

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

На правах рукописи



Пермякова Наталья Викторовна

**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ И РИСКООБРАЗУЮЩИХ
ФАКТОРОВ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА**

Специальность 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук
профессор Ю.П. Ехлаков

Томск – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 РИСКИ И РИСКООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ.....	15
1.1 Анализ существующих стандартов и методик управления рисками в процессном управлении	15
1.2 Определения и классификация рисков и рискообразующих факторов	27
1.3. Понятия и классификация рисков и рискообразующих факторов программного продукта.....	34
1.4. Анализ существующих программных решений по управлению рисками.....	39
2 НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ РЕЙТИНГА РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ И ВЫБОРА ПЛАНОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ НА ПРОЯВЛЕНИЕ КРИТИЧНЫХ РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ.....	47
2.1 Семантическая модель процесса управления рисками программных проектов	47
2.2 Постановка задачи поддержки принятия решений при оценке рейтинга рискообразующих факторов	59
2.3 Нечеткая модель вычисления рейтинга рискообразующих факторов	61
2.4 Нечеткая когнитивная модель выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов	79
2.4.1 Постановка задачи	79

2.4.2 Алгоритм формирования альтернативных планов мероприятий по реагированию на факторы, требующие немедленного реагирования.....	82
3 АПРОБАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИКИ, МОДЕЛЕЙ, АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	91
3.1 Методика и программный продукт поддержки принятия решений при вычислении рейтинга рискообразующих факторов	91
3.1.1 Общие сведения о программном обеспечении	91
3.1.2. Методика формализованного описания и вычисления рейтинга рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики.....	93
3.2 Апробация предложенных моделей.....	106
3.2.1 Апробация предложенной модели на примере оценки рейтинга рискообразующих факторов при заключении контракта по оказанию услуги на адаптацию и внедрение программного продукта.....	106
3.2.2 Апробация предложенной модели на примере формирования множества альтернатив возможных решений при управлении рисками этапа продвижения программного продукта «Сервис ведения электронного расписания FlipTable»	115
3.2.3 Апробация предложенной модели на примере оценки рейтинга рискообразующих факторов при разработке и внедрении web-портала высоконагруженного интернет-магазина	124
3.2.4 Апробация предложенной модели на примере формирования множества альтернатив возможных решений при управлении рисками этапов разработки и внедрения Web-портала высоконагруженного интернет-магазина.....	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	148
Список литературы	152
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) База данных рискообразующих факторов....	163

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное) Сравнительный анализ программных продуктов по управлению рисками.....	192
ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное) ERD-модель.....	196
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное) Когнитивная матрица взаимовлияния рисков и рискообразующих факторов	197

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Отрасль информационных технологий является самой динамично развивающейся на данный момент отраслью, как мировой экономики, так и экономики России. По данным аналитического агентства TAd- vizer доля ИТ-услуг на сегодняшний день составляет 44 % в общем обороте ИТ-отрасли экономики России, а темп ежегодного прироста оценивается экспертами в 9 % [1]. Вместе с тем необходимо добавить, что данный вид бизнеса характеризуется высокой степенью риска. По результатам ежегодного опроса Project Management Institute (PMI) PMI's 2018 Pulse of the Profession (в опросе участвовали более 4 000 респондентов, включая топ-менеджеров и риск-менеджеров ИТ-проектов) 69 % проектов признаны успешными, при этом 57 % проектов не превысили бюджета, 52 % проектов выполнены в срок, 15 % проектов не завершились [2]. Поэтому вопросы идентификации, оценки и анализа рисков и рискообразующих факторов, а также мониторинга их текущего состояния являются ключевыми при разработке и выводе на рынок программных продуктов.

Методологические вопросы управления рисками рассматриваются, как правило, в рамках процессного управления и регламентируются множеством зарубежных и отечественных стандартов [3–15]. Все рассмотренные нормативные документы с небольшими различиями определяют процесс управления рисками как циклический процесс, состоящий из нескольких этапов: идентификация рисков, качественный и количественный анализ рисков, реагирование на риски, мониторинг рисков. Как правило, в этих документах описываются состав и содержание работ на каждом из этапов, предлагается последовательность шагов, необходимых для реализации процесса управления рисками, но не рассматриваются конкретные инструменты и методы принятия решений, не конкретизируется сам процесс исполнения решений.

Теоретические аспекты управления рисками программных проектов раскрываются в работах отечественных и зарубежных ученых: Д.Ф. Шафера, Б.У. Бозма, Т. Де Марко, Т. Листера, Ф. Бэгьюли, С. Трофимова, С. Архипенкова, В.В. Липаева, С.М. Авдошина, Е.Ю. Песоцкой и др. Учитывая цифровизацию современного общества и высокие темпы развития IT-индустрии, следует обратить внимание на работы авторов А.Н. Курбацкого, В.Н. Макашовой, Р.Т. Фатрелла, М.В. Ньюэлла, С.А. Глушенко, Н.Ю. Налютина и др.

Множество имеющихся в периодической печати публикаций по теме диссертационного исследования можно разбить на две тематические группы. В работах первой группы вводятся и обсуждаются понятия и определения рисков программных продуктов и причин (факторов) их возможного наступления [16–27]. Вторая группа работ посвящена разработке моделей и алгоритмов принятия решений при управлении рисками [28–41]. Многие авторы сходятся во мнении, что для поиска решений при управлении рисками необходимо учитывать, что оценивание характеристик риска и рискообразующих факторов проводится в статистически некорректной среде и с использованием качественных категорий. В этом случае целесообразно использовать математический аппарат теории нечетких множеств, методы логического вывода которого позволяют преобразовать качественные оценки в числовые с учетом степени уверенности эксперта в данной оценке [29, 33, 34, 40, 41].

Кроме того, следует подчеркнуть, что в литературе [16–27] и нормативных документах [3–15] нет однозначного понятия (определения) риска и рискообразующего фактора, как процесса или явления, способствующего угрозам бизнеса. Более того, эти понятия часто путают. Отсутствуют также методики и алгоритмы численного вычисления рангов (рейтингов) и единая классификация рисков и рискообразующих факторов, присущих этапам жизненного цикла программных продуктов.

Рынок программных продуктов управления рисками проектов представлен в настоящее время двумя группами решений: комплексными решениями для ин-

формационной поддержки управления проектами [42–49]; специализированными решениями по управлению рисками [49–59]. Программные продукты, отнесенные к первой группе решений, нагружены излишней функциональностью, ориентированы на внедрение в крупные компании, ценовая категория решений не подходит для представителей малого бизнеса. Вторая группа решений, напротив, не обладает необходимой функциональностью, программные продукты этой группы можно отнести к средствам оценки соответствия программных продуктов стандарту информационной безопасности. Кроме того, в базах данных программных продуктов отсутствуют описания факторов риска, присущих этапам жизненного цикла программного продукта.

Это позволяет сделать вывод об актуальности развития и конкретизации методики, методов, моделей и алгоритмов поддержки принятия решений управления рисками программных проектов и их реализации в виде специализированного программного обеспечения.

Целью диссертационного исследования является разработка методики, моделей, алгоритмов и программного обеспечения поддержки принятия решений при оценке и анализе рискообразующих факторов на этапах жизненного цикла программного продукта с использованием аппарата нечеткой логики и когнитивного моделирования.

Для достижения поставленной цели были определены следующие основные **задачи**:

- провести анализ литературы, отечественных и зарубежных стандартов, регламентирующих процессы управления рисками проектов и выделить ключевые моменты управления рисками на этапах жизненного цикла программных продуктов;

- провести анализ понятий и определений рисков и рискообразующих факторов этапов жизненного цикла программного продукта, моделей и алгоритмов принятия решений управления рисками, а также существующих на рынке пакетов прикладных программ;

- выявить множество рисков и рискообразующих факторов, свойственных этапам жизненного цикла программного продукта, и предложить варианты их классификации;
- предложить методику описания бизнес-процесса управления рисками этапов жизненного цикла программного продукта;
- разработать модели и алгоритмы оценки рискообразующих факторов и поддержки принятия решений по реагированию на их возможные проявления;
- разработать программный комплекс поддержки принятия решений по выявлению факторов, требующих немедленного реагирования;
- провести практическую апробацию полученных теоретических результатов и внедрение.

Объектом исследования является процесс принятия решений при управлении рисками на этапах жизненного цикла программных продуктов.

Предметом исследования являются методы, модели и методики поддержки принятия решений при управлении рисками на этапах жизненного цикла программного продукта с использованием математического аппарата нечеткой логики и когнитивного моделирования.

Теоретическую и методологическую базу исследования составили труды ведущих российских и зарубежных специалистов в области теории принятия решений в социальных и экономических системах, системного анализа, когнитивного моделирования, теории нечетких множеств. Информационной базой являются материалы, опубликованные в периодической печати, учебной и научной литературе, сети Интернет. Методологическую основу работы образуют общенаучные методы исследования (анализ, синтез, дедуктивный и индуктивный вывод, сравнение, абстрагирование), системный подход, методы теории принятия решений, а также методология объектно-ориентированного моделирования.

Область исследования диссертационной работы соответствует указанным в паспорте специальности 05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах» (технические науки) пунктам: п.2 «Разработка методов формали-

зации и постановка задач управления в социальных и экономических системах»; п.4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах»; п. 5 «Разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и принятия решений в социальных и экономических системах».

– введены новые понятия рисков программного продукта: «критические отклонения по выполнению функциональных требований», «критические отклонения выполнения нефункциональных требований», «срыв плановых сроков разработки программного продукта», «превышение бюджета разработки программного продукта», основанные на модификации правила «железного треугольника» и логической взаимосвязи формулировок, приведенных в стандартах по проектному управлению — «цель проекта, как результат деятельности» и «риск проекта, как негативное событие, не позволяющее достичь целей»;

– предложен оригинальный классификатор внутренних рискообразующих факторов, основанный на элементах универсальной модели деятельности: «программный продукт (предмет деятельности)», «команда проекта (субъект деятельности)», «инструментальные средства разработки программного продукта (средства деятельности)», «технологии управления процессами разработки программного продукта (технология деятельности)», позволяющий распределить представленные в литературе рискообразующие факторы по четырем основаниям классификации;

– предложена оригинальная нечеткая модель расчета рейтинга рискообразующих факторов, отличающаяся от известных формализацией процесса вычисления рейтинга (ранга), основанного на нечетких описаниях оценок близости наступления и степени критичности факторов и позволяющая лицу принимающему решение получать числовое выражение рейтинга рискообразующих факторов, ранжировать их по степени критичности влияния на цели проекта, выделяя факторы, требующие немедленного реагирования;

– впервые разработана нечеткая когнитивная модель выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов, основанная на математическом аппарате нечеткой реляционной алгебры и позволяющая лицу принимающему решение оценивать в динамике состояние как ранее идентифицированных рискообразующих факторов, так и новых, формировать альтернативные решения по реагированию на их проявления.

Теоретическая ценность диссертации заключается в развитии и конкретизации нечетких моделей и алгоритмов поддержки принятия решений при управлении рисками на каждом из этапов жизненного цикла программного продукта.

Практическую значимость результатов исследования составляют: методика управления рисками, предложенная в виде комплекса семантических моделей; база данных рискообразующих факторов, описание которых представлено по схеме «условия возникновения → последствия проявления → влияние на результат», и программное приложение «Программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики». Предложенный оригинальный комплекс семантических моделей, описывающий технологию поддержки принятия решений при управлении рисками, показывает место нечетких моделей оценки рейтинга рискообразующих факторов этапов жизненного цикла программного продукта в процессе управления рисками и позволяет выделить основные сущности процесса, используемые в дальнейшем при проектировании структурных элементов концептуальной модели разработанного программного комплекса.

Использование разработанных методики, моделей, алгоритмов и программного обеспечения поддержки принятия решений позволяет менеджерам проектов малых ИТ-компаний отбирать из базы данных множество возможных рискообразующих факторов с учетом специфики программного продукта; получать числовое выражение рейтинга рискообразующих факторов, основанное на качественных экспертных оценках близости наступления и критичности факторов; ранжировать их по степени критичности влияния на сроки оказания услуги, выделяя

факторы, требующие особого внимания, получать альтернативные решения по составлению плана мероприятий реагирования на выявленные факторы.

Реализация результатов. Полученные в диссертационной работе результаты использованы:

– при выполнении государственного задания ТУСУРа № 3653 на 2015-2016г. — номер государственной регистрации АААА-А15-115120910054-7 «Модели, алгоритмы и программное обеспечение поддержки принятия решений по управлению рисками в социально-экономических и производственно-технологических системах»;

– в учебном процессе кафедры автоматизации обработки информации (АОИ) ТУСУРа при чтении курса лекций и проведении практических занятий по дисциплине «Управление программными проектами» при подготовке бакалавров по направлению 09.03.04 — «Программная инженерия» и по дисциплине «Управление проектами» при подготовке бакалавров по направлению 38.03.05 — «Бизнес-информатика».

Методика, база данных и программное обеспечение внедрены:

– в лаборатории ТУСУРа «Центр веб-технологий и информационных ресурсов» при оказании услуг по адаптации и внедрению в вузы и техникумы России «Сервиса электронного расписания»;

– в компании ООО «Паравеб» (г. Томск) при разработке высоконагруженных интернет-приложений на этапах анализа предметной области, проектирования, прототипирования при разработке визуальной и основной программно-аппаратной частей, тестировании и вводе в эксплуатацию.

Материалы диссертации переданы в ООО «МАГ Девелопмент» (г. Томск) и используются при управлении рисками разработки и сопровождения программного обеспечения управления ресурсами группы предприятий «КДВ-Групп» (г. Томск).

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ, проект № 8.8184.2017/8.9

Степень достоверности и апробации результатов. Достоверность результатов и выводов работы обуславливается корректным использованием математического аппарата когнитивного моделирования и теории нечетких множеств, методологии объектно-ориентированного моделирования, а также результатами апробации на реальных объектах. Адекватность предложенных в работе моделей и алгоритмов подтверждается результатами их практического использования в деятельности малых IT-компаний. Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих конференциях: Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления» (Томск, 2015,2016,2018), Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-2016)» (Новосибирск, 2016).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 3 статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования по направлению «Информатика и вычислительная техника», получено свидетельство о регистрации программ для ЭВМ № 2017664236 от 19.12.2017 г., издана одна коллективная монография.

Предмет защиты и личный вклад автора. Содержательные и математические постановки задач осуществлялись автором совместно с научным руководителем, алгоритмы решения, их экспериментальные исследования и программная реализация выполнены автором самостоятельно.

Положения, выносимые на защиту:

– новые понятия рисков программного продукта, основанные на логической взаимосвязи формулировок, приведенных в стандартах по проектному управлению — «цель проекта, как результат деятельности» и «риск проекта, как негативное событие, не позволяющее достичь целей» и модификации правила «железного треугольника»;

– оригинальный классификатор внутренних рискообразующих факторов, основанный на элементах универсальной модели деятельности, позволяющий

распределить представленные в литературе рискообразующие факторы по четырем основаниям и обеспечивающий систематизацию процесса управления рисками на каждом из этапов жизненного цикла программного продукта;

– нечеткая модель расчета рейтинга рискообразующих факторов, позволяющая лицу принимающему решение оценивать степени значимости факторов на основе количественных значений рейтинга, полученных с учетом нечетких оценок близости наступления и степени критичности факторов;

– нечеткая когнитивная модель выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов, позволяющая лицу принимающему решение получать альтернативные решения по формированию планов мероприятий реагирования на риски.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 93 наименований и 4 приложений. Материал изложен на 197 страницах, содержит 36 таблиц и 50 рисунков.

Во введении приведены аргументы, подтверждающие актуальность темы диссертационного исследования, описана степень ее проработанности, сформулированы цель и задачи исследования, определены и рассмотрены объект, предмет и методы исследования, отражены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении и использовании результатов.

В главе 1 проведен анализ существующих стандартов и методик управления рисками, отечественной и зарубежной литературы по теме диссертационного исследования; методов, моделей и алгоритмов управления рисками при разработке программных продуктов. В результате анализа стандартов по проектному управлению выявлено существование логической взаимосвязи между формулировками «цель проекта, как результат деятельности» и «риск проекта, как негативное событие, не позволяющее достичь в полной мере целей проекта», что, в

свою очередь, позволило сформулировать новые понятия рисков программного продукта, основанные на модификации правила «железного треугольника».

