Поскольку квалификация этих сотрудников, как правило, недостаточно высокая, то их средняя заработная плата обычно на 20–30% ниже непосредственно технических специалистов первой линии поддержки. При втором подходе создаётся единый пул «универсальных специалистов». При моделировании бизнес-процесса использовались данные из учетной системы провайдера: $\lambda_0 = 3000$ с; $\mu_0 = 600$ с; $\sigma_0 = 600$ с; $p_0 = 0,9$; $\lambda_1 = 3600^{-1}$ с⁻¹; $p_1 = 0,25$; $p_2 = 0,11$; $p_3 = 0,0005$; $n_1 = 4$; $n_2 = 25$ и рабочий период один месяц. Верификация полученной модели с использованием фактических данных из учетной системы показали совпадение основных статистических показателей модели и реального процесса.

При планировании эксперимента с полученной моделью имитировалось два подхода: разделение труда и единый пул специалистов. В каждом случае четыре раза изменялась численность специалистов $n_1 = 1...6$; $n_2 = 22...27$ с шагом 1, что в совокупности дало 288 измерений. Данные были усреднены и рассчитаны следующие показатели: среднее время цикла работы с обращением пользователей и среднее число обращений, выполняемых специалистом в месяц. В данном случае имеется многокритериальная оптимизационная целочисленная задача вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(n_1, n_2) \rightarrow \max; \\ g(n_1, n_2) \rightarrow \min; \\ n_1 \geq 1; n_1 \leq 6; \\ n_2 \geq 22; n_2 \leq 27; \end{array} \right. , \quad (8)$$

где $f(n_1, n_2)$ — среднее число обращений, выполняемых специалистом, а $g(n_1, n_2)$ — среднее время цикла работы с обращением пользователей. Как видно из постановки задачи, данные условия являются взаимно противоречивыми. При уменьшении численности персонала повышается его загрузка, в то же время увеличивается очередь. В случае увеличения численности персонала, очередь сокращается, однако нагрузка на персонал падает.

Для исключения неоднозначности решения задачи был предложен подход, основанный на концепции альтернативных затрат потребителя. Затраты клиента на одно рабочее место, в данном случае, состоят из потерь от простоя, равного средним затратам на персонал в месяц S_c умноженным на среднее время цикла разрешения обращения $g(n_1, n_2)$, делённым на константу 168 час./мес. плюс фактические затраты на специалиста провайдера, равные отношению сред-

них затрат на персонал S_p в месяц к среднему числу обращений, выполняемых специалистом в месяц $f(n_1, n_2)$. Отсюда оптимизационная задача принимает вид (для периода равного 1 месяц):

$$\frac{S_c}{168}g(n_1, n_2) + \frac{S_p}{f(n_1, n_2)} \rightarrow \min. \quad (9)$$

Для расчета были взяты данные, соответствующие текущему уровню рынка. Для данной задачи оптимальным решением будет штат из 28 сотрудников, 6 из которых отвечают на телефонные звонки и регистрируют обращения пользователей. Эти результаты графически представлены на рисунке 5.

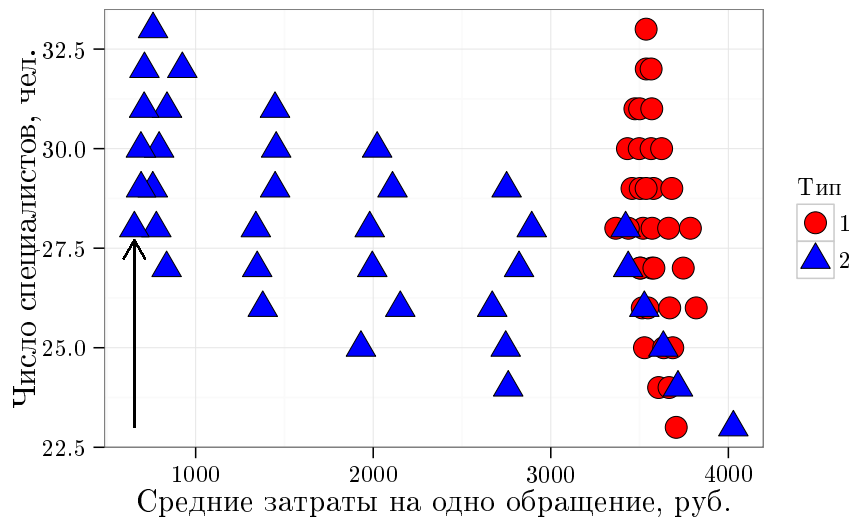


Рисунок 5 – Нахождение оптимума методом альтернативных затрат. Тип 1 соответствует модели с выделением колл-центра, тип 2 – единый пул сотрудников. В данном случае оптимальной численностью является 28 человек. При этом среднее время операционного цикла составляет 1.48 часов, а среднее число обращений на одного специалиста – 76.9.