Предложен оригинальный классификатор рискообразующих факторов, основанный на элементах универсальной модели деятельности. Проведен анализ существующих программных решений, ориентированных на поддержку процесса управления рисками, результаты которого позволяют обосновать актуальность разработки программного обеспечения управления рисками этапов жизненного цикла программного продукта.

В главе 2 на основании анализа существующих стандартов и методик управления рисками проектов предложен оригинальный комплекс семантических моделей, описывающий процесс риск-менеджмента и его декомпозицию на под-процессы. Предложена нечеткая модель и алгоритм оценки рейтинга, позволяющие получить количественные оценки рейтинга факторов на основании качественных экспертных оценок критичности и возможного времени наступления факторов. Предложена нечеткая когнитивная модель выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов, учитывающая существование взаимосвязи между рисками и рискообразующими факторами.

В главе 3 приведены описание методики и программного обеспечения поддержки принятия решений при оценке рискообразующих факторов этапов жизненного цикла программного продукта, результаты апробации методики и предложенных моделей, алгоритмов и программного комплекса.

1 РИСКИ И РИСКООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

1.1 Анализ существующих стандартов и методик управления рисками в процессном управлении

В условиях рыночной экономики проблема управления рисками является одной из основных и особо важных в общем перечне проблем и задач проектного управления по созданию конкурентоспособной качественной продукции и оказания сопутствующих услуг. Убедительным свидетельством важности и актуальности этой проблемы являются многочисленные многолетние зарубежные и отечественные научно-практические исследования, проведенные и опубликованные такими общеизвестными и авторитетными организациями как Институт Управления Проектами (США), Институт Программной Инженерии (США), Университет Мэриленда (США), Сеть управления программами создания ПО - SPMN (США) Национального Института Стандартов и Технологий США, Российский Институт Управления Проектами, и др. [16]. Множество нормативных документов, регулирующих процессы риск-менеджмента, можно условно разделить на три группы: стандарты и методики управления проектами, в которых управление рисками рассматривается как один из регламентируемых процессов, группа стандартов управления качеством и группа стандартов, регулирующих непосредственно процесс риск-менеджмента.

Основополагающим документом первой группы, регламентирующим процессы проектного управления, является «Свод знаний по управлению проектами» — так называемый стандарт PMBOK (Project Management Body of Knowledge), разработанный Институтом управления проектами (Project Management Institute — PMI) в 2000 году. Последняя версия «The Guide¹ to the PMBOK 6-th Edition» — вышла в 2017 году [3]. Стандарт, первоначально принятый в качестве Национального Стандарта Америки (ANS) Американским Национальным Институтом Стандар-

¹ guide (англ.) — руководство, путеводитель, ориентир.

тов (ANSI), в настоящее время нашел широкое применение во многих странах в различных сферах деятельности. Данный документ содержит обобщенные принципы и подходы, используемые в области проектного менеджмента, формализованные и структурированные таким образом, чтобы их можно было использовать в большинстве проектов независимо от их конкретного применения.

Документ содержит описание десяти областей знаний, которые используются менеджером проекта при определении содержания соответствующих этапов жизненного цикла проекта, в том числе при управлении рисками проекта (Project Risk Management). В соответствии с РМВОК предлагается рассматривать проектный риск с трех точек зрения [3]: риск как возможность угрозы бизнесу; риск как негативное событие, не позволяющее достичь в полной мере цели проекта; риск как неопределенность между возникающими неблагоприятными ситуациями и возможными действиями по их устранению. Процесс управления рисками представлен как выполнение следующей последовательности этапов: планирование управления рисками, идентификация рисков, качественный анализ рисков, количественный анализ рисков, планирование реагирования на риски, контроль рисков.

Стандарт BS 6079-1:2010 Project management. Principles and guidelines for the management of projects. Part 3: Guide to the management of business related project risk. (BS 6079-3:2000) [4] — разработан Британским институтом стандартов. Третья часть этого стандарта регламентирует действия топ-менеджеров, менеджеров проекта и менеджеров подпроектов по выявлению и контролю связанных с бизнесом рисков, возникающих при осуществлении проектов. Нормативный документ определяет проект как основное средство продвижения бизнеса и рассматривает процесс управления рисками с трех точек зрения: управление рисками на уровне бизнеса, управление рисками на уровне проекта, управление рисками на уровне подпроекта. Управление рисками рассматривается как неотъемлемая часть эффективной практики управления. В тексте стандарта отмечается, что положительные результаты его использования зависят от опыта менеджеров, применяющих руководство, а не от простого следования описанным в стандарте шагам. В терминах и определениях доку-

мента риск описан как неопределенность, присущая планам, и вероятность того, что что-то произойдет (например, непредвиденные обстоятельства, которые могут повлиять на перспективы достижения целей бизнеса или проекта).

Последовательность бизнес-процессов по управлению рисками, рекомендуемая стандартом BS 6079-1:2010, представлена в виде следующих этапов: определение целей бизнеса и проекта, определение целей проекта в контексте бизнеса; определение ограничений бизнеса и проекта; выявление источников риска, определение возможных рисков и условий их возникновения, классификация выявленных рисков; подробное описание рисков, оценка вероятности наступления выявленных рисков, описание возможных последствий; определение критериев оценивания рисков, ранжирование выявленных рисков; определение и оценка возможных вариантов решения проблем, построение плана реагирования на риски; оценка вторичных рисков (рисков, которые могут появиться в процессе реализации плана реагирования на риски), распределение обязанностей по реализации плана реагирования, выполнение мероприятий.

В справочных материалах стандарта перечислены методы, которые могут быть использованы на этапах идентификации, анализа и оценки рисков. В отличие от выше упомянутых документов, стандарт вводит классификацию уровней принятия решений для управления рисками и определяет стратегический, тактический и оперативный уровни принятия решений. Достоинством данного документа является то, что стандарт четко определяет алгоритм управления рисками на уровне проекта и подпроекта в виде циклической последовательности шагов:

Шаг 1. Определение целей проекта. Риск-менеджер проекта получает, проверяет и уточняет цели проекта. Если цели проекта ясны, выполняется шаг 2, в противном случае следует выполнить шаг 5.

Шаг 2. Определение объема и границ проекта. Риск-менеджер проекта определяет контекст (среду), в которой должны быть достигнуты ранее установленные цели проекта. Если цели проекта не изменились, то следует выполнить шаг 3, в противном случае — шаг 5.

Шаг 3. Разработка стратегии управления рисками. Риск-менеджер проекта определяет стратегию управления рисками, которая должна обобщать принципы управления рисками, включать возможные способы реагирования на риски и определять для каждого выявленного риска лиц, способных повлиять на него. При этом сама стратегия управления рисками может повлиять на общие цели или определить другие цели в зависимости от так называемых вторичных рисков, связанных с обработкой первичных рисков. Если цели проекта после разработки стратегии управления рисками соответствуют бизнес-целям, то следует перейти к шагу 5. Иначе, следует перейти к шагу 4.

Шаг 4. Реализация стратегии управления рисками. После определения мероприятий по реагированию на выявленные риски необходимо перейти к их выполнению. Очевидно, что все мероприятия должны контролироваться на предмет их эффективности, с тем, чтобы можно было принять соответствующие контрмеры или стимулирующие меры в случае, если стратегия управления рисками окажется неадекватной. Возможные методы анализа включают оценку эффективности, аудиты и проверки. Это позволит получить постоянную обратную связь о том, какая деятельность по оценке и реагированию наиболее эффективна. Повторная оценка рисков и поиск новых должны проводиться на регулярной основе.

Шаг 5. Отчет об управлении рисками на вышестоящем уровне (уровне бизнеса или уровне проекта). Этот шаг управления рисками на уровне проектов и подпроектов выполняется при условии изменения или неясности целей проекта, при выявлении на уровне проекта или подпроекта таких рисков, повлиять на которые могут только руководители вышестоящего уровня. После выполнения этого шага рекомендуется вернуться на шаг 1.

Японский стандарт по управлению проектами P2M «A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation» разработан Ассоциацией управления проектами Японии (The Project Management Association of Japan (PMAJ)) [5], стандарт описывает 11 областей знаний управления проектами, среди которых регламентируется и управление рисками проекта. В стандарте отмечает-

ся специфичность процесса управления рисками проектов, обусловленная историческими и культурными особенностями страны. Документ не дает точного определения риска, необходимость управления рисками вытекает из двух предположений, выдвинутых в стандарте: «проекты всегда влекут за собой неопределенность и риск», «с риском можно справиться». Причинами такой неопределенности стандарт определяет политику и организационную среду организаций, находящихся на более высоком уровне; изменения в социальной и стратегической политике при осуществлении проекта; технические и человеческие ресурсы; временные и экономические ограничения. Этапы процесса управления рисками по стандарту P2M представлены следующей последовательностью: идентификация рисков, анализ и оценка риска, планирование противорисковых мероприятий, оценка ситуации во время управления рисками (переоценка рисков, мониторинг, разработка мероприятий в течение процесса).

Таким образом, регламентирование процесса управления рисками в стандарте [5] содержит лишь описание основных этапов процесса и не определяет инструменты и методы выполнения этих этапов.

Стандарт APM Body of Knowledge [6] — Свод знаний АРМ — разработан и администрируется Ассоциацией управления проектами Великобритании (Association for Project Management — АРМ). Стандарт описывает 52 области знаний и является ключевой частью концепции «Пять измерений профессионализма». В стандарте отмечается, что управление рисками проектов — это структурированный процесс, который позволяет понять и управлять отдельными рисками и общим проектным риском, оптимизируя успех проекта, минимизируя угрозы и максимизируя возможности. Стандарт рекомендует выполнять управление рисками на протяжении всего жизненного цикла проекта, реализуя следующую процессную деятельность: определение границ и целей проекта; выявление и документирование рисков; оценка относительной значимости выявленных рисков с целью их дальнейшего ранжирования и определения совокупного влияния рисков на общий результат проекта; организация мероприятий с целью предотвращения,

сокращения, передачи или принятия угроз; реализация и мониторинг процесса реагирования на риски на протяжении всего жизненного цикла проекта для поддержания осведомленности о текущей подверженности риску.

В нормативном документе отмечается, что управление рисками в рамках проекта не должно проводиться изолированно, для реализации эффективного управления необходимо взаимодействие с организацией. Это включает в себя эскалацию рисков на уровне программ и портфелей, а также содействие оценке рисков бизнеса. Стандарт рекомендует обратиться к литературе [14, 60–66] для более подробной информации о процессе управления рисками.

Стандарт DIN 69901 — Управление проектами. Операционный менеджмент. Описания и концепции [7]. Разработан Deutsches Institut für Normung (DIN), Германия. Стандарт регламентирует процессный подход к управлению проектами.

Словарь терминов и определений, введенных в стандарте, предлагает следующие формулировки основных понятий процесса управления рисками:

Вероятность (вероятность наступления) — мера для описания возможности возникновения риска.

Риск проекта — возможные отрицательные отклонения в ходе проекта по сравнению с планированием проекта. Возникновение незапланированных или непредвиденных событий или обстоятельств (*факторов риска*). Возможные *типы рисков*: коммерческий, технический, политический, планирующий, ресурсный и экологический риски. Риск проекта определяется количественно, как произведение степени ущерба и вероятности возникновения соответствующего риска.

Анализ рисков — процесс управления проектами, который идентифицирует и оценивает риски проекта. Процесс включает оценку риска — количественную оценку вероятности возникновения и возможного размера ущерба для всех выявленных рисков и обсуждение факторов, не поддающихся количественной оценке.

Фактор риска — влияние, события или обстоятельства, которые могут привести к возникновению риска.

Идентификация рисков — обзор всех факторов риска проекта, которые были определены как возможные.

Управление рисками — систематическое применение политики, процедур и практики управления с целью определения контекста, а также идентификации, анализа, оценки, мониторинга и передачи рисков.

План реагирования на риск — реализация превентивных или корректирующих мероприятий, которые предотвращают риски.

В стандарте рекомендовано распределять управление рисками по шести процессам: определение рисков (проанализировать основные факторы риска, связанные с рисками проекта); анализ среды проекта / заинтересованных сторон проекта (выявить все возможные влияния на проект и проанализировать их воздействие на цели); оценка осуществимости (оценить решение о том, как действовать в проекте, при этом оценка основана на выявлении рисков); анализ рисков (идентификация и оценка потенциальных рисков, рекомендуется учитывать максимально широкий спектр влияющих на риски факторов, критерии оценки основываются на политике риска, принятой в организации); планирование реагирования на риски (определение подходящих мер, которые уменьшают вероятность возникновения риска или ущерба, причиненного им); контроль рисков (выявление новых рисков и переоценка существующих, соответствующее информирование управляющих органов более высокого уровня).

Методология PRINCE2 PRojects IN Controlled Environments 2 [8] — методология управления проектами, одобренная правительством Великобритании в качестве стандарта управления проектами, описывает подходы к менеджменту, контролю и организации проектов. Словарь терминов методологии содержит следующие определения, связанные с процессом управления рисками:

«Аппетит» к рискам — уникальное отношение организации к принятию рисков, которое, в свою очередь, определяет тот объем рисков, который считается приемлемым.

Близость (риска) — фактор времени для риска. Серьезность воздействия

риска может меняться в зависимости от того, когда он наступит.

Вероятность — это оцененная вероятность того, что конкретная угроза или возможность действительно осуществится, включая рассмотрение частоты, с которой они могут происходить.

Владелец риска — определенное лицо, которое отвечает за управление, отслеживание и контроль всех аспектов определенного риска, переданного под его ответственность, включая внедрение выбранных способов реагирования на угрозы.

Внутренний риск — угроза, вытекающая из определенного риска до того, как какое-либо действие было предпринято, чтобы устранить его.

Воздействие (риска) — результат конкретной угрозы или действительно реализующейся возможности или ожидание такого результата.

Допуск по риску — предельные уровни воздействия рисков, при превышении которых необходимо создать отчет об исключении для того, чтобы привлечь к ситуации внимание управляющего совета проекта. Допуск по риску документируется в стратегии управления рисками.

Категория ответа на риск — для угроз категорией ответа на отдельный риск может стать: избежать, уменьшить, передать, принять или разделить с кем-то.

Линия допустимости рисков — уровень, прописанный в профиле рисков. Риск, который находится выше этой линии, не может быть принят без сообщения о нем вышестоящему руководству. В этом случае менеджер проекта должен сообщать об этих рисках управляющему совету проекта.

Лицо, ответственное за действия в случае риска — некоторые действия могут в явной форме не входить в круг обязанностей владельца риска; в такой ситуации должен быть назначен ответственный за действия по обращению с риском. Он (она) должен будет информировать владельца риска о ситуации.

Общая оценка риска — процесс понимания общего воздействия определенных угроз и возможностей на операцию при их объединении.

Остаточный риск — риск, остающийся после того, как был дан ответ на риск.

Ответ на риск — действия, которые могут быть предприняты, чтобы довести ситуацию до такого уровня, на котором воздействие риска будет приемлемым для организации.

Оценка отдельного риска — оценка вероятности возникновения и воздействия отдельного риска с учетом предварительно определенных стандартов, уровня приемлемых рисков, взаимозависимостей и других соответствующих факторов.

Профиль риска — описывает типы рисков, с которыми сталкивается организация, и их воздействие на нее.

Реестр рисков — запись определенных рисков, относящихся к проекту, включая их статус и историю.

Риск — неопределенное событие или несколько событий, которые если произойдут, окажут влияние на достижение целей. Риск измеряется сочетанием вероятности наступления угрозы и размера их воздействия на цели.

Стратегия управления рисками — описывает цели применения управления рисками, применяемые процедуры, роли и обязанности, допуски по рискам, временные параметры вмешательства с целью управления рисками, инструменты и техники, которые будут использоваться, а также требования к отчетности.

Управление рисками — систематическое применение принципов, подходов и процессов с целью определения и оценки рисков, а затем планирования и внедрения ответов на риски.

Методология содержит подробное описание содержания пяти этапов управления рисками (идентификация рисков, оценка рисков, планирование, реализация плана, мониторинг), большое количество примеров, описание методов, которые могут быть использованы в управлении рисками, описание структуры документов, рекомендованных для поддержки документооборота процессов.

Следующие документы относятся ко второй группе регламентирующих до-

кументов. Стандарт ГОСТ Р 54869 — 2011 [9] классифицирует управление рисками проекта как процесс, относящийся к группе процессов планирования, и определяет цель процесса как определение основных рисков проекта и порядка работы с ними. Выходы процесса планирования реагирования на риски определены в стандарте следующим образом:

- выявление и документирование рисков проекта;
- проведение оценки и ранжирования по вероятности и степени влияния на результат проекта всех идентифицированных рисков;
- разработка мероприятий по изменению вероятности и степени влияния наиболее значимых рисков, а также создание планов реагирования на случаи возникновения таких рисков;
- учёт результатов разработки упреждающих мероприятий по реагированию на риски в связанных с ними планах.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 21500 — 2014 Руководство по проектному менеджменту [10] содержит общие рекомендации, основные понятия и характеристики процессов проектного управления. Определение термина «риск» в стандарте отсутствует, однако описывается термин «реестр рисков», при описании проектных ограничений вводится понятие допустимого уровня риска проекта. Стандарт классифицирует риски как предмет управления, регламентирует процесс управления рисками, описывает входы и выходы каждого из процессов (таблица 1.1).

Таблица 1.1 — Основные входы-выходы процесса управления рисками

Процесс	Входы	Выходы
Идентификация рисков	Планы проекта	Реестр рисков
Оценка рисков	Реестр рисков Планы проекта	Ранжированные риски
Реагирование на риски	Реестр рисков Планы проекта	Реагирование на риски Запросы на изменения
Управление рисками	Реестр рисков Информация о выполнении работ Планы проекта Меры реагирования на риски	Запросы на изменения Корректирующие действия

ГОСТ Р ИСО 10006 — 2005. Системы менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании [11] является переводом стандарта Quality management systems — Guidelines for quality management in projects (IDT) [12]. В стандарте выделены группы процессов, связанных с риском (идентификация риска, оценка риска, обработка риска, контроль риска), определены цели этих процессов, представлено их смысловое содержание. Стандарт не содержит описания терминов, связанных с процессом управления рисками, методов и способов выполнения процессов.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 31000 — 2010 Менеджмент риска. Принципы и управление [13] относится к третьей группе стандартов и является переводом стандарта ISO 31000:2009 Risk management — Principles and guidelines (IDT) [14]. Документ регламентирует процесс управления рисками предприятия.

Процесс управления рисками представлен в стандарте в виде следующей последовательности шагов:

Шаг 1. Определение ситуации. Формулирование целей, определение внешних и внутренних параметров проекта, которые следует принимать во внимание при управлении рисками.

Шаг 2. Идентификация риска. Составление полного перечня рисков, основанных на тех событиях, которые могут создавать, снижать, задерживать или предотвращать достижение целей.

Шаг 3. Анализ риска. Обеспечивает входную информацию для оценивания риска и принимаемых решений относительно необходимости воздействия на эти риски. Процесс включает выявление причин и источников риска, характеристику возможных последствий наступления риска.

Шаг 4. Оценивание риска. Оценивание риска заключается в сравнении уровня риска, выявленного на этапе анализа, с критериями риска, определенными на этапе определения ситуации.

Шаг 5. Воздействие на риск. При выполнении этого этапа необходимо выбрать один или более вариантов реагирования на риск и применение этих вариан-

тов. После выполнения этого шага риск-менеджер проекта может принять решение о повторном выполнении этапа оценивания риска.

Шаг 6. Обмен информацией и консультирование. Обмен информацией и консультирование с внешними и внутренними заинтересованными сторонами осуществляется на всех этапах процесса риск-менеджмента.

Шаг 7. Мониторинг и пересмотр. Процесс направлен на повышение эффективности и результативности управления рисками, получение дополнительной информации для улучшения оценки риска, идентификации новых рисков. Рекомендуется установить план-график регулярных проверок в рамках процесса.

Стандарт ГОСТ Р 51897 – 2011/Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения [15] содержит словарь основных терминов, используемых в процессе управления рисками.

Подводя итог обзору существующих стандартов, регулирующих процесс управления рисками, можно сказать, что описанные выше стандарты являются регуляторами процесса управления рисками, так как предлагают перечень мероприятий по построению комплексной системы, направленной на повышение эффективности деятельности организации. Данные решения рассматривают риск-менеджмент с различных сторон, а именно: как отдельное направление деятельности организации, как составляющую устойчивого успеха организации, как часть структуры управления проектами организации, как составляющую системы управления качеством. Несмотря на некоторые различия, все из выше перечисленных нормативных документов утверждают, что:

- процесс внедрения системы управления рисками — комплексный процесс, задействующий всю структуру управления организации;
- управление рисками — фоновый итерационный процесс, направленный на повышение эффективности других производственных процессов организации;
- процесс управления рисками можно условно разделить на следующие этапы: определение целей, идентификация рисков, качественный и количественный анализ, планирование реагирования и контроль рисков;

– процесс управления рисками требует вовлечения всех заинтересованных сторон-участников проекта.

Однако в рассмотренных документах предлагается последовательность шагов, необходимых для реализации процесса управления рисками, но не конкретизируется сам процесс исполнения. В [3,5,7,8,10,13] для каждого этапа (шага) процесса управления рисками определены цели, входы и выходы. В документах [4,6,9,11] дается лишь смысловое, семантическое описание этапов. Некоторые рекомендации по использованию конкретных инструментов и методов приведены в [3,8]. Так в [3] для каждого этапа управления рисками указывается несколько возможных инструментов и методов. В основном — это классические методы экспертного оценивания (метод Дельфи, мозговой штурм, анализ первопричины, проведение интервью). Такие методы могут быть использованы для решения большого круга задач, целью которых является принятие решения на основании мнения специалистов (при условии отсутствия точных данных). Однако документ не описывает, каким именно образом эти методы должны быть использованы при управлении рисками. В [8] большее, по сравнению с другими рассмотренными стандартами, внимание уделяется наглядному представлению информации о выявленных рисках. В методологии [8] формализован способ представления (хранения) собранной информации о рисках — раздел 9.7 документа содержит подробное описание структуры реестра рисков, однако не описывается, каким образом эта информация должна быть собрана.

1.2 Определения и классификация рисков и рискообразующих факторов

В большинстве описанных стандартов понятие риска определяется как негативное событие (группа событий), не позволяющее достичь в полной мере целей (результатов) проекта [3,4,7,8,13]. Наступление — проявление рисков возможно при наличии процессов, явлений, обстоятельств, которые могут привести к возникновению риска. Такие явления в стандартах определены как факторы рис-

ка. Влияние рискообразующих факторов на проявление рисков отражает меру негативных последствий (ожидаемых потерь) команды проекта и может оцениваться в виде специфических показателей: возможных убытков в объемах продаж, увеличения бюджета проекта, дополнительных затратах на предотвращение рисков и т. д. Конкретных же рекомендаций по соотношению понятий рисков и рискообразующих факторов в стандартах не приводится.

Нет однозначного понятия (определения) риска и рискообразующих факторов как в монографиях, так и в периодической печати. Более того, эти понятия часто путают. В [67] риск определяется как неопределенное событие, имеющее положительный или отрицательный эффект по меньшей мере на одной из целей проекта; в [68] риск — это возможность возникновения проблемы, которая может каким-либо образом представлять потенциальную угрозу для результатов проекта; в [16] риск — это вероятность наступления события, которое может привести к опасности или негативным последствиям, таким как недополучение прибыли, снижение эффективности процессов и качества деятельности, угроза безопасности, возникновение потерь, убытков. Эволюция понятий риска и неопределенности рассматривается в [69].

Во всех стандартах рекомендуется на этапе идентификации рисков предварительно провести классификацию рисков, при этом только в [3] приводятся конкретные основания классификации. Такая позиция авторов нормативных документов более чем понятна — описанные выше регламентирующие документы и методики унифицированы и описывают процессы управления проектами в общем случае. В литературе, посвященной принципам управления программными проектами, описано множество возможных видов классификации рисков, присущих программным проектам. Так, например, Барри У. Боэм, автор спиральной модели жизненного цикла программного обеспечения, в [18] приводит список 10 наиболее распространенных рисков программного проекта: дефицит специалистов, нереалистичные сроки и бюджет, реализация несоответствующей функциональности, разработка неправильного пользовательского интерфейса, перфекционизм,

ненужная оптимизация и оттачивание деталей, непрекращающийся поток изменений, нехватка информации о внешних компонентах, определяющих окружение системы или вовлеченных в интеграцию, недостатки в работах, выполняемых внешними (по отношению к проекту) ресурсами, недостаточная производительность получаемой системы, разрыв в квалификации специалистов разных областей знаний.

Де Марко и Листер в [19] приводят свой список из пяти наиболее важных источников рисков любого проекта разработки программного обеспечения: «изъяны календарного планирования»; «текучесть кадров»; «раздувание требований»; «нарушение спецификаций»; «низкая производительность».

Роберт Т. Фатрелл, консультант по управлению программными проектами в Техасском университете (г. Остин), ведущий менеджер управления проектами компании Motorola, в [17] множество рисков предлагает классифицировать следующим образом. **Известное в известном.** Эти риски известны команде разработчиков проекта, имеется возможность определить их категорию, оценить последствия, определить мероприятия по их смягчению. **Известное в неизвестном.** Эти риски известны команде разработчиков проекта, знакома категория риска, но неизвестны его реальные проявления для данного проекта. Например, отсутствие связи с конечным пользователем приводит к риску, связанному с отсутствием корректности при идентификации требований. Подобные риски описываются в плане менеджмента рисков, где определяется их приоритетность, а также еженедельно обновляются сведения о рисках. **Неизвестное в неизвестном.** Эти риски известны команде разработчиков проекта, знакома категория риска, но неизвестны его реальные перспективы для данного проекта. Подобный пример проявляется в том случае, если проект использует специфическое технологическое решение, которое формулируется в терминах контракта для данного проекта. И хотя такое положение вещей само по себе таит определенный риск, при отсутствии опыта работы с инструментом менеджер проекта не может знать всех потенциальных рисков, которые может повлечь за собой применение инструмента.

В [22] С. Архипенко, вице-президент Гильдии менеджеров программных проектов, основываясь на тридцатилетнем опыте разработки сложного программного обеспечения, выделяет следующие 5 типов рисков:

- требования заказчика отсутствуют, либо не полны, либо подвержены частым изменениям;
- отсутствие необходимых ресурсов и опыта;
- отсутствие рабочего взаимодействия с заказчиком;
- неполнота планирования, «забытые работы»;
- ошибки в оценках трудоемкостей и сроков работ.

Согласно [20] риски программных проектов можно разделить на четыре основные категории:

1. Риски, связанные с требованиями. Процесс разработки программного обеспечения начинается с определения требований и вариантов использования системы. Основная проблема заключается в том, что некоторые ключевые требования, которые необходимы для реализации системы, могут быть пропущены, поскольку пользователи могут посчитать их настолько очевидными, что их даже не нужно упоминать. Другие требования не так поняты разработчиками. В итоге создаваемая система будет выполнять не то, что хотели пользователи. К часто упускаемым требованиям можно отнести: функциональные (программы установки, настройки, конфигурации, миграция данных, интерфейсы с внешними системами, справочная система); общесистемные (производительность, надежность, открытость, масштабируемость, безопасность, кроссплатформенность, эргономичность); риски планирования (обучение, координация работ, уточнение требований, управление конфигурациями, разработка и поддержка скриптов автосборки, разработка модульных и интеграционных тестов, создание тестовых данных, обработка запросов на изменения).

2. Технологические риски. Эта группа рисков объединяет риски, связанные с используемыми технологиями. Риски зависят от того, какие технологии вы планируете применить, используются ли в компании выбранные средства, насколько

эти технологии отработаны.

3. Риски, связанные с квалификацией. Хотя этой группе рисков обычно уделяют мало внимания, когда как она не менее важна, чем остальные. Насколько сотрудники, которые участвуют в проекте, опытни в применяемых технологиях? Есть ли опыт ведения аналогичных проектов, достаточен ли опыт менеджера проекта?

4. Политические риски. Это группа рисков, которая с высокой вероятностью может привести к краху проекта, даже если все другие виды рисков будут обойдены [20].

С такой классификацией соглашается и автор статьи [21] С. Трофимов.

В работе [23] структуру классификации рисков разработки программного обеспечения представляют следующим образом (рис. 1.1).

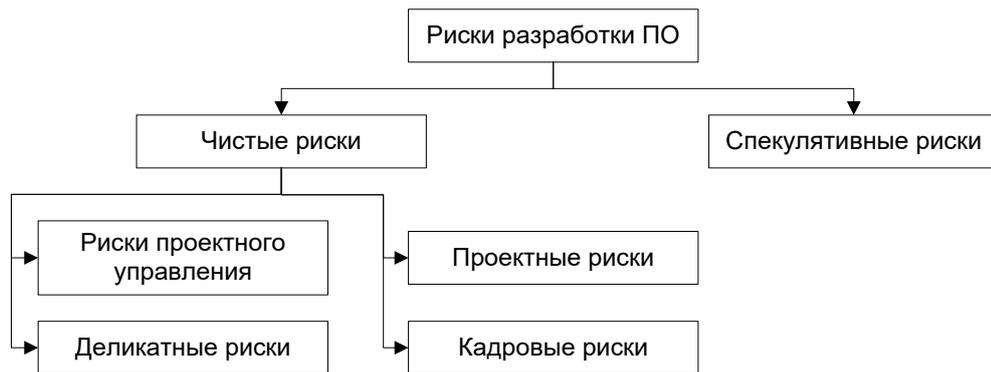


Рисунок 1.1 — Классификация рисков разработки ПО

К рискам **проектного управления** отнесены риски плохого взаимодействия между заказчиком и исполнителем; риски управления проектом; риски, связанные с недостаточной осведомлённостью управляющего проектом о точном состоянии проекта; риски планирования; риски отсутствия системы контроля.

К **проектным рискам** автор относит риск появления новых требований; риск противоречивости в требованиях (декомпозиция спецификации); риски неправильно определённых системных требований; риски использования нестабильных технологий; риски, связанные с неспособностью справиться со сложностью проекта.

Кадровые риски объединяют риск низкой продуктивности, риск смены сотрудников.

Деликатные риски — риски хищения исходного кода и риски нарушения закона об авторском праве.

Как **спекулятивные риски** обозначены риски финансовых ограничений, риски изменения конъюнктуры, риски изменения курсов валют.

Авторы электронного курса [24] выделяют шесть основных групп рисков разработки ПО: технологические риски; риски, связанные с персоналом; организационные риски; инструментальные риски; риски, связанные с системными требованиями; риски оценивания.

В таблице 1.2 приведены примеры рисков, соответствующих основаниям классификации.

Таблица 1.2 — Категории рисков

Категория рисков	Примеры рисков
Технологические риски	База данных, которая используется в программной системе, не обеспечивает обработку ожидаемого объема транзакций. Программные компоненты, которые используются повторно, имеют дефекты, ограничивающие их функциональные возможности.
Риски, связанные с персоналом	Невозможно подобрать работников с требуемым профессиональным уровнем. Ведущий разработчик заболел в самое критическое время. Невозможно организовать необходимое обучение персонала.
Организационные риски	В организации, выполняющей разработку ПО, произошла реорганизация, в результате чего изменились приоритеты в управлении проектом. Финансовые затруднения в организации привели к уменьшению бюджета проекта.
Инструментальные риски	Программный код, генерируемый CASE-средствами, не эффективен. CASE-средства невозможно интегрировать с другими средствами поддержки проекта.

Окончание таблицы 1.2

Категория рисков	Примеры рисков
Риски, связанные с системными требованиями	Изменения требований приводят к значительным повторным работам по проектированию системы. Первоначальная нечеткая формулировка пользовательских требований привела к значительным изменениям системных требований, проявившихся на поздних стадиях разработки проекта.
Риски оценивания	Недооценки времени выполнения проекта. Скорость выявления дефектов в системе ниже ранее запланированной. Размер системы значительно превышает первоначально рассчитанный.

Следующая классификация, рекомендуемая в [25] выделяет лишь две категории рисков, связанных с разработкой программного обеспечения: технический риск, управленческий риск.