Проверка решения на устойчивость показала, что даже при увеличении средней заработной платы как специалистов провайдера, так и специалистов клиента в два раза данное решение остается оптимальным.

Проведённое исследование и решение задачи оптимизации численности персонала позволяет, теоретически, при неизменном потоке обращения сократить время операционного цикла в 4 раза при снижении численности персонала. Практическое же внедрения единого пула специалистов технической поддержки на производстве вместо двухуровневой системы с оптимизацией численности позволили сократить операционный цикл в 2.5 раза.

В главе также исследуется поток обращений в ИТ-компанию за период 2012–2014 год. Всего данные содержат 767 строк в 4 колонках. Для повторимости и воспроизводимости эксперимента все расчеты и исходные данные доступны по URL: <https://github.com/Tushavin/ServiceCalls>.

Полученные данные были преобразованы: во-первых, найдено сальдо оставшихся в системе заявок, как первоначальное число заявок на 1 января 2012 года (150) плюс зарегистриро-

ванные заявки и минус выполненные заявки; во-вторых, убраны промахи в данных, связанные с работой в выходные дни. Для этого все дни, в которых число заявок менее 20 были удалены из выборки. В результате осталось 689 строк данных в 5 колонках: год, день года, число зарегистрированных обращений, число закрытых обращений, число обращений в системе.

Разведочный анализ данных был проведен с помощью методов описательной статистики, а также посредством визуализации данных на диаграмме типа «скрипка» (violin plot). В результате было установлено, что распределения в 2013 и 2014 году имеют сходную природу. Проведенный непараметрический тест Андерсона-Дарлинга для этих двух выборок показал, что при p -значении = 0.06615 (большем чем 0.05) гипотеза о единой генеральной совокупности для этих двух выборок не отвергается. Это особенно интересно тем, что за этот период произошло сокращение персонала на 10%. На рисунке 6 показана диаграмма разброса для анализа зависимости числа обращений находящихся в системе от числа поступивших обращений.

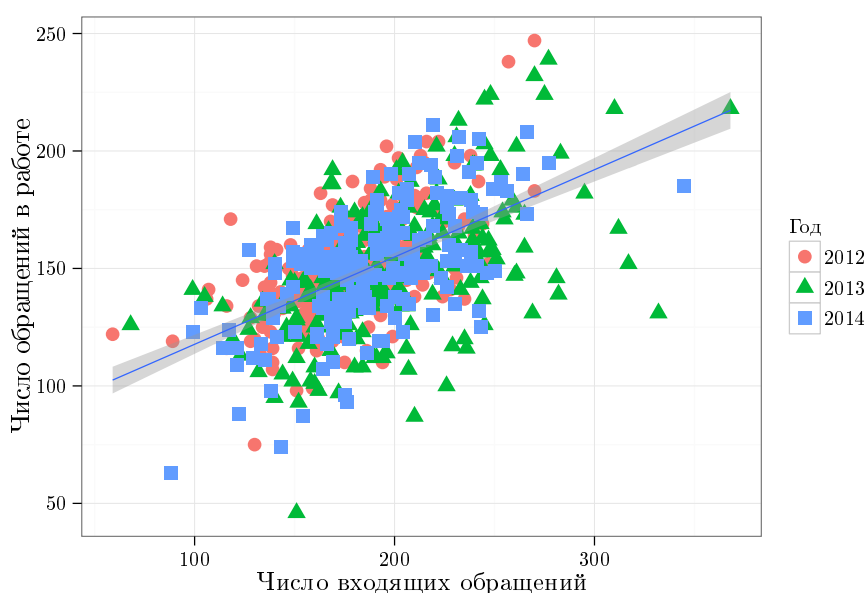


Рисунок 6 – Диаграмма разброса для зависимости между входящими обращениями и числом обращений, находящихся в работе

Из рисунка 6 видно, что существует корреляция между этими двумя величинами. Построенная линейная модель методом наименьших квадратов, подтверждает гипотезу о зависимости этих показателей процесса. Уравнение регрессии имеет вид: $y = 0.37x + 80.56 + \varepsilon$. Доверительный интервал (95%) для предиктора составляет (0.33, 0.41) и для свободного члена (72.44, 88.67). Стандартная ошибка остатков модели — 21.4.

Таким образом, в третьей главе представлена разработанная математическая модель на основе многоуровневого регрессионного анализа со смешанными эффектами и дискретно-событийная модель бизнес-процесса технической поддержки, на основании которой предложен нетрадиционный подход к решению задачи нахождения оптимальной численности персонала с использованием концепции альтернативных затрат заказчика. Данное исследование базируется на

результатах полученных ранее и защищённых в рамках диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. В диссертационной работе также приводятся результаты верификации предложенных математических моделей на основе данных 2019 года.

Результаты исследований, представленные в главе, опубликованы в работах [4–6, 11, 17, 18, 27].