Авторы определяют технический риск как сопоставление средней частоты появления ошибки заданного типа и возможного ущерба, который она может принести. Под управленческими рисками понимается содержательное описание проблем, связанных с непредвиденными расходами, текучестью кадров, возможностью не завершения проекта в срок и т.п. По мнению коллектива авторов, управленческие риски включают в себя негативное влияние условий труда, недостаточную надежность аппаратного обеспечения, низкую эффективность программного инструментария, комплектацию персонала, риски возможного превышения сроков и бюджета, риск выпуска продукта неприемлемого качества.

Технические риски разделены на три большие категории: риски не связанные со сложностью разрабатываемого ПО (опечатки в коде программы, случайное повреждение или удаление исходного кода); риски, связанные с недостаточной квалификацией персонала (например, необходимость отправлять разработчиков завершать работу, начатую другими людьми); риски, связанные с поздним исправлением ошибок (ошибки при сборе требований, логические ошибки в коде, не обнаруженные при тестировании).

Отдельно следует выделить работы, посвященные обзору существующих подходов к классификации рисков и рискообразующих факторов. Анализ источников [17–25], показал, что в качестве оснований для классификации рискообразующих факторов авторы выделяют «факторы, связанные с управлением организацией»; «факторы, связанные с заказчиком»; «факторы бюджета/затрат»; «факторы, влияющие на выполнение проекта»; «факторы, влияющие на управление проектом»; «факторы, влияющие на процесс разработки»; «факторы среды разработки»; «факторы, связанные с персоналом» [17]. Несколько иные основания классификации приводятся в методологии управления IT-проектами корпорации Microsoft: «люди», «процессы», «технологии», «внешние условия» [70]. Скотт и Фаулер в [20] предлагают использовать категории «риски, связанные с требованиями», «технологические риски», «риски, связанные с квалификацией персонала», «политические риски». К категориям рисков, предложенным в [20], А. М. Гудов с соавторами в [24] добавляют «организационные риски», «риски, связанные с системными требованиями» и «риски оценивания».

Проведенный анализ литературы показал, что в процессе управления рисками оперируют двумя понятиями: риск и рискообразующий фактор. Большинство стандартов управления проектами и рисками определяют риск как возможное негативное воздействие на цели проекта, которые в свою очередь определяются на основе правила «железного треугольника».

1.3. Понятия² и классификация рисков и рискообразующих факторов программного продукта

Проект — это временное предприятие, предназначенное для создания уникальных продуктов, услуг или результатов. Временный характер проекта означает, что у любого проекта есть определенное начало и завершение. Завершение наступает, когда достигнуты цели проекта или признано, что цели проекта не бу-

² Под понятием будем понимать логически оформленную фразу (семантическую единицу), позволяющую интерпретировать содержание чего-либо.

дуг или не могут быть достигнуты [3]. В соответствии с этим определим программный проект как комплекс взаимосвязанных работ, выполняемых командой проекта с целью получения уникального программного продукта в течение заданного периода при установленном бюджете и имеющихся ресурсах и требующих специфического управления. Семантический анализ представленных определений рисков показал, что в них содержатся фразы и слова, так или иначе связанные с целями программного проекта, результатом реализации которого является программный продукт (ПП). Цели проекта напрямую связаны с правилом «железного треугольника», в углах которого расположены ограничения на время выполнения, стоимость и содержание проекта. При этом ни один из углов треугольника не может быть изменен без изменения других [19,26]. Тогда можно утверждать, что целью разработки программного продукта как результата завершенного проекта, является реализация в нормативные сроки и без превышения планового бюджета программного продукта с заданными функциональными требованиями (содержание проекта). С учетом существующих стандартов на качество программных продуктов к трем основным характеристикам «железного треугольника» следует добавить приемлемое качество, которое определяется в виде совокупности нефункциональных требований к ПП.

В этом случае можно утверждать, что для определения рисков программного продукта как событий, которые могут возникнуть и оказать негативные воздействия на результаты, можно сформулировать в виде следующих понятий:

- срыв плановых сроков разработки программного продукта;
- превышение стоимости (бюджета) разработки;
- критические отклонения по составу и содержанию функциональных требований;
- критические отклонения по выполнению нефункциональных требований (показателям качества проекта).

На каждом из этапов жизненного цикла программного продукта эти понятия могут уточняться с учетом характерных особенностей этапа (табл. 1.3).

Таблица 1.3 — Соотношение целей и рисков программного продукта

Этапы ЖЦ ПП	Цели	Риски
Разработка технического задания	Выбрать продуктово-рыночное направление и разработать техническое задание коммерческого ПП.	Ошибки при разработке и анализе функциональных и нефункциональных требований.
Разработка технического и рабочего проекта	Разработать коммерческий ПП с требуемым функционалом при ограничениях на сроки, бюджет и качество ПП.	Критические отклонения по срокам и бюджету проекта, при выполнении функциональных и нефункциональных требований.
Продвижение	Обеспечить в определенном интервале времени заданный уровень объема продаж ПП при ограничении на бюджет рекламной компании.	Несоответствие между желаемыми и фактическими объемами продаж ПП, возникновению критических отклонений по бюджету программы продвижения.
Внедрение	Обеспечить процесс поставки и внедрения ПП в соответствии с договорными отношениями между разработчиком и заказчиком.	Критические отклонения по срокам и бюджету внедрения ПП.
Сопровождение	Обеспечить достижение бизнес-целей заказчика посредством предоставления необходимой производительности ³ внедренного ПП или устранением имеющихся ограничений ⁴ .	Нарушение целостности и работоспособности ПП, критические отклонения при выполнении функциональных и нефункциональных требований при технической поддержке пользователей и модернизации системы.

Для стандартизации и унификации процесса выявления рискообразующих факторов, их смыслового содержания и последующей оценки влияния на проявление рисков необходима систематизация и классификация факторов. В диссертационной работе для классификации факторов с учетом описанных выше подходов и введенных понятий риска и его конкретного проявления на каждом из этапов жизненного цикла ПП будем использовать иерархический метод классификации [72], при котором множество рискообразующих факторов последовательно, в

³ Производительность — мера того, что достигнуто или выработано системой, человеком, командой, процессом, или ИТ-услугой [71].

⁴ Ограничение — это запрет или невозможность выполнения каких-то действий [71].

соответствии с выбранными основаниями (признаками) классификации разбивается на подмножества (рис. 1.2). На первом уровне классификатора в качестве основания классификации используется модель жизненного цикла программного продукта: разработка — продвижение — внедрение — сопровождение.

На втором уровне в соответствии с [3, 70] для каждого из этапов жизненного цикла ПП можно выделить внешние и внутренние факторы. Внешние факторы — это события, которые лежат за пределами контроля и влияния команды проекта. Внутренние факторы определяют способность самой команды проекта успешно управлять рисками.

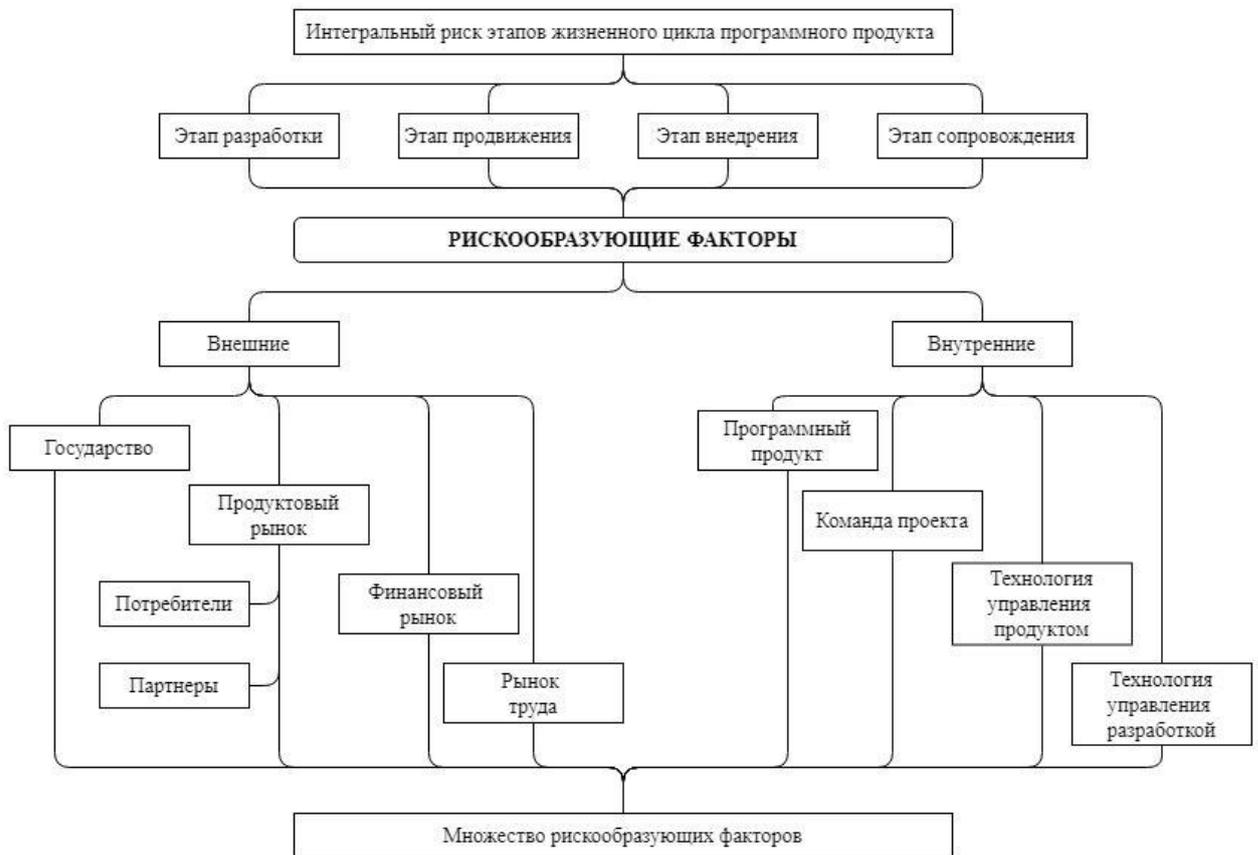


Рисунок 1.2 — Классификация рискообразующих факторов программного проекта

На третьем уровне проявление внешних факторов обуславливается как политикой государства в отношении бизнеса малых ИТ-компаний, так и различными ситуациями на рынках. Набор внутренних факторов определяется составом элементов системной модели деятельности, предложенной в [73], характерной для всех систем, производящих конечные продукты и/или оказывающих услуги:

«предмет деятельности — субъект деятельности — средства деятельности — технология деятельности». В данном случае предметом деятельности является программный продукт, субъектом деятельности — команда проекта, средствами деятельности — инструментальные средства разработки программного продукта, технологиями деятельности — технологии управления процессами разработки программного продукта.

Четвертый уровень представляет собой набор первичных факторов риска. При этом допускается возможность принадлежности одного и того же фактора разным основаниям классификации.

В таблице 1.4. представлено распределение приведенных в [3, 16–25, 70] рискообразующих факторов по предложенным в работе основаниям классификации. Таким образом, можно утверждать, что представленный классификатор достаточно универсален и может использоваться риск-менеджерами при идентификации и анализе рискообразующих факторов на каждом из этапов жизненного цикла программных продуктов.

Таблица 1.4 — Распределение рискообразующих факторов по основаниям классификации

Основание предлагаемого классификатора	Автор/Документ/Методика
Программный продукт	[3] ⁵ , [25] ⁶ , [70] ⁷ , К. Скотт, М. Фаулер, Г.Л. Сыч, Р.Т. Фатрелл, Б.У. Боэм
Команда проекта	[3], [25], [70], К. Скотт, М. Фаулер, Г.Л. Сыч, А. М. Гудов, С. Ю. Завозкин, С. Н. Трофимов, Р.Т. Фатрелл, Б.У. Боэм, Д. Марко, Т.Листер, С. Архипенко
Технология управления продуктом	[3], [25], [70], К. Скотт, М. Фаулер, Г.Л. Сыч, А. М. Гудов, С. Ю. Завозкин, С. Н. Трофимов, Р.Т. Фатрелл
Технология управления разработкой	[3], [25], [70], Г.Л. Сыч, А. М. Гудов, С. Ю. Завозкин, С. Н. Трофимов, Р.Т. Фатрелл, Б.У. Боэм, Д. Марко, Т.Листер, С. Архипенко
Потребители	[3], Р.Т. Фатрелл, Б.У. Боэм, Д. Марко, Т.Листер, С. Архипенко

⁵ Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK)

⁶ Manager's Handbook for Software Development, Revision 1. Document number SEL-84-101

⁷ Microsoft Solutions Framework (MSF)

Окончание таблицы 1.4

Основание предлагаемого классификатора	Автор/Документ/Методика
Партнеры	[3], Б.У. Боэм
Государство	[3], К. Скотт, М. Фаулер, MSF
Финансовый рынок	[3], Г.Л. Сыч
Продуктовый рынок	Б.У. Боэм, Д. Марко, Т.Листер, С. Архипенко

В приложении А на основе предложенного классификатора и обобщения литературы [3, 8, 16–28, 70] представлено описание множества рискообразующих факторов, без их относительного распределения по этапам ЖЦ ПП. Каждый из факторов описывается по схеме: «условия возникновения → последствия проявления → влияние на результат». Это позволяет понять содержание — смысл каждого из факторов и их влияние на результаты проекта. Очевидно, что приведенный перечень рискообразующих факторов не претендует на полноту, и может быть дополнен. Вместе с тем эти сведения позволяют менеджерам проектов выбирать при первичном отборе перечень факторов, влияющих на конкретный проект.

1.4. Анализ существующих программных решений по управлению рисками

На текущий момент на рынке программных средств управления рисками можно выделить две основные группы решений — программные средства, поддерживающие процесс управления проектами и включающие в себя модуль или подсистему управления рисками и специализированные программные средства по управлению рисками.

В первую группу программного обеспечения входят многофункциональные модульные системы профессионального уровня [42–49] — MicrosoftOfficeProject, Dekker TRAKKER, Open Plan Professional, Genius project, Celoxis, Clarizen, Scifor-

ma. Primavera. Перечисленные решения представляют собой интегрированные, комплексные решения, поддерживающие автоматизацию процессов стратегического планирования и управления проектами по временным, ресурсным и стоимостным параметрам, включая управление портфелем проектов.

Пакет **MicrosoftOfficeProject**. За управление рисками отвечает модуль RiscCenter, в котором реализована информационная поддержка методологии PMBOK, таким образом, пакет предоставляет набор инструментов для идентификации, качественного и количественного анализа рисков, дает возможность выполнить классификацию рисков и спланировать мероприятия по реагированию на риск. Стоимость профессиональной версии продукта на одного пользователя — 1 875,00 руб./в мес.

Пакет **Dekker TRAKKER**, программная система, разработанная Dekker Management Technologies Institute, так же, как и разработка компании Microsoft, поддерживает методологию PMBOK [2]. Согласно обзору, приведенному в [77], предоставляет информационную поддержку всем процессам управления рисками. На официальном сайте компании указывается, что существует однопользовательская и корпоративная версии программного продукта, однако ценовую политику компании в рамках диссертационного исследования узнать не удалось.

Пакет **Open Plan Professional**, разработка компании Deltek (США), поддерживает методологию управления проектами CRAMM, является системой календарного планирования. Представлена в однопользовательской и многопользовательской версиях. Поддерживает процессы идентификации и анализа рисков работ проекта. Встроенные аналитические инструменты реализуют анализ рисков с помощью метода Монте-Карло на основании оптимистических и пессимистических оценок характеристик работ проекта. Согласно обзору [78] цена продукта от 34500 руб. до 207000 руб., в зависимости от реализации.

Пакет **Genius project** — разработка компании Genius Inside (США). Поддерживает Agile-технологии управления проектами. При управлении рисками пакет предоставляет возможности по ведению реестра рисков, позволяет определять

степень риска, проводить анализ рисков с помощью встроенных аналитических инструментов и планировать способы снижения риска. Разработчики предоставляют настольную и онлайн версии продукта. На российском рынке пакет не представлен. Цена от 19.95 долларов в месяц за одного пользователя.

Пакет **Celoxis** — платформа управления проектами компании Celoxis Technologies Pvt. Ltd, поддерживает Agile-технологии управления проектами. Предоставляет возможность управлять проектами, задачами, ресурсами, рисками. Анализ рисков сводится к оценке рисков задач, лежащих на критическом пути. Ценовая политика от 125 до 450 долларов в месяц.

Пакет **Clarizen**, разработка одноименной компании, поддерживает методологию CRAMM. Облачный сервис управления проектами. В области управления рисками предоставляет возможности идентификации и анализа рисков, связанных с выполнением работ по проекту. Функционал системы предоставляет возможности проведения как качественного, так и количественного анализа. Количественный анализ рисков выполняется с помощью встроенных инструментальных средств, реализующих вероятностный анализ рисков. Цена продукта предоставляется производителями по запросу, минимальная цена 45 долларов за одного пользователя.

Пакет **Sciforma** представляет собой корпоративное программное обеспечение для управления проектами и портфелями, разработанное корпорацией Sciforma (США). Поддерживает методологию PMBOK. Имеет собственную мощную базу данных рисков, предоставляет информационную поддержку для всех подпроцессов риск-менеджмента. Минимальная цена 17 долларов за одного пользователя. На российском рынке пакет не представлен.

Пакет **Primavera** компании Oracle. Отдельный модуль **Primavera Risk Analysis** предлагает инструментарий для моделирования рисков и анализа рисков. Включает модули имитационного моделирования, планирования проекта (анализ риска срыва срока проекта), ведение регистра рисков, определение матрицы оценки рисков. Стоимость пакета на одного пользователя — 80000 рублей.

Вторая группа решений представлена специализированными программными продуктами поддерживающие именно процесс управления рисками.

Отдельно отметим отечественный облачный сервис **RiskGAP**, разработанный ООО «РискГап». Сервис полностью соответствует стандарту ISO 31000 и методике PMBOK, предоставляет возможности для управления рисками проектов самых разнообразных предметных областей. Имеет собственную базу рисков, осуществляет информационную поддержку процессов идентификации, анализа и оценки рисков.

@ **Risk Professional for Project** — это надстройка компании Palisade для вероятностного моделирования риска (реализован метод Монте-Карло) в среде Microsoft Project и графического представления результатов управления рисками.

ПП **«РискДетектор»** — отечественное программное средство для моделирования возможных угроз и событий рисков, предоставляющее функционал для оценки рискообразующих факторов, а так же оценки объектов, организационных структур, бизнес-процесов с точки зрения риска. Система состоит из трех модулей: «РискДетектор-Контроль», «РискДетектор-Анализ» и «РискМенеджер». Разработчики позиционируют ПП как инструмент, с помощью которого можно проводить аудит, мониторинг, контроль и самооценку безопасности организации и бизнес-процессов по любому стандарту включая: ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2002 «Общие критерии оценки безопасности информационных технологий», международный стандарт ISO 17799. «Информационные технологии — Практические правила управления информационной безопасностью»; международный стандарт ISO/IEC 27001:2005 «Системы менеджмента информационной безопасности. Требования» [51]. На официальном сайте продукта можно скачать демонстрационную версию. Цена продукта на сайте не указывается.

Microsoft Security Assessment Tool (MSAT) — средство оценки рисков безопасности ИТ-инфраструктуры и формирования рекомендаций по ее улучшению. Положительные и отрицательные стороны ПП отмечены в работе [79].

vsRisk (IT Governance и Vigilant Software) — современный британский продукт, соответствующий международным стандартам ISO 27001, ISO/IEC 27002, BS7799-3:2006, ISO/IEC TR 13335-3:1998, NIST SP 800-30. Предоставляет пользователям базу знаний по угрозам и уязвимостям, интегрируется и постоянно обновляется.

CRAMM (Insight Consulting Limited) — программный продукт, предоставляющий информационную поддержку методологии CRAMM, аббревиатура которого содержит название разработчика (Центральное агентство по компьютерам и телекоммуникациям (ССТА) Великобритании) и первые буквы Risk Analysis & Management Method. Основой метода являются интервью-опросы. Продукт поддерживает стандарты BS 7799 и ISO 15408.

RiskWatch (RiskWatch Inc) — метод и соответствующий ему программный продукт, реализованный при поддержке Национального Института Стандартов и Технологий США, Министерства обороны США и Министерства обороны Канады. Функционал продукта предоставляет возможность количественной, и качественной оценки рисков, имеет большую базу знаний по рискам, которая используется для планирования реагирования на риски.

COBRA (Risk Associates) — программный продукт, применение которого направлено на выявление критичных, с точки зрения информационной безопасности, областей организации.

MethodWare (MethodWare) — собственная методика компании, включает в себя целое семейство средств, Operational Risk Builder и Risk Advisor для анализа и управления рисками (по стандартам AS/NZS 4360:1999 и ISO17799), а также продукт, управляющий жизненным циклом системы управления информационной безопасностью (СУИБ) и Questionnaire Builder для автоматизации построения опросных листов.

Proteus (InfoGov) — комплексный продукт от британских разработчиков, позволяет помимо управления рисками реализовывать другие процессы СУИБ. Продукт содержит в себе средства оценки рисков, осуществления непрерывного

контроля, отслеживание происшествий, управление активами и множество других. Реализует поддержку всех международных стандартов по информационной безопасности.

По результатам анализа статистического обзора Gartner [77], документации, рекламных материалов и имеющихся в свободном доступе версий программного обеспечения управления рисками можно сделать вывод, что в представленных материалах описаны только функциональные возможности управления рисками. Отсутствует информация об используемых методах и инструментах при проведении качественного анализа риска и рискообразующих факторов, в том числе с использованием лингвистических переменных и алгоритмов нечеткой логики.

Только 50% имеющихся на рынке решений содержат базы данных рисков и рискообразующих факторов, к ним относятся программные продукты высокой ценовой категории, нагруженные большим количеством функционала и предназначенные для корпоративного использования, представители этой категории программных продуктов — Clarizen, Sciforma, Primavera, RiskGAP и др. Ценовая политика этих компаний является неприемлемой для многих IT-компаний малого и среднего размера, которые зачастую не имеют средств на покупку дорогостоящего ПО для постоянного мониторинга и анализа рисков. К тому же, часто встречаются ситуации, при которой малому бизнесу для защиты бизнес-плана или подготовки заявки для участия в тендерах необходимо провести единовременный анализ рисков. Очевидно, что для решения этой проблемы программный продукт должен предоставлять пользователям ПП возможность выбора рисков и рискообразующих факторов, присущих IT-бизнесу, то есть иметь собственную базу данных по рискам и рискообразующим факторам. Кроме вышеперечисленной функциональности ПП должен обладать и приемлемой для малых IT-компаний по цене.

Выводы по главе 1

1. Анализ существующих стандартов показал, что несмотря на имеющиеся различия во всех рассмотренных документах в процессе управления рисками выделяются следующие этапы: определение целей, идентификация рисков, качественный и количественный анализ, планирование реагирования и контроль рисков. Вместе с тем следует отметить, что в стандартах описывается, какие действия нужно предпринять риск-менеджеру проекта, лишь в некоторых из них приводятся рекомендации по использованию конкретных методик по идентификации рисков и рискообразующих факторов, но не описываются методы и инструменты принятия решений по управлению рисками.

2. Во всех существующих стандартах отмечается, что риски и рискообразующие факторы влияют на цели проекта, однако нет четкого разграничения понятия риска и рискообразующего фактора. В монографиях и в периодической печати также нет однозначного понятия (определения) риска и рискообразующих факторов, более того, эти понятия часто замещаются друг другом.

3. В результате анализа стандартов по управлению рисками выявлена логическая взаимосвязь понятий «цель проекта» и «риск проекта». В свою очередь, утверждение о том, что программный продукт является результатом завершения проекта, позволяет выделить основанные на модификации правила «железного треугольника» новые понятия рисков, которые могут возникнуть на различных этапах жизненного цикла программного продукта. К ним относятся: срыв плановых сроков этапов жизненного цикла программного продукта; превышение стоимости (бюджета) этапов жизненного цикла программного продукта; критические отклонения по составу и содержанию этапов жизненного цикла программного продукта (невыполнение функциональных требований); критические отклонения по показателям качества этапов жизненного цикла программного продукта (невыполнение нефункциональных требований).

4. В настоящее время в литературе отсутствует единая классификация рисков и рискообразующих факторов, присущих программным проектам. Для стан-

дартизации и унификации процесса выявления рискообразующих факторов, их смыслового содержания и последующей оценки влияния на конкретные цели программного проекта предложен оригинальный классификатор рискообразующих факторов, основанный на элементах универсальной модели деятельности.

5. Анализ ПП, осуществляющих информационную поддержку процесса управления рисками, показал что, документация ПП, рекламные материалы и предоставляемые демонстрационные версии ПП, во-первых, не содержат информации о реализованных способах качественной оценки рисков и рискообразующих факторов и о возможности работать с объектами нечеткой математики; во-вторых, базы данных рисков и рискообразующих факторов имеют ПП, ценовая категория которых не приемлема для организаций и компаний, относящихся к малому бизнесу.

2 НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ РЕЙТИНГА РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ И ВЫБОРА ПЛАНОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ НА ПРОЯВЛЕНИЕ КРИТИЧНЫХ РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ

2.1 Семантическая модель процесса управления рисками программных проектов

Анализ стандартов [3–14] показал, что процесс управления рисками можно отнести к слабо формализуемым задачам принятия решений. Этот вывод основывается с одной стороны на следующих принципах, от соблюдения которых согласно [13] зависит эффективность управления рисками:

- риск-менеджмент является частью процесса принятия решений;
- риск-менеджмент явным образом связан с неопределенностью;
- риск-менеджмент является адаптируемым;
- риск-менеджмент учитывает человеческие и культурные факторы;
- риск-менеджмент является динамичным, итеративным и реагирующим на изменения.

С другой стороны, каждый проект уникален, результаты процесса управления рисками зависят от компетентности экспертов, привлекаемых к управлению рисками, окончательное решение по выбору стратегии управления рисками принимает риск-менеджер проекта. Очевидно, что выбранный вариант решения основывается на знаниях и опыте привлекаемых экспертов, квалификации риск-менеджера проекта.

Технологию принятия решений по управлению рисками с учетом знаний экспертов и ее графическую интерпретацию в формализованном виде можно представить в виде семантической сети. Математически семантическая сеть представляется в виде ориентированного графа $S = \langle I, D, G \rangle$, где I — множество объектов и понятий, D — множество типов связей, существующих между объектами и понятиями, G — отображение, задающее конкретные отношения из имеющихся типов D между элементами I [78,79]. В этом случае бизнес-процессы принятия решений управления

рисками согласно стандарту [13] предлагается представить в виде комплекса взаимосвязанных семантических сетей (рис 2.1–2.10).

Для описанной семантической сети процесса управления рисками программного проекта используется следующая система понятий и отношений (рис. 2.1).

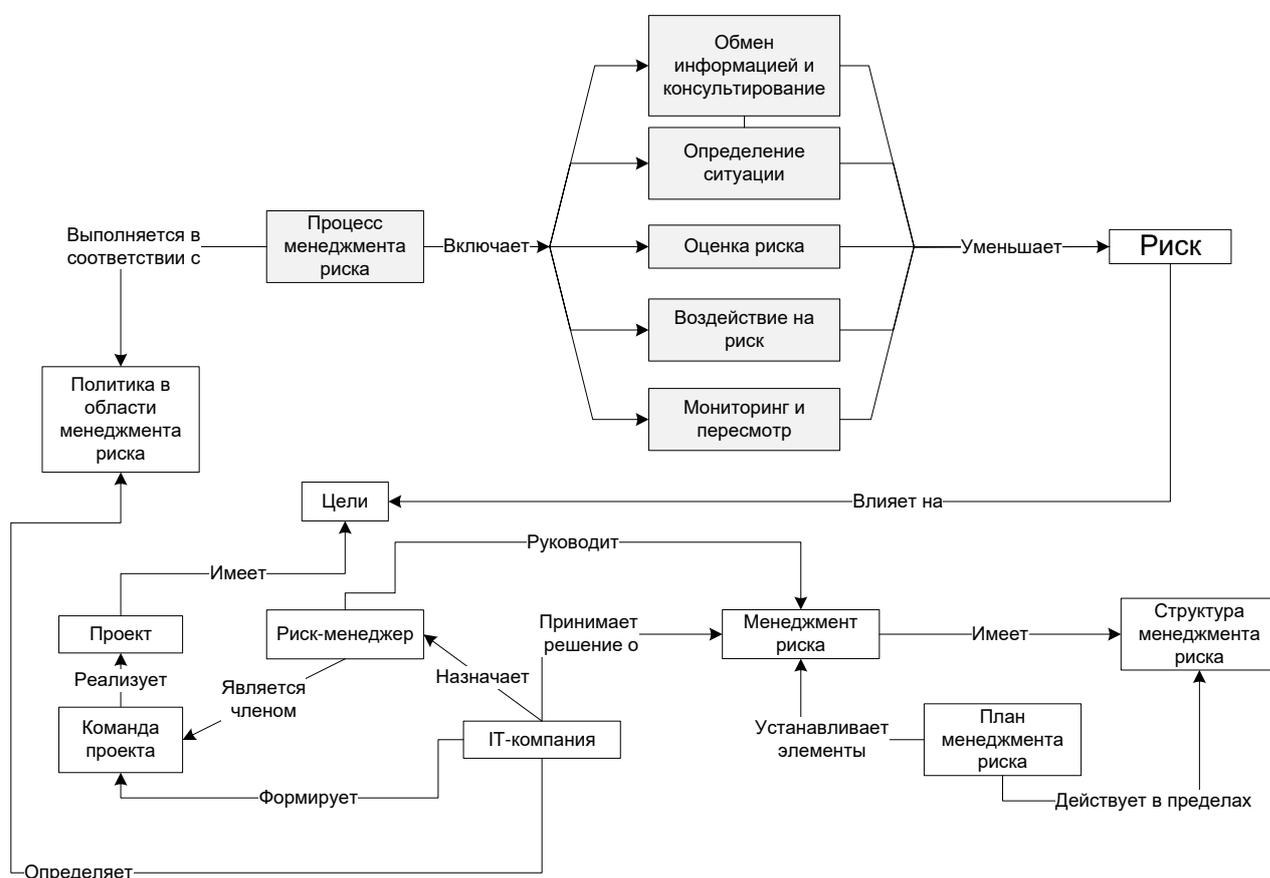


Рисунок 2.1 — Семантическая сеть процесса управления рисками

ИТ-компания — организация, занимающаяся деятельностью в сфере информационных технологий.

Команда проекта — группа сотрудников ИТ-компания, деятельность которой сознательно координируется для достижения целей проекта.

Риск-менеджер — специалист по управлению рисками.

Проект — временное предприятие, направленное на создание уникального продукта в виде программного продукта и/или услуги, для которого определены даты начала и завершения, бюджет, функциональные и нефункциональные требования.

Менеджмент риска — координированные действия специалистов по руководству и управлению ИТ-компанией в области управления рисками.

План менеджмента риска — краткое, формализованное описание деятельности специалистов по управлению рисками и мероприятий в пределах структуры менеджмента риска, устанавливающих подход, элементы менеджмента и ресурсы, используемые для менеджмента риска.

Структура менеджмента риска — взаимосвязанные элементы, которые обеспечивают реализацию принципов и организационных мероприятий, применяемые при разработке, внедрении, анализе и постоянном мониторинге менеджмента риска организации.

Политика в области менеджмента риска — заявление руководства об деятельности организации в области менеджмента риска, общих принципах и отношениях к риску, выбору вариантов воздействия на риски.

Процесс менеджмента риска — комплекс взаимосвязанных мероприятий по обмену информацией, консультациям, установлению области применения, оценке, воздействию на риск, мониторингу и пересмотру риска, выполняемые в соответствии с политикой менеджмента организации.

Обмен информацией и консультации — непрерывные итеративные процессы, выполняемые организацией для обеспечения, распространения или получения информации о текущем состоянии риска, и организация диалога специалистов по управлению рисками с причастными сторонами по вопросам, относящимся к менеджменту риска [15].

Определение ситуации — определение внешнего и внутреннего контекста проекта согласно политике в области управления рисками, с целью выявления потенциальных источников рискообразующих факторов, которые следует учитывать в менеджменте риска.

Оценка риска — процесс, охватывающий идентификацию рискообразующих факторов, их анализ и возможное влияние на риск.