В четвертой главе «Научные основы автоматизированных комплексных систем управления качеством ИТ-услуг» предлагается укрупненная схема производственной системы наукоёмкого производства (рис. 7). На схеме показано (стрелки 1,2 и 3), что стратегия предприятия разрабатывается на основании трех, часто взаимопротиворечивых, требований к качеству, которые называются в концепции развертывания функции качества (QFD): требования (голос) потребителя (VOC – Voice of the customer), требования процессов (VOP – Voice Of The Process) и требования бизнеса (VOB – Voice of the Business).

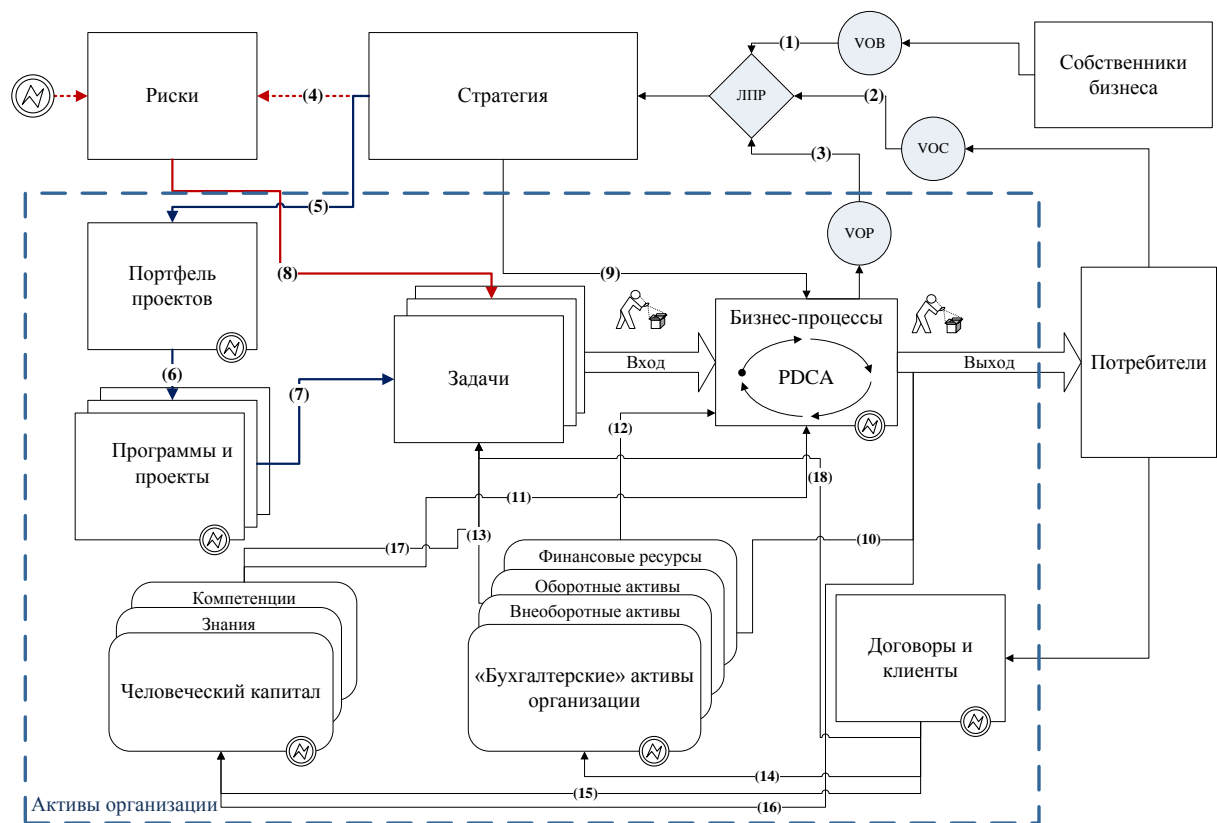


Рисунок 7 – Инвариантная информационная модель комплексной системы управления качеством

Поскольку управление качеством неразрывно связано с визуализацией данных, что объясняется особенностью человеческого восприятия, то это необходимо учитывать при разработке автоматизированных систем менеджмента качества. Учитывая, что большинство отечественных менеджеров не обладает необходимым уровнем знаний экономики и менеджмента, особенно математических и инструментальных методов, а также используют пассивно-интуитивный, реактивный подход к управлению, то при проектировании информационной системы нельзя сводить

отображение качественных показателей к «светофорам», поскольку они часто вводят менеджеров в заблуждение и не показывают процесс в необходимой для принятия решений динамике. Поэтому отдельные показатели качества целесообразно представлять в виде соответствующих контрольных карт. На основании методики, описанной в предыдущей главе, предлагается подход к визуализации комплексного показателя качества посредством контрольных карт: 1) определяются измеримые показатели качества ИТ-услуг; 2) определяются критические и целевые показатели качества; 3) все показатели приводятся к одному диапазону шкалы и одному направлению (больше – лучше); 4) определяются приоритеты показателей, например, с помощью матрицы парных сравнений; 5) генерируется матрица случайных коэффициентов, соответствующая заданным ограничениям по представленному выше алгоритму; 6) вычисляется вероятность превышения текущих показателей качества над критическими и целевыми Пк и Пц; 7) для отслеживания процесса во времени строятся контрольные р-карты для Пк и Пц.