Воздействие на риск — процесс модификации риска путем реализации комплекса плановых мероприятий, направленных на снижение влияния рискообразующих факторов.

Мониторинг — систематические проверки, надзор, обследования и определение текущего состояния рисков и рискообразующих факторов в контексте реализации воздействия на риск, с целью контроля состояния ранее выявленных рискообразующих факторов и идентификации проявления новых рискообразующих факторов.

Пересмотр — деятельность, предпринимаемая риск-менеджером для анализа пригодности, адекватности, результативности воздействия на риск по отношению к достижению установленных целей проекта.

Детализация объекта «Процесс менеджмента» представлена на рис. 2.2.

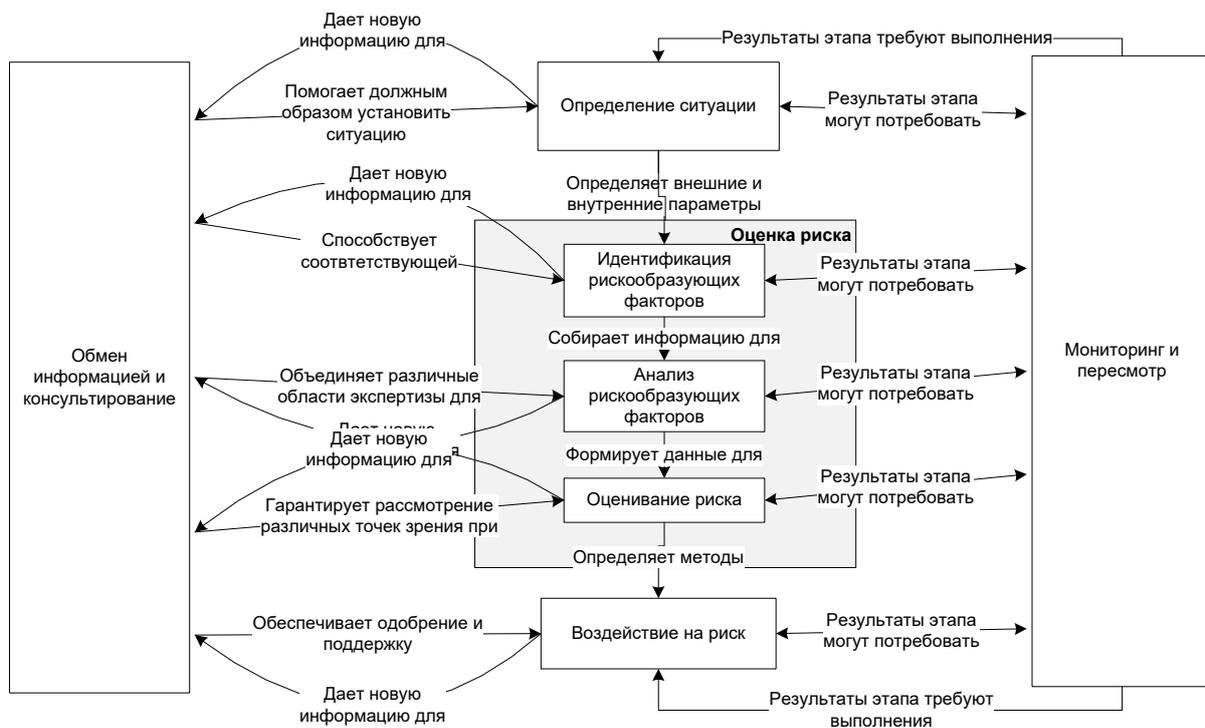


Рисунок 2.2 — Семантическая сеть процесса управления рисками.
Этапы процесса управления рисками

Процесс управления рисками состоит из следующих взаимосвязанных этапов: обмен информацией и консультирование, определение ситуации, оценка риска, воздействие на риск, мониторинг и пересмотр. Согласно рекомендациям стандарта [13] эффективное управление рисками возможно лишь при своевременном обмене ин-

формацией между участниками процесса и надлежащем мониторинге выполнения всех этапов, что делает сам процесс циклическим. Процесс оценки риска включает в себя три последовательных этапа:

1) *идентификация рискообразующих факторов* — процесс выявления и описания возможных факторов риска;

2) *анализ рискообразующих факторов* — процесс исследования факторов риска, включающий в себя выявление возможных взаимосвязей между факторами и силу их влияния на риски;

3) *оценивание риска* — процесс сравнения результатов анализа рискообразующих факторов с критериями риска для определения приемлемости риска.

Лица, ответственные за менеджмент риска, принимают решение о необходимости воздействия на риск на основании результатов ранее выполненных этапов идентификации, анализа и оценивания риска. Детализация этапов процесса управления рисками представлена семантическими сетями на рис. 2.3.

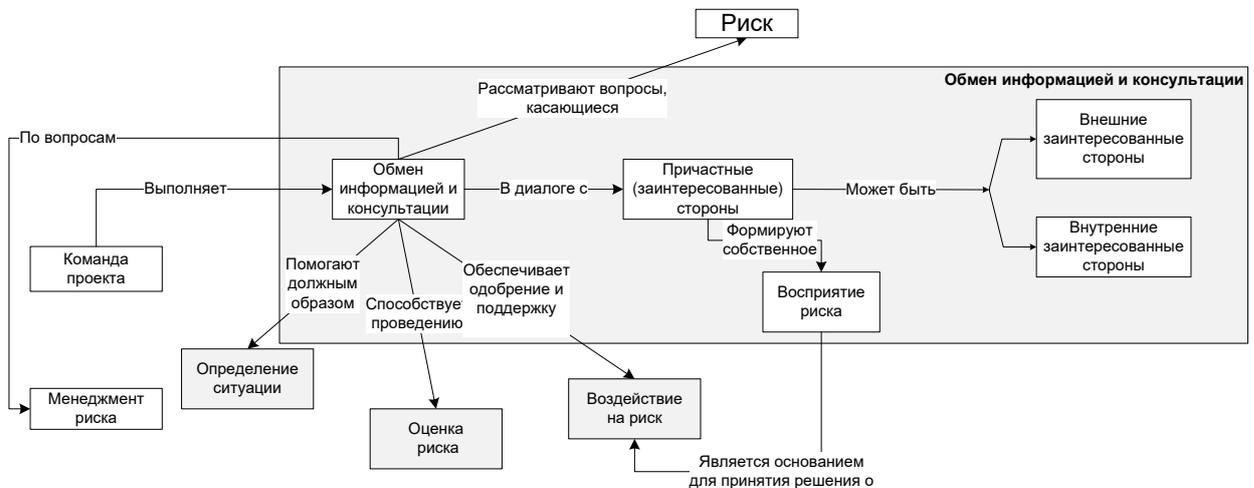


Рисунок 2.3— Семантическая сеть процесса управления рисками.
Обмен информацией и консультации

Этап «Обмен информацией и консультации» предполагает организацию своевременного обмена актуальной информацией по вопросам риска между командой проекта и заинтересованными (причастными) сторонами. Причастной (заинтересованной) стороной согласно [15] считается любой индивидуум, группа или организация, которые могут воздействовать на риск, подвергаться воздействию или ощущать

себя подверженными воздействию риска. В свою очередь, представления причастных сторон о риске называются *восприятием риска* [15]. Результаты работы консультационных групп учитываются на этапе определения ситуации (контекста), на их основании выполняется оценка риска и принятие решения о воздействии на риск.

На этапе определения ситуации (контекста) выполняется исследование среды (контекста), в которой реализуется проект. Состояние контекста проекта следует учитывать при управлении риском, при формировании критериев оценки риска, при определении сферы применения менеджмента риска, которые в свою очередь необходимы для определения политики в области менеджмента риска. При этом выделяется внешняя среда (*внешняя ситуация*) — внешние условия, в которых ИТ-компания работает и достигает своих целей, и внутренняя среда (*внутренняя ситуация*) — внутренние условия, в которых ИТ-компания работает и достигает своих целей. Под *критериями оценки риска* понимаются характеристики, по сопоставлению с которыми оценивают значимость риска. Согласно [15] критерии оценки риска могут учитывать требования стандартов, политики, законодательства и выражаться в предельно допустимых значениях потерь (рис. 2.4).

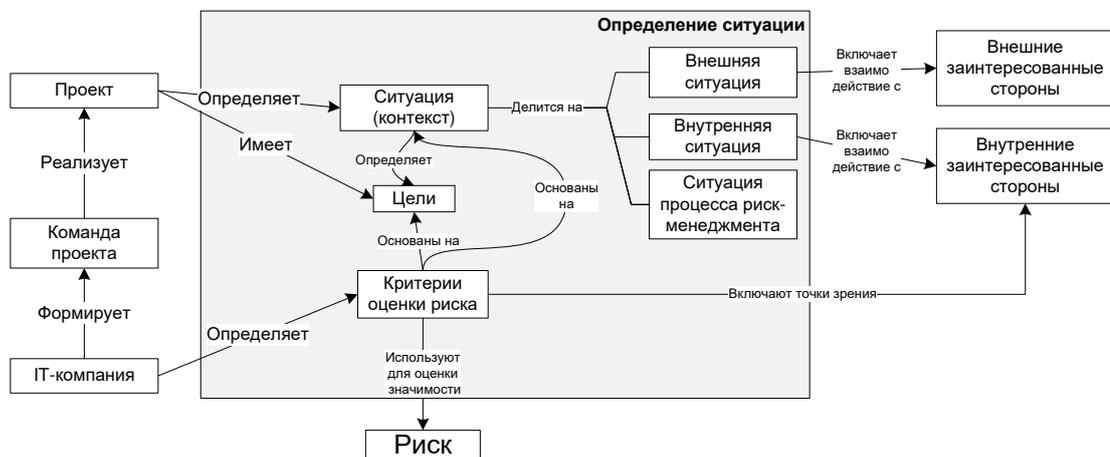


Рисунок 2.4 — Семантическая сеть процесса управления рисками. Определение ситуации

Идентификация рискообразующих факторов — этап, позволяющий выявить и коллективно обсудить возможность проявления рискообразующих факторов, способных повлиять на цели проекта, документально описать результаты в виде логически увязанных характеристик (рис 2.5).

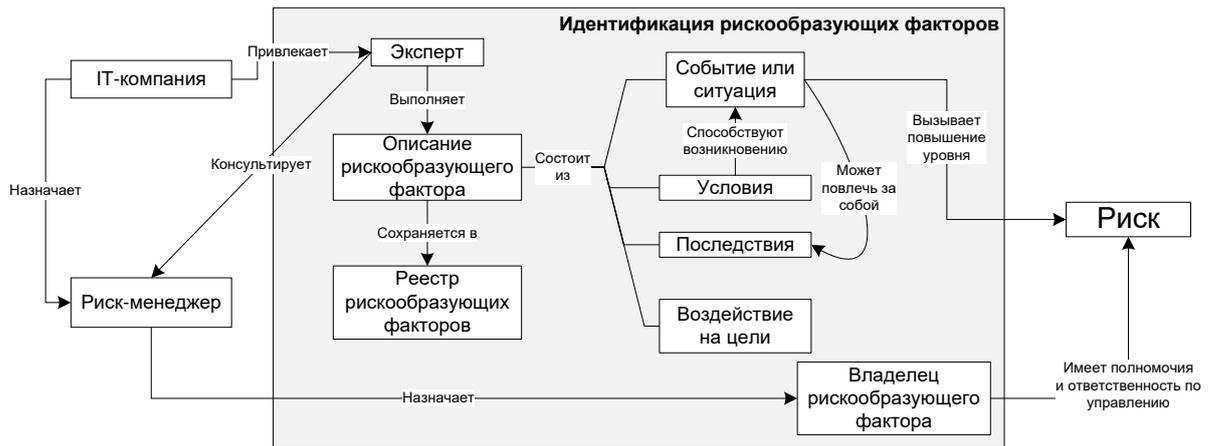


Рисунок 2.5 — Семантическая сеть процесса управления рисками. Идентификация рискообразующих факторов

Описание каждого из факторов риска следует проводить на естественном языке с разъяснением причинно-следственной связи между реально существующей причиной и потенциально возможным, еще не случившимся событием или ситуацией [16]. Для выполнения этапа организация может привлекать специалистов, обладающих соответствующими знаниями — экспертов. Риск-менеджер проекта совместно с экспертами выполняет *описание рискообразующих факторов* в виде документа, содержащего описание следующих элементов: события или ситуации, которые могут негативно повлиять на цели; условия их возникновения, последствия проявления и воздействия на цели проекта.

Набор описаний выявленных факторов риска сохраняется в реестре рискообразующих факторов.

Условие содержит описание причины, которая может сделать результат проекта убыточным, либо же сократить получаемую от проекта прибыль. *Последствие* описывает нежелательную ситуацию при наступлении рискообразующего фактора, которую следует избежать. *Воздействие на цели* отражает негативные изменения характеристик целей проекта. После того как все возможные рискообразующие факторы будут описаны, риск-менеджер проекта может назначить *владельца рискообразующего фактора* — лицо или организацию, имеющее ответственность и полномочия по управлению фактором/факторами риска.

На основании результатов идентификации рискообразующих факторов выполняется этап *анализа рискообразующих факторов*. Целью этапа является выделение наиболее значимых рискообразующих факторов. Риск-менеджер проекта, основываясь на своих знаниях и результатах этапа обмена информацией и консультаций, определяют вероятность проявления рискообразующего фактора, силу воздействия фактора на цель/цели проекта и близость наступления фактора. Термин «*вероятность*» означает меру возможности того, что условия появления рискообразующего фактора, описанные в его формулировке, действительно наступят. Влияние (*сила воздействия*) рискообразующих факторов на цели проекта отражает меру негативных последствий (ожидаемых потерь проекта) при проявлении конкретного рискообразующего фактора. (рис. 2.6).

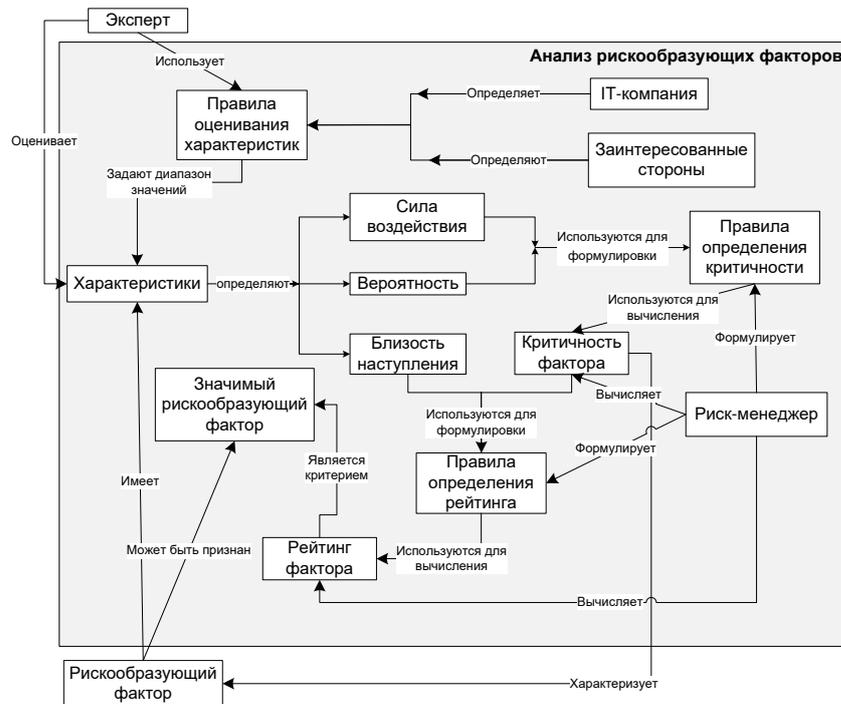


Рисунок 2.6 — Семантическая сеть процесса управления рисками. Анализ рискообразующих факторов

Для определения характеристик риск-менеджер проекта использует *правила оценивания характеристик*, которые могут быть сформулированы в виде качественных или количественных шкал, значения которых определяет руководство ИТ-компании и/или менеджер проекта с привлечением представителя заинтересованной стороны, основываясь на своем восприятии риска и учитывая специфику проекта.

Риск-менеджер проекта задает *правила определения критичности* фактора и *правила определения рейтинга* фактора, которые ставят в соответствие паре <вероятность, сила воздействие> одно из возможных значений критичности. Правила определения рейтинга учитывают ранее определенную степень критичности рискообразующего фактора и оценку возможного времени проявления фактора, которая характеризует близость его наступления. Вычисленный рейтинг фактора является инструментом ранжирования выявленных рискообразующих факторов по степени их значимости.

Этап оценивания риска выполняется с целью принятия решения о необходимом воздействии на риск или выполнения дополнительного анализа рискообразующих факторов (рис. 2.7).

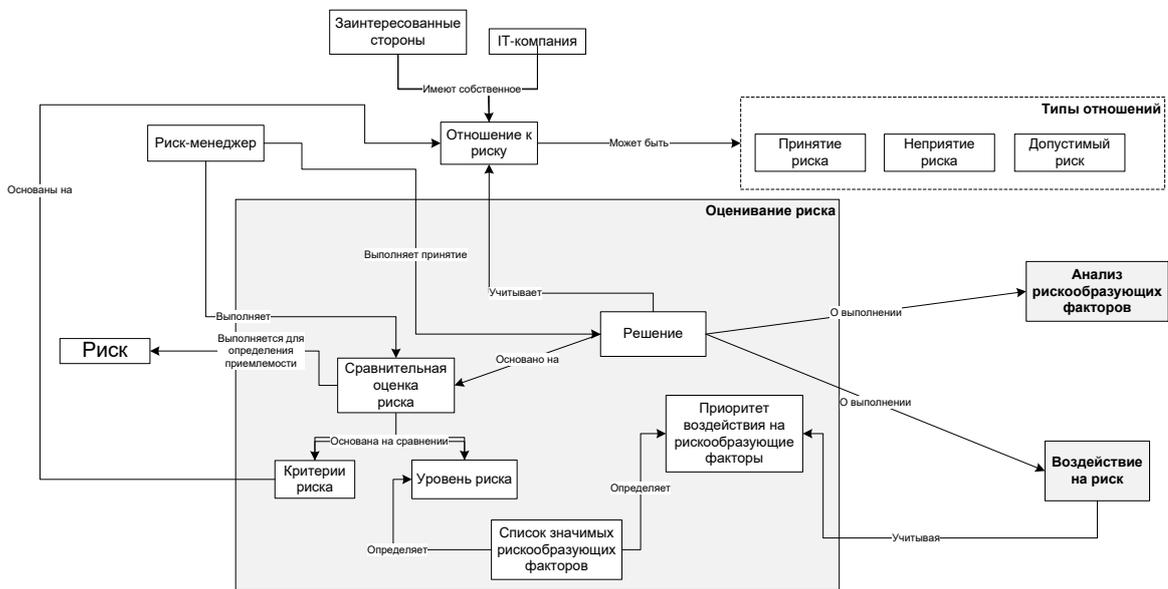


Рисунок 2.7 — Семантическая сеть процесса управления рисками. Оценивание риска

Риск-менеджер проекта выполняет *сравнительную оценку риска*, которая заключается в сравнении уровня риска, определенного на этапе анализа рискообразующих факторов с критериями риска для определения приемлемости риска. Уровень риска определяется содержанием списка значимых рискообразующих факторов, сформированного на предыдущем этапе. При этом принятое решение должно определять приоритет воздействия на факторы риска и учитывать *отношение ИТ-компания и заинтересованных сторон к риску*. В [15] дается следующее определение отношения к риску — отношение организации (в данном случае ИТ-компания) к

рisku IT-компанияи и заинтересованных сторон.

При этом приоритет воздействия на рискообразующие факторы должен зависеть от рейтинга фактора, вычисленного на этапе анализа рискообразующих факторов.

В стандартах [13, 15] перечислены следующие возможные варианты воздействия на рискообразующие факторы:

- *избежание рискообразующего фактора* — решение об исключении угрозы появления опасной ситуации или действий, связанных с возможностью ее возникновения;
- *принятие рискообразующего фактора* — осознанное решение о принятии возможных потерь, которые может вызвать проявление фактора;
- *изменение вероятности рискообразующего фактора* — изменение правдоподобности (вероятности) опасного события;
- *изменение последствий рискообразующего фактора* — изменение последствий опасного события;
- *разделение риска* — форма обработки риска, включающая согласованное распределение риска между несколькими сторонами.

Процесс воздействия на риск является циклическим процессом, и может быть представлен алгоритмом, блок-схема которого приведена на рис. 2.9.

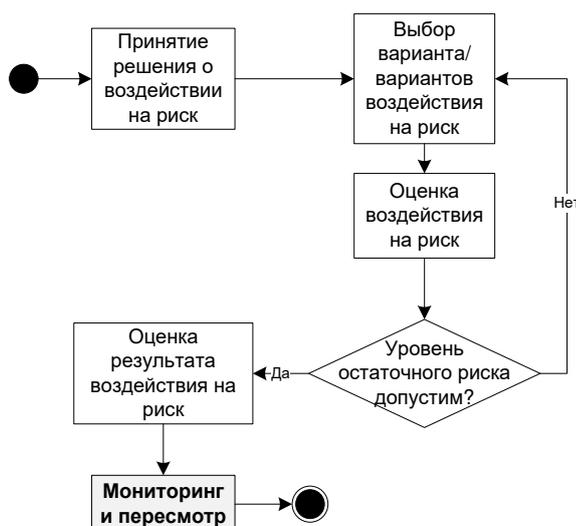


Рисунок 2.9 — Алгоритм воздействия на риск (обработка риска)

Остаточным риском называется риск, оставшийся после обработки риска [15]. Согласно [13] после выбора варианта воздействия необходимо выполнить оценку воздействия на риск, если уровень остаточного риска не допустим, то необходимо выбрать другой вариант воздействия на риск. В противном случае рекомендуется оценить эффективность воздействия на риск и провести запланированные мероприятия мониторинга и пересмотра.

Воздействие на риск может привести к появлению новых рискообразующих факторов, которые принято называть *вторичными рискообразующими факторами*. Вторичные факторы риска должны быть идентифицированы, проанализированы и оценены, возможные взаимосвязи вторичных и первоначальных рискообразующих факторов должны быть учтены на этапе мониторинга и пересмотра.

Эффективность управления рисками зависит от регулярных проверок текущей ситуации (контекста) риска, которые определены в [13] как этап мониторинга и пересмотра (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 — Семантическая сеть процесса управления рисками.
Мониторинг и пересмотр

Под *мониторингом* понимаются систематические проверки, надзор, обследование и определение состояния, проводимые риск-менеджером для идентификации

изменений требуемого или ожидаемого уровня функционирования. *Пересмотр* определен как деятельность, предпринимаемая для анализа пригодности, адекватности, результативности рассматриваемого объекта по отношению к достижению установленных целей. Результаты мониторинга и пересмотра сохраняются в соответствующей документации, которая включает в себя *реестр рискообразующих факторов* (форма записи информации об идентифицированном риске) и *профиль риска* (набор сведений о всех видах риска). Перечисленные выше документы образуют *отчетность о риске*, которая является формой обмена информацией о риске и предусматривает информирование соответствующих внутренних и внешних заинтересованных (причастных) сторон путем предоставления информации о текущем состоянии риска и менеджменте риска. Помимо контроля текущего состояния риска на этапе мониторинга и пересмотра рекомендуется выполнять регулярный *аудит менеджмента риска* (систематический, независимый, документированный процесс получения свидетельств и оценки их объективности для установления степени адекватности и эффективности структуры менеджмента риска или ее части).

2.2 Постановка задачи поддержки принятия решений при оценке рейтинга рискообразующих факторов

С точки зрения жизненного цикла управленческого решения задачи «управление» и «принятие решения» часто трактуются одинаково. Вместе с тем очевидно, что задача «принятие решения» по управлению рисками есть постоянно реализуемая в процессе управления задача, направленная на определение множества мероприятий, позволяющих минимизировать влияние негативных последствий от проявления рискообразующих факторов на каждом из этапов жизненного цикла программного продукта (фазах разработки, продвижения, внедрения, эксплуатации). Руководство IT-компании принимает решение о выборе стратегии управления рисками. Процесс управления рисками регламентируется пунктом 5.3.6 стандарта [9], стандартом [13] и включает следующие этапы:

- выявление и описание рисков и рискообразующих факторов;

- ранжирование списка рискообразующих факторов по вероятности и степени влияния на результат проекта, то есть программный продукт;
- определение перечня мероприятий, изменяющих вероятность и степень влияния значимых факторов риска;
- оценка результатов выполнения мероприятий по реагированию на факторы риска.

С учетом вышеизложенного задачу оценки рейтинга рискообразующих факторов можно представить в виде следующего кортежа:

$$DM = \langle A, Z, RK, RR, \mathbf{XR} \mid S, \mathbf{R} \rangle.$$

Пусть задано:

$A = \{a_i\}, i = \overline{1, \alpha}$, — множество рисков программного проекта.

$Z = \{z_j\}, j = \overline{1, m}$, — множество рискообразующих факторов, представленных в виде содержательной формулировки.

$RK = \{rk_{xy}\}, x = \overline{1, nP}, y = \overline{1, nF}$ — множество решающих правил, определяющих значение степени критичности фактора в зависимости от оценки вероятности проявления фактора и силы воздействия на цели проекта.

$RR = \{rr_{xy}\}, x = \overline{1, nK}, y = \overline{1, nD}$ — множество решающих правил, определяющих значение рейтинга фактора по конкретной цели проекта в зависимости от степени критичности фактора и близости его наступления.

$\mathbf{XR} = (x_i), i = \overline{1, \alpha}$ — вектор качественных или количественных нормативных (допустимых) значений риска (критерии риска).

Требуется определить:

$S = \{(p, (f_i), d, (k_i)_j\}, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, \alpha}$ — множество характеристик рискообразующих факторов, где p — оценка вероятности проявления фактора, (f_i) — вектор экспертных оценок силы воздействия фактора на i -тый риск проекта, d — экспертная оценка близости наступления фактора. Значения характеристик могут принимать как качественные значения («высокая» вероятность), так и количественные (вероятность

— 0,9), (k_i) — степень критичности фактора относительно i -того риска.

$R_j = (r_i)$ — рейтинг рискообразующих факторов z_j по риску a_i .

2.3 Нечеткая модель вычисления рейтинга рискообразующих факторов

Согласно стандартам по управлению рисками и современным практикам управления проектами [3–14] ранжирование факторов риска выполняется на этапе анализа рисков и заключается в расстановке приоритетов влияния рискообразующих факторов. Приоритеты (рейтинги, ранги) рискообразующих факторов согласно [3–14] зависят от степени правдоподобности проявления фактора, его силы воздействия на цель/цели проекта и от близости наступления фактора. Ранжирование рискообразующих факторов позволит *лицу принимающему решение (риск-менеджеру, менеджеру проекта, руководителю IT-компании)* выделить из всего перечня идентифицированных факторов наиболее значимые и тем самым установить приоритет воздействия на их проявление.

В соответствии с семантической моделью этапа анализа рискообразующих факторов (рис. 2.6) лицо принимающее решение (ЛПР) с привлечением представителя заинтересованной стороны определяет правила оценивания характеристик рискообразующих факторов, к которым относятся вероятность проявления фактора, сила воздействия фактора на цели, критичность фактора и близость его наступления. Принятые правила оценивания могут быть представлены в виде числовых или качественных шкал, количество градаций которых зависит от специфики проекта, отношения организации к риску и к процессу риск-менеджмента.

ЛПР самостоятельно или совместно с экспертом и по согласованию с причастными сторонами оценил вероятность проявления, силу воздействия и близость наступления каждого рискообразующего фактора, поставив в соответствие перечисленным характеристикам значения из предоставленных шкал.

Формально после выполнения оценивания характеристик каждый рискообразующий фактор Z_i описывается набором характеристик $S = \{(p, (f_i), d, (k_i))_j\}$, в ко-

тором p, f, d и k принимают значения, принадлежащие выбранной шкале оценивания.

Необходимо определить рейтинг каждого рискообразующего фактора Z_i , как функцию, зависящую от вероятности, силы воздействия и близости наступления: $\langle p, f, d \rangle \rightarrow r$.

Согласно существующим стандартам и методикам управления рисками [3–14] для выделения наиболее значимых факторов ЛПР должен поставить в соответствие каждому фактору ранг, который будет указывать степень или уровень опасности фактора для целей этапа. Стандарты рекомендуют оценивать уровень опасности в зависимости от вероятности проявления фактора и силы его воздействия на цели этапа. Судя по приведенным в [3, 8] примерам, за ранг принимают целое число, от 1 до m , где m — количество уровней опасности, зависящее от специфики этапа и/или от отношения компании к риску, но точного способа перехода от качественных характеристик факторов к числовому значению ранга не указывается. В таком случае можно предложить в качестве формализации перехода от качественных категорий к количественным алгоритмы нечеткого вывода и, соответственно, математический аппарат теории нечетких множеств.

Необходимо отметить, что введение нечеткости на этапе анализа рискообразующих факторов дополнительно может быть обусловлено отсутствием достоверных статистических данных о проекте, когда ЛПР не всегда может четко определить границы между качественными категориями. К тому же, аппарат теории нечетких множеств дает возможность формализации такого понятия, как степень уверенности ЛПР в данной оценке.

Дальнейшее изложение материала требует пояснения основных терминов теории нечетких множеств.

Нечеткая переменная — кортеж вида $\langle \alpha, X, A \rangle$, где α — имя нечеткой переменной; X — область определения нечеткой переменной; A — нечеткое множество на универсуме X . Лингвистическая переменная — кортеж $\langle \beta, T, X, M \rangle$, где β — имя лингвистической переменной; T — множество значений (термов) лингвистической переменной; X — универсум нечетких переменных; M — семантическая процедура,

формирующая нечеткие множества для каждого термина данной лингвистической переменной. Нечеткое высказывание — высказывание вида « β IS t », где t — один из термов этой переменной. Правило нечетких продукций (далее просто правило) — правило вида «ЕСЛИ ... ТО ...», где в качестве условий и заключений используются нечеткие высказывания.

Для вычисления степени критичности рискообразующих факторов в работе использован алгоритм нечеткого вывода Мамдани [80]. Для категорий шкал, описываемых правилами «меньше чем» и «больше чем», можно использовать S -функции и Z -функции, являющиеся частными случаями трапецевидной функции принадлежности (рис. 2.11).

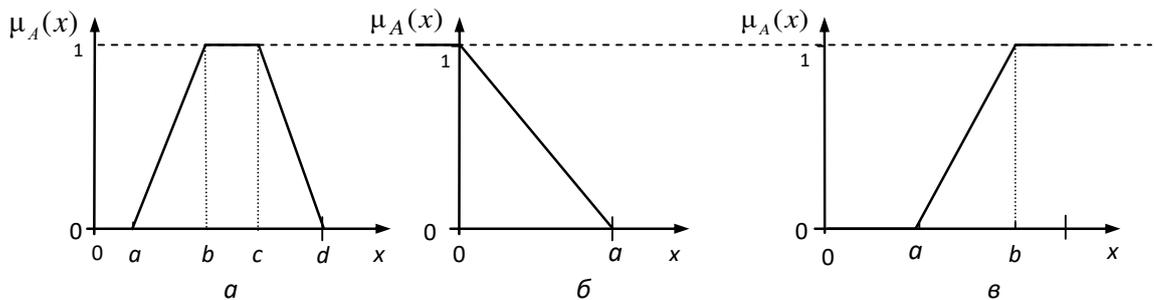


Рисунок 2.11 — Виды функций принадлежности: a — трапецевидная функция принадлежности; $б$ — S -функция; $в$ — Z -функция

Математические выражения перечисленных функций принадлежности выглядят следующим образом:

$$\text{трапецевидная функция} \quad \mu_A(a, b, c, d, x) = \begin{cases} 0, & x < a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ 1, & b \leq x \leq c; \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d; \\ 0, & d \leq x; \end{cases}$$

$$Z\text{-функция} \quad \mu_A(a, x) = \begin{cases} 1, & x < 0; \\ \frac{a-x}{a}, & x \leq a; \\ 0, & x > a; \end{cases}$$

$$S\text{-функция} \quad \mu_A(a, b, x) = \begin{cases} 0, & x < a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ 1, & x > b. \end{cases}$$

Коэффициенты функций a, b, c, d задаются экспертами на основании выбранных шкал оценивания.