Предложенный подход является новым и отличается от известных возможностью вычисления и отображения динамики интегрированного показателя качества в реальном времени с учётом неопределённости весовых коэффициентов.

Также в главе рассматриваются вопросы мониторинга и контроля процессов технической поддержки. В главе показано, что в случае, когда события происходят достаточно редко, например, при аварийном прерывании всех ИТ-услуг, использование для контроля процесса контрольных карт Шухарта, описанных в ГОСТ Р ИСО 7870-1-2011 и ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015, становится проблематичным по причине несоответствия эмпирического распределения контролируемому данными картами.

Доказано, что проверка аппроксимации реальных данных распределением Пуассона с помощью непараметрического критерия согласия Андерсона – Дарлинга (Anderson-Darling goodness of fit test), даёт статистику $AD = 109.4301$ с соответствующим p -значением $= 2.727 \times 10^{-5}$, что отвергает гипотезу о характере распределения данных. Исходя из изложенного, представляется обоснованным применение активно развиваемых в настоящее время контрольных карт редких событий, таких как: g -карты, основанные на геометрическом распределении, или t -карты, основанные на распределении Вейбулла – Гнеденко.

Поскольку геометрическое распределение имеет функцию вероятности:

$$P[X = x] = p(1 - p)^x \quad (10)$$

где x — число событий, а p — вероятность наступления события.

На основании проведённых сравнений существующих подходов к построению контрольных границ для g -карт предлагается использовать формулы, предложенные Янгом (Yang) и др.³:

³ Yang Z., Xie M., Kuralmani V., Tsui K. On the Performance of Geometric Charts with Estimated Control Limits//Journal of Quality Technology. Vol. 34. No. 4. 2002, pp. 448-458.

$$UCL = \frac{\ln(\frac{\alpha}{2})}{\ln(1-p)} - 1 \quad (11)$$

$$LCL = \frac{\ln(1 - \frac{\alpha}{2})}{\ln(1-p)}$$

В главе также рассматривается методика построения Мах-CUSUM контрольных карт применительно к времени разрешения обращения и предлагается новый подход к контролю временных характеристик процесса в сфере информационных технологий, отличающийся от традиционного более высокой чувствительностью и наглядностью и позволяющий более эффективно использовать витрины данных в корпоративной среде управления ИТ.

Таким образом, четвертая глава посвящена изучению генезиса процесса технической поддержки наукоёмкого производства, выявляет различия в подходах к управлению объектами одного вида, в результате чего предложена информационная метамодель, отличающаяся от известных универсальностью подхода к процессам управления проектами, инцидентами, рисками и запросами пользователей и позволяющая снизить информационную сложность процесса. Используя в разработке методики объектно-ориентированный и событийно-ориентированные подходы и рассмотрев процесс оказания услуг как процесс непрерывного решения задач различной природы, в главе предложены контрольные точки процесса и подходы к построению комплексной автоматизированной системы. Критически рассматриваются развиваемые последние десятилетия CALS-технологии⁴, показано, что применительно к ИТ-услугам стандарты ISO 10303 (ГОСТ Р ИСО 10303) являются менее применимы, чем подходы ITIL/ITSM⁵, учитывая, что активно переводимые на русский язык стандарты ISO 10303 (ГОСТ Р ИСО 10303) базируются на подходах прошлого века к менеджменту бизнес-процессов и фактически усложняют систему, в то время как объектно-ориентированный и событийный подходы, заложенные, например, в современном стандарте BPMN⁶ позволяют унифицировать методику автоматизации процессов в условиях неопределённости (рисков).

На основании проведенного анализа фактического потока данных проведена модернизация подхода к построению контрольных g-карт Шухарта применительно к редким событиям и Мах-CUSUM карт применительно ко времени разрешения обращений, позволяющая значительно повысить чувствительность контрольных карт. Помимо вышеизложенного, в главе предложен оригинальный подход к использованию регрессионных деревьев для проактивного управления качеством услуг, позволяющий выявлять закономерности в зависимости выходного качества услуг от внутренних показателей процесса, а также визуализировать эту зависимость для принятия управленческих решений.

⁴ CALS является устоявшейся английской аббревиатурой Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий

⁵ ITIL и ITSM являются устоявшимися английскими аббревиатурами IT Infrastructure Library – библиотека инфраструктуры информационных технологий и IT Service Management – управление ИТ-услугами

⁶ Business Process Model and Notation (англ.) – нотация и модель бизнес-процессов

Результаты исследований, описанные в четвертой главе, опубликованы в работах [14, 19, 23, 25, 26, 28] и подтверждаются свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ [29, 30].

В пятой главе «Методические основы управления качеством ИТ-услуг в рыночных условиях» уточняется определение понятия «аутсорсинг» и на основании построенных информационных и математических моделей рассматриваются вопросы принятия решения о передаче на аутсорсинг бизнес-процессов в области информационных технологий. Показано, что существующие определения понятия «аутсорсинг» не учитывают такой специфический момент, как необходимость разработки стратегии выхода из него. Если обычные долгосрочные договоры оказания услуг (в основном, заключаемые на год и автоматически пролонгируемые, например, уборки офисных помещений) могут быть, в большинстве случаев, расторгнуты в любое время и заключены с новым контрагентом, то договоры аутсорсинга (например, ведения бухгалтерского учета), требуют при расторжении передачи дел либо заказчику услуг, либо новому контрагенту. Кроме того, существующие определения затрагивают только вопросы эффективности, т.е. показателей, ориентированных, прежде всего, на менеджмент и собственников компании. Требования же потребителя, иными словами, вопросы качества бизнес-процесса, оказываются за его рамками, в то время, как возможность обеспечить более высокие показатели доступности и надежности, чем это может обеспечить само предприятие при данном уровне зрелости бизнес-процессов, является одним из ключевых условий при принятии решения об их передаче внешнему провайдеру. Рассмотрев аутсорсинг не только как потенциальное средство повышения экономической эффективности, но и как инструмент повышения качества бизнес-процессов, содержащий в себе связанные с этим риски утраты компетенций заказчиком, было уточнено определение аутсорсинга, впервые данное в работе И. Д. Котлярова⁷. В рамках диссертационного исследования под аутсорсингом предлагается понимать *специфический инструмент повышения эффективности и качества деятельности предприятия, основанный на привлечении на платной и долгосрочной договорной основе ресурсов, сформированных, организованных и управляемых внешним оператором, для выполнения необходимого заказчику бизнес-процесса, в соответствии с оговоренным уровнем сервиса (SLA), при этом отношения оператора и заказчика включают рыночную и иерархическую составляющие, а также стратегию прекращения договорных отношений.*

В главе показано, что наибольшая отдача от масштаба наблюдается в диапазоне 1–5 тысяч обслуживаемых рабочих мест. Таким образом, в случае холдинговой структуры с суммарным количеством рабочих мест в указанном диапазоне, целесообразно рассматривать вопрос о выделении отдельной структуры внутри холдинга для централизации ИТ-функции. В случае же малых предприятий, с числом автоматизированных рабочих мест менее 20, передача ИТ процессов на аутсорсинг представляется экономически оправданной.

Кроме того, в главе затрагиваются общие проблемы, связанные с управлением качеством

⁷ Котляров И. Д. Сущность аутсорсинга как организационно-экономического явления// Компетентность № 5 (96), 2012 – с. 28-35

в современных условиях, рассматриваются практические подходы, связанные с оценкой осуществимости ИТ-проектов и использования проектов управления качеством в качестве основы системы управления знаниями наукоёмкого предприятия.

Результаты исследований, описанные в пятой главе, опубликованы в работах [7–10, 12].

Заключение

В диссертационной работе изложены новые научно обоснованные технические, технологические и иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны — разработан методологический аппарат управления качеством процессов информационного обеспечения наукоёмкого производства.

В работе получены следующие новые научные результаты, представленные в таблице 3:

Таблица 3 – Научные результаты диссертационного исследования

Научный результат	Пункты паспорта специальности	Внедрение
Математическая модель на основе многоуровневого регрессионного анализа со смешанными эффектами, выявляющая закономерность в зависимости числа зарегистрированных обращений от количества обслуживаемых рабочих мест, отличающаяся от известной учётом влияния фактора размера предприятия и используемая, в том числе, для <i>планирования качества услуг</i> .	1	Модель используется на пяти предприятиях, что подтверждается актами внедрения.
Дискретно-событийная модель бизнес-процесса технической поддержки и методика нахождения оптимальной численности персонала службы поддержки по двум показателям (количество разрешаемых обращений за период и среднее время работы над одним обращением), отличающийся от известных использованием концепции альтернативных затрат заказчика.	1,3	Модель позволяет найти оптимальную численность персонала, использование подтверждается актами внедрения.
Информационная метамодель, отличающаяся от известных моделей универсальностью подхода к процессам управления проектами, инцидентами, рисками и запросами пользователей и позволяющая снизить информационную сложность и повысить качество процессов путём стандартизации и автоматизации.	1,9	На основе модели разработано программное обеспечение, позволившее повысить результативность оказываемых услуг. Использование подтверждается актами внедрения.

Продолжение таблицы 3

Научный результат	Пункты паспорта специальности	Внедрение
Модернизированный подход к построению контрольных карт Шухарта применительно к редким событиям, отличающийся от известных использованием g-карт для контроля времени между аварийными прерываниями работы информационных систем предприятия, позволяющий повысить качество контроля процессов информационной поддержки наукоёмкого производства.	2,3,9	Построение контрольных карт автоматизировано в разработанном программном обеспечении. Использование подтверждается актами внедрения.
Методика выявления объектов улучшения процесса, отличающаяся от известных использованием алгоритмов интеллектуального анализа данных на основе регрессионных деревьев, позволяющая повысить результативность ситуационного анализа применительно к управлению качеством информационной поддержки.	1,3	Разработанная методика внедрена и используется, что подтверждается актами внедрения.
Модернизированный квалиметрический метод стохастического доминирования с использованием подхода робастного проектирования.	3,4	Разработанный метод является основой для научных исследований в квалиметрии и внедрен на трёх предприятиях, что подтверждается актами внедрения.
Метод улучшения качества процессов технической поддержки на основе синтеза квалиметрических и компетентностных подходов, отличающийся от известных интегрированным подходом к управлению компетенциями, знаниями и рисками, позволяющий повысить эффективность процессов управления знаниями на наукоёмком предприятии.	3,4	Метод внедрен, что подтверждается актами внедрения.

Предложенный методический аппарат позволяет повысить социально-экономическую эффективность производства за счёт его интенсификации, снижения уровня риска, повысить конкурентоспособность предприятий. Результаты исследований внедрены и используются на предприятиях различных отраслей экономики, что подтверждается актами внедрения.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

Статьи в журналах из международной базы цитирования Scopus

1. Semenova E. G., Smirnova M. S., Tushavin V. A. Decision making support system in multi-objective issues of quality management in the field of information technology // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9, no. 12. P. 1078–1081.
2. Semenova E., Smirnova M., Tushavin V. Decision making support system in multi-objective issues

- of quality management in the field of information technology // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2014. Vol. 9, no. 22. P. 16977–16984.
3. Nazarevich S., Smirnova M., Tushavin V. Integral criteria for evaluation of scientific and technical research // *International Journal for Quality Research*. 2015. Vol. 9, no. 3. P. 467–480.
 4. Tushavin V., Semenova E., Smirnova M., Frolova E. Comparison of qualitative assessments of employees work by randomized indicators // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2015. Vol. 10, no. 16. P. 7280–7287.

Статьи в журналах из перечня ВАК РФ

5. Тушавин В. А. Квалиметрическая оценка качества работы сотрудников ИТ-компании с помощью рандомизированных показателей // *Системы управления и информационные технологии*. 2013. № 3.1 (53). С. 178–182.
6. Тушавин В. А. Анализ качества ИТ-услуг с использованием классификационных деревьев // *Экономика и менеджмент систем управления*. 2013. № 4.1 (10). С. 211–217.
7. Тушавин В. А. Кайдзен и Scrum проекты как инструмент организационного научения в ИТ-компании // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент*. 2014. № 2 (15). С. 80. URL: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/11128.pdf>.
8. Тушавин В. А. Особенности аутсорсинга в сфере информационно-коммуникационных технологий // *Менеджмент и бизнес-администрирование*. 2014. № 1. С. 79–86.
9. Тушавин В. А. Использование рандомизированных показателей для качественной оценки осуществимости ИТ-проектов // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент*. 2014. № 3 (16). С. 566–575. URL: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/10571.pdf>.
10. Tushavin V. A. Deciding on it outsourcing based on the number of users in a company // *В мире научных открытий*. 2014. № 9.1 (57). С. 477–485.
11. Тушавин В. А. Многоуровневый регрессионный анализ зависимости количества обращений пользователей от числа обслуживаемых рабочих мест // *Системы управления и информационные технологии*. 2014. № 3.2 (57). С. 278–280.
12. Тушавин В. А. Бережливое производство в сфере информационных технологий: система управления инициативами // *Экономика и менеджмент систем управления*. 2014. № 3.3 (13). С. 378–384.
13. Тушавин В. А. Робастный подход к оценке комплексного показателя качества ИТ-услуг // *Системы управления и информационные технологии*. 2014. № 4 (58). С. 92–95.
14. Тушавин В. А. Методы оценки комплексного показателя качества в сфере услуг // *Экономика и менеджмент систем управления*. 2014. № 4.1 (14). С. 202–208.
15. Тушавин В. А. Квалиметрический подход к управлению компетенциями персонала в области информационных технологий // *Экономика и менеджмент систем управления*. 2014. № 4.2 (14). С. 307–315.

16. Тушавин В. А. Производственная система как интегрированная система менеджмента качества: роль информационных технологий // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2014. № 12. С. 54–59.
17. Тушавин В. А. Методика оптимизации численности персонала провайдера // Информационно-управляющие системы. 2014. № 6 (73). С. 129–133.
18. Тушавин В. А. Использование инструментов менеджмента качества для контроля загрузки ИКТ персонала // Век качества. 2014. № 4. С. 33–35.
19. Тушавин В. А. Научные основы автоматизированных комплексных систем управления качеством ИТ-услуг // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. — ноябрь — декабрь. № 6 (25). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/27TVN614.pdf>.
20. Тушавин В. А. Развитие квалиметрии услуг на основе метода стохастического доминирования // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 1 (1). С. 53–60.
21. Тушавин В. А. Ранжирование комплексных показателей качества в условиях неопределенности // Радиопромышленность. 2015. № 4. С. 72–76.
22. Тушавин В. А. Ранжирование показателей качества с использованием методов Кемени-Янга и Шульце // Экономика и менеджмент систем управления. 2015. № 4.4 (18). С. 497–503.
23. Тушавин В. А. Методика визуализации потока входных обращений службы технической поддержки предприятия // Системы управления и информационные технологии. 2015. № 4.1 (62). С. 163–165.
24. Тушавин В. А. К вопросу о сравнении эффективности алгоритмов ранжирования // Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и Технические Науки. 2016. № 1. С. 67–70.
25. Тушавин В. А. Выявление причин отклонений процесса на основе нечеткого-логического моделирования // Системы управления и информационные технологии. 2017. № 4. С. 76–78.
26. Тушавин В. А. Применение контрольных карт для мониторинга аварийных прерываний ИТ-услуг // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 5 (107). С. 49–55.
27. Tushavin V. A. Complex quality indicators and ranking in uncertainty conditions // Components scientific and technological progress. 2020. no. 5(47). P. 25–31.
28. Тушавин В. А. Применение МаксКУСУМ-карт для мониторинга ИТ-процессов // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 6 (108). С. 51–57.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

29. Мониторинг и контроль качества работы с обращениями пользователей: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2014662204 Рос. Федерация / В. А. Тушавин; заявитель и правообладатель В. А. Тушавин. — № 2014660401; заявл. 07.10.2014; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 26.11.2014. — [1] с.
30. Автоматизация контроля жизненного цикла обращений пользователей: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2014660350 Рос. Федерация / В. А. Тушавин;

заявитель и правообладатель В. А. Тушавин. — № 2014660421; заявл. 10.10.2014; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 27.11.2014. — [1] с.

Монографии

31. Тушавин В. А. Управление качеством ИТ-процессов производственного предприятия: монография. М.: Научные технологии, 2015. 249 с. ISBN: 978-5-4443-0067-1.

Прочие публикации

32. Тушавин В. А. Управление себестоимостью по потокам создания ценности в области информационно-коммуникационных технологий // Казанская наука. 2010. № 1. С. 273–278.
33. Тушавин В. А. Верификация математической модели зависимости среднего числа обращений пользователей ПК от количества обслуживаемых рабочих мест // Аспирант и соискатель. 2012. № 5(71). С. 69–71.
34. Тушавин В. А. Развертывания функции качества для процессов технической поддержки информационных систем // Актуальные проблемы экономики и управления. 2014. № 4 (4). С. 94–97.
35. Тушавин В. А. Выбор альтернатив для проектов в области информационно-коммуникационных технологий с использованием аксиоматического метода // Актуальные проблемы экономики, социологии и права в современных условиях. 5-я Международная научно-практическая конференция г. Пятигорск, 05-06 марта 2010 г. / Международная академия финансовых технологий. Пятигорск: Издательство МАФТ, 2010. С. 277–281.
36. Тушавин В. Место малых проектов в функциональной и операционной стратегии предприятия // Актуальные проблемы экономики современной России: сборник научных трудов. ГУАП, 2010. Т. 6. С. 301–303.
37. Тушавин В. А. Цикл создания знаний в ИКТ-компании: роль проектирования // Научная сессия ГУАП:Сб.докл.:В 4 ч. Ч. III. Гуманитарные науки. СПб.: ГУАП, 2010. С. 305–307.
38. Тушавин В. А. Управление знаниями: роль и место информационных технологий // Экономика, социология, право: новые вызовы и перспективы: Материалы научно-практической конференции 10-15 мая 2010 г.: в 2-х т. Том 1. М.: Экономика, социология и право, 2010. С. 290–294.
39. Тушавин В. А. Управление знаниями в современной ИТ-компании: место и роль проектирования // Проблемы развития инновационно-креативной экономики: Сборник докладов по итогам международной научно-практической конференции, Москва, 29 марта-09 апреля 2010 г. М.: Креативная экономика, 2010. С. 344–347.
40. Тушавин В. А. Моделирование бизнес-процессов с использованием нотации BPMN 2.0 // Научная сессия ГУАП:Сб.докл.:В 3 ч. Ч. III. Гуманитарные науки. СПб.: ГУАП, 2011. С. 282–284.

41. Тушавин В. А. Повышение результативности проектирования при использовании аксиоматического дизайна на стадии инициации // Актуальные проблемы экономики современной России. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. Приволжский научно-исследовательский центр. - Йошкар-Ола: Коллоквиум, 2011. С. 34–41.
42. Тушавин В. А. Практические аспекты применения SWOT-анализа в стратегическом планировании // Актуальные проблемы экономики современной России: сборник научных трудов. СПб: ГУАП, 2012. Т. 8. С. 249–252. ISBN: 978-5-8088-068-7.
43. Тушавин В. А. Стратегическое управление качеством в области информационных технологий // Научная сессия ГУАП:Сб.докл.:В 3 ч. Ч. I. Технические науки. СПб.: ГУАП, 2012. С. 225–227.
44. Тушавин В. А. Контроллинг в области информационно-коммуникационных технологий // Научная сессия ГУАП:Сб.докл.:В 3 ч. Ч. III. Гуманитарные науки. СПб.: ГУАП, 2012. С. 276–278.
45. Тушавин В. А. Управление проектами в области информационных технологий: проблемы и перспективы // Актуальные проблемы экономики современной России: сборник научных трудов. СПб: ГУАП, 2013. Т. 9. С. 191–193. ISBN: 978-5-8088-068-7.
46. Тушавин В. А. Моделирование показателей качества технической поддержки с использованием Random forest // Научная сессия ГУАП: Сб .докл.: В 3 ч. Ч. I. Технические науки. СПб.: ГУАП, 2013. С. 215–216.
47. Tushavin V. Axiomatically design projects as a tool to improve the quality // Modern trends of strategic development of the enterprises: Proceedings of the International scientific and practical conference. Yelm, WA, USA.: Science Book Publishing House, 2014. P. 61–67.
48. Тушавин В. А. Методы повышения качества ИТ-службы на предприятии // Актуальные проблемы науки, экономики и образования XXI века : материалы III Международной научно-практической конференции, 5 марта – 26 сентября 2014 года. / Самарский институт (фил.) РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2014. С. 273–276.
49. Тушавин В. А. Статистический анализ зависимости числа обращений в службу поддержки от количества обслуживаемых рабочих мест // Формирование современного информационного общества. Проблемы, перспективы, инновационные подходы: материалы международного форума, Санкт-Петербург, 01-05 июня 2014 г, В 2-х т., Т. 2. СПб.: ГУАП, 2014. С. 215–219.
50. Tushavin V. A. Evaluation of the IT processes quality using randomized indicators // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XX-th international open science conference. Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House LLC, 2015. — January. P. 127–134.
51. Tushavin V. A. A Practical Approach to Solving Problems in Quality Through Machine Learning // Synergy of science and society in the XXI century. Proceedings of the International scientific and practical conference. St. Louis, Missouri, USA: Publishing house science and innovation center,

2015. P. 145–148.
52. Tushavin V. A. Multiple regression analysis of service calls // *Multiparadigmality and interdisciplinary methods in science, education and business-2015: Proceedings of the International scientific and practical conference*. St. Louis, Missouri, USA: Publishing house science and innovation center, 2015. — May. P. 28–33.
 53. Tushavin V. A., Semenova E. G. IT service quality management // *Modern approaches to the management of economic systems in the conditions of global transformations: Proceedings of the 1-st International scientific and practical conference (St. Louis, Missouri, Mau, 15, 2015)*. St. Louis, Missouri, USA: Publishing House Science and Innovation Center, 2015. P. 140–144.
 54. Тушавин В. А. Информационные технологии и интегрированные системы менеджмента качества // *Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем: сб. докл.* СПб.: ГУАП, 2015. С. 86–89.
 55. Тушавин В. А. Оптимизация численности персонала провайдера на основе дискретно-событийного моделирования // *Формирование современного информационного общества. Проблемы, перспективы, инновационные подходы: материалы международного форума, Санкт-Петербург, 01-05 июня 2015 года*. СПб.: ГУАП, 2015. С. 187–191.
 56. Tushavin V. A. Application of robust design in quality of services // *Challenges and Opportunities in Innovative Science: Proceedings of the International scientific and practical conference*. Vol. 1. St. Louis, Missouri, USA: Publishing house science and innovation center, 2015. — December. P. 80–83.
 57. Тушавин В. А. К вопросу об использовании логики антонимов в квалиметрических моделях // *Научные преобразования в эпоху глобализации: сборник статей международной научно-практической конференции (18 декабря 2015 г., г. Екатеринбург)*. В 2 ч. Ч.1. Уфа: РИО МЦИИ Омега Сайнс, 2015. С. 100–102.
 58. Tushavin V. A. Using the Schulze method for ranking of complex quality indicators // *Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XXI-th International Open Science Conference*. Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House LLC, 2016. — January. P. 112–116.
 59. Tushavin V. A. Using random forest to identify critical areas in the processes // *Modern approaches to the management of economic systems in the conditions of global transformation: Proceedings of the II International scientific and practical conference (St. Louis, Missouri, 1th February, 2016)*. St. Louis, Missouri, USA: Science and Innovation Center Publishing House, 2016. P. 115–117.