В этом случае алгоритм определения рейтинга рискообразующих факторов (рис. 2.12) может быть представлен следующей последовательностью шагов.

Шаг 1. Выбор шкал оценивания вероятности проявления, силы воздействия рискообразующих факторов на цели проекта, близости наступления рискообразующих факторов и рейтинга.

Значения показателей вероятности и воздействия могут оцениваться риск-менеджерами проектов, как в количественных, так и в качественных шкалах. Среди количественных методов оценки вероятности рискообразующих факторов и их влияния на цели проекта наиболее часто используется метод PERT-анализа (Project Evaluation and Review Technique) [82]. Суть его заключается в том, что для каждой характеристики эксперту необходимо указывать три оценки — оптимистическую, наиболее вероятную (реалистическую) и пессимистическую. Тогда вероятность наступления рискообразующих факторов можно вычислять по следующей формуле:

$$P(x_j) = [p_1(x_j) + 4p_2(x_j) + p_3(x_j)]/6,$$

где $p_1(x_j), p_2(x_j), p_3(x_j)$ — соответственно оптимистическая, пессимистическая и реалистическая вероятности наступления фактора.

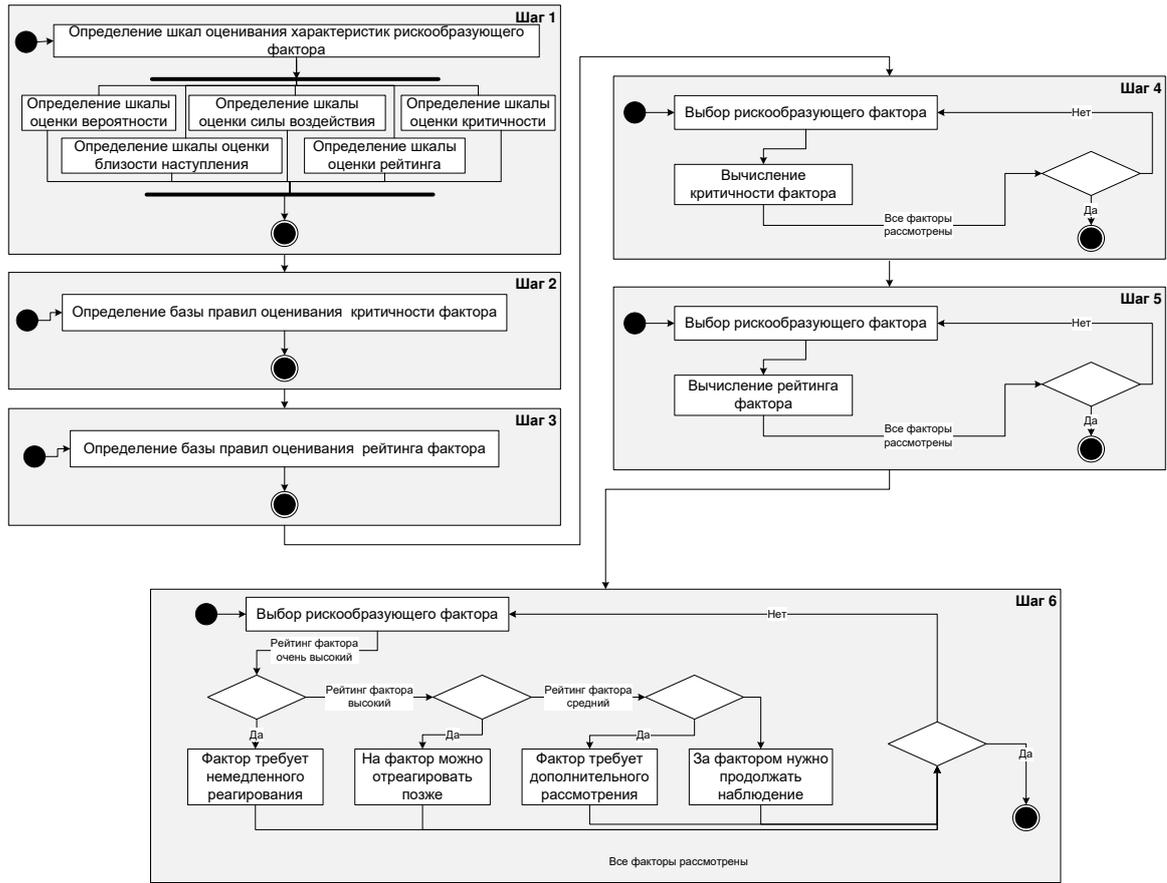


Рисунок 2.12 — Алгоритм определения рейтинга рискообразующих факторов

Для формализации описания рискообразующих факторов в [3] предлагается использовать фиксированную для конкретного проекта шкалу оценок, которая позволяет связать качественное и количественное описания, при этом интервалы оценок вероятностей и воздействий ввиду присутствия неопределенности могут пересекаться.

Выбор шкалы оценивания вероятности проявления рискообразующих факторов

Определение шкалы оценивания заключается в выборе количества интервалов шкалы, определении названия каждого интервала и соответствующего ему интервала общепринятых числовых значений вероятности и сводится к заполнению шаблона, представленного в табл. 2.1.

Таблица 2.1 — Шаблон шкалы оценивания вероятности проявления

Качественное значение вероятности	Категория 1	Категория 2	...	Категория N
Интервальное значение вероятности	Менее XX	От XX – до XX	...	Выше XX

В табл. 2.2 приведен пример шкалы оценивания вероятности проявления.

Таблица 2.2 — Вероятность проявления рискообразующих факторов

Вероятность	Очень низкая	Низкая	Умеренная	Высокая	Очень высокая
Интервал	менее 0,15	[0,1; 0,4]	[0,2; 0,6]	[0,5; 0,9]	более 0,8

Оценку вероятности в терминах нечеткой логики наступления фактора $z_j, j = \overline{1, m}$ предлагается описать в виде лингвистической переменной $\langle p, T_p, [0,1], M_p \rangle^8$, где p — «Оценка вероятности проявления», T_p — {«Очень низкая» (ОН), «Низкая» (Н), «Умеренная» (У), «Высокая» (В), «Очень высокая» (ОВ)}; M_p — процедура задания на универсуме $[0; 1]$ значений лингвистической переменной, т. е. термов из множества T_p .

Для лингвистической переменной p , согласно таблице 2.2, множество T_p определено следующим образом:

$$T_p = \{\mu_{ОН}(0,15; x), \mu_{Н}(0,1; 0,18; 0,3; 0,4; x), \mu_{У}(0,2; 0,35; 0,45; 0,6; x), \mu_{В}(0,5; 0,63; 0,77; 0,9; x), \mu_{ОВ}(0,8; 1; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной p , представлены на рисунке 2.13.

⁸ Приведен пример описания лингвистической переменной «Оценка вероятности наступления фактора» в соответствии с таблицей 2.3.

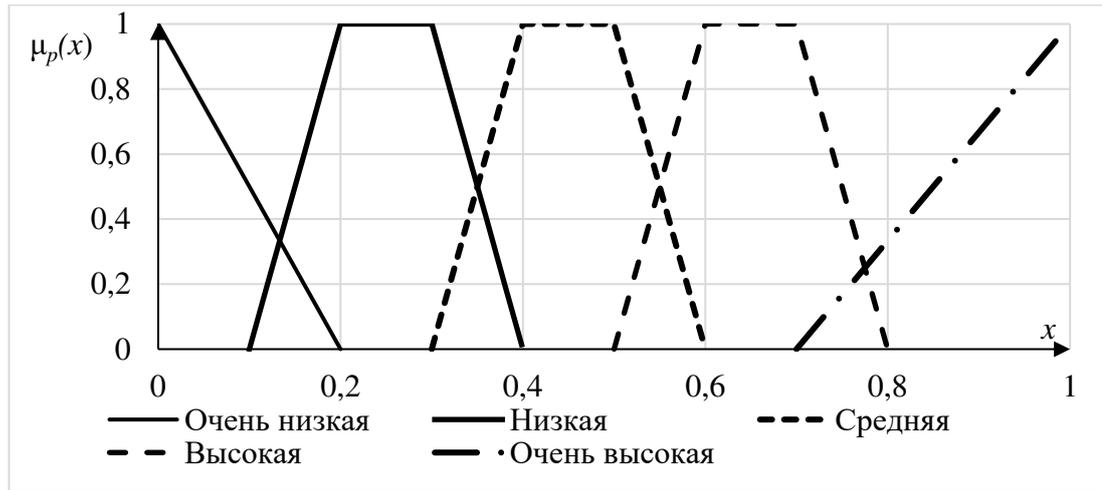


Рисунок 2.13 — Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Оценка вероятности проявления»

*Выбор шкалы оценивания силы воздействия
рискообразующих факторов на цели проекта*

Сила воздействия рискообразующих факторов на цели отражает меру негативных последствий при проявлении конкретного рискообразующего фактора: срыв плановых сроков; превышение стоимости (бюджета), критические отклонения по составу и содержанию (невыполнение функциональных требований); критические отклонения по показателям качества (невыполнение нефункциональных требований). Для определения шкалы оценивания необходимо заполнить шаблон (табл. 2.3), устанавливающий взаимосвязь качественных категорий, используемых для оценивания силы воздействия с их численными представлениями. Например, в качестве численного представления силы воздействия могут выступать интервальные оценки возможных потерь в процентах, граничные значения интервалов определяются риск-менеджером проекта, менеджером проекта, основываясь на своих знаниях, специфике проекта, отношении к риску.

Таблица 2.3 — Шаблон шкалы оценивания силы воздействия

Качественное описание силы воздействия	Категория 1	Категория 2	...	Категория N
Интервальное описание силы воздействия	Менее XX	От XX – до XX	...	Выше XX

Пример описания силы воздействия рискообразующих факторов на цели программного проекта представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Описание возможных потерь программного проекта (сила воздействия)

Незначительная	Умеренная	Высокая	Критичная	Катастрофическая
Стоимость				
Незначительное увеличение стоимости	Увеличение стоимости < 10%	Увеличение стоимости 10 – 20%	Увеличение стоимости 20 – 40%	Увеличение стоимости >40%
Сроки				
Незначительное увеличение времени	Увеличение времени < 5%	Увеличение времени 5 – 10%	Увеличение времени 10 – 20%	Увеличение времени >20%
Функционал				
Едва заметное уменьшение содержания	Затронуты второстепенные области содержания	Затронуты основные области содержания	Уменьшение содержания неприемлемо для заказчика	Конечный продукт проекта практически бесполезен
Качество				
Едва заметное понижение качества	Затронуты только самые трудоемкие приложения	Для понижения качества требуется одобрение заказчика	Понижение качества неприемлемо для заказчика	Конечный продукт проекта практически бесполезен

Для описания силы воздействия рискообразующего фактора $z_j, j = \overline{1, m}$ на риск проекта $a_i, i = \overline{1, \alpha}$ в терминах нечеткой логики предлагается лингвистическая переменная $\langle f_i, T_{f_i}, [0, 100], M_f \rangle$ ⁹: f_i — «Оценка силы воздействия фактора на i -тую цель проекта»; T_{f_i} — {«Незначительная» (Н), «Умеренная» (У), «Высокая» (В), «Критичная» (К), «Катастрофическая» (КТ)}; M_f — процедура задания на универсуме $[0, 100]$ значений лингвистической переменной.

⁹ Приведен пример лингвистической переменной, описывающей силу воздействия фактора на бюджет проекта (табл. 5)

Для лингвистической переменной f_i множество T_{f_i} определено следующим образом:

$$T_{f_i} = \{\mu_H(1; x), \mu_Y(10; x), \mu_B(10; 13; 17; 20; x), \\ \mu_K(20; 25; 35; 40; x), \mu_{КТ}(40; 100; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной f_i , представлены на рисунке 2.14.

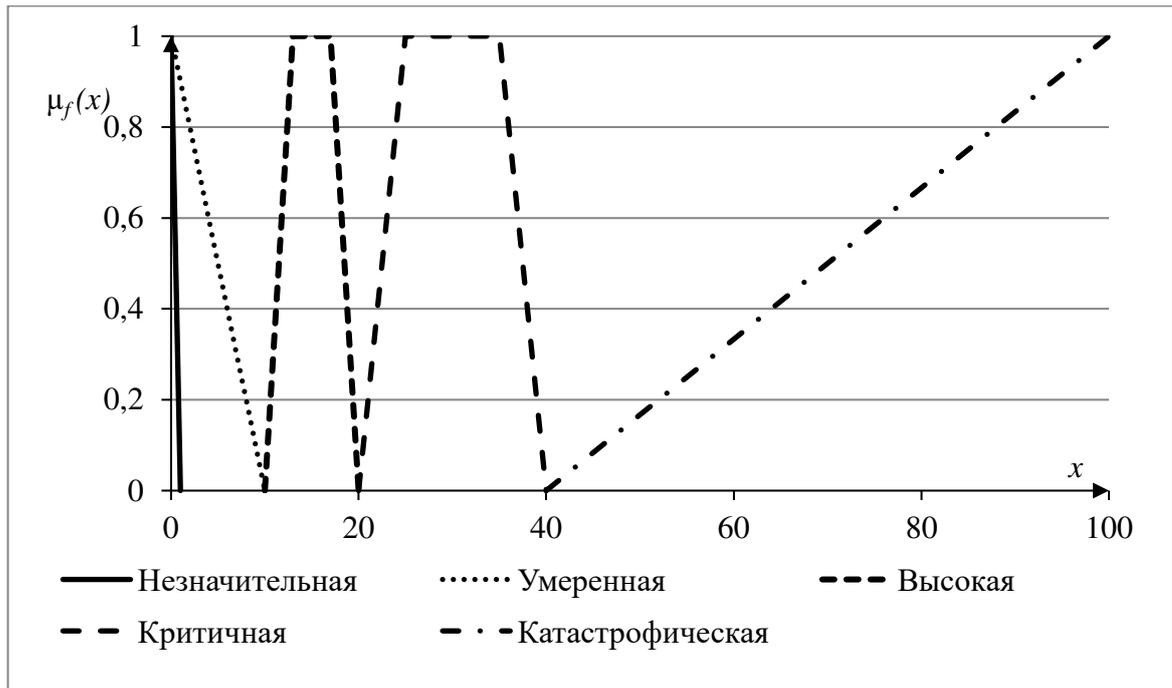


Рисунок 2.14 — Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Сила воздействия фактора на бюджет проекта»

Выбор шкалы оценивания критичности рискообразующих факторов

Стандарты и современные практики управления рисками [3–14] рекомендуют выделять множество факторов, оказывающих критическое влияние на цели и требующие скорейшего реагирования на них. Критичность фактора для конкретной цели проекта является величиной, зависящей от вероятности проявления фактора и силы его воздействия на указанную цель. Аналогично описанным ранее характеристикам, необходимо выбрать шкалу оценивания критичности — определить количество градаций шкалы, поставить в соответствие качественным названиям градаций количественные значения. В качестве количественных значений для оценки критичности

могут быть использованы оценки в баллах. Пример шкалы для оценивания критичности приведен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 — Шкала оценивания критичности фактора

Качественное значение	Несущественная	Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая	Очень высокая
Интервал	менее 1	1 — 3	2 — 5	4 — 6	5 — 8	более 7

Оценка степени критичности $k_i, i = \overline{1, \alpha}$ фактора z_j для риска a_i в терминах нечеткой логики определяется лингвистической переменной $\langle k_i, T_{k_i}, [0, 10], M_k \rangle$: k_i — «Оценка силы воздействия фактора на i -тую цель проекта»; T_{k_i} — {«Несущественная» (НС), «Низкая» (Н), «Умеренная» (У), «Средняя» (С), «Высокая» (В), «Очень высокая»}; M_k — процедура задания на универсуме $[0, 10]$ значений лингвистической переменной.

Для лингвистической переменной k_i множество T_{k_i} определено следующим образом:

$$T_{f_i} = \{\mu_{НС}(1; x), \mu_{Н}(1; 1, 5; 2, 5; 3; x), \mu_{У}(2; 3; 4; 5; x), \\ \mu_{С}(4; 4, 5; 5, 5; 6; x), \mu_{В}(5; 6; 7; 8; x), \mu_{ОВ}(7; 10; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной k_i , представлены на рисунке 2.15.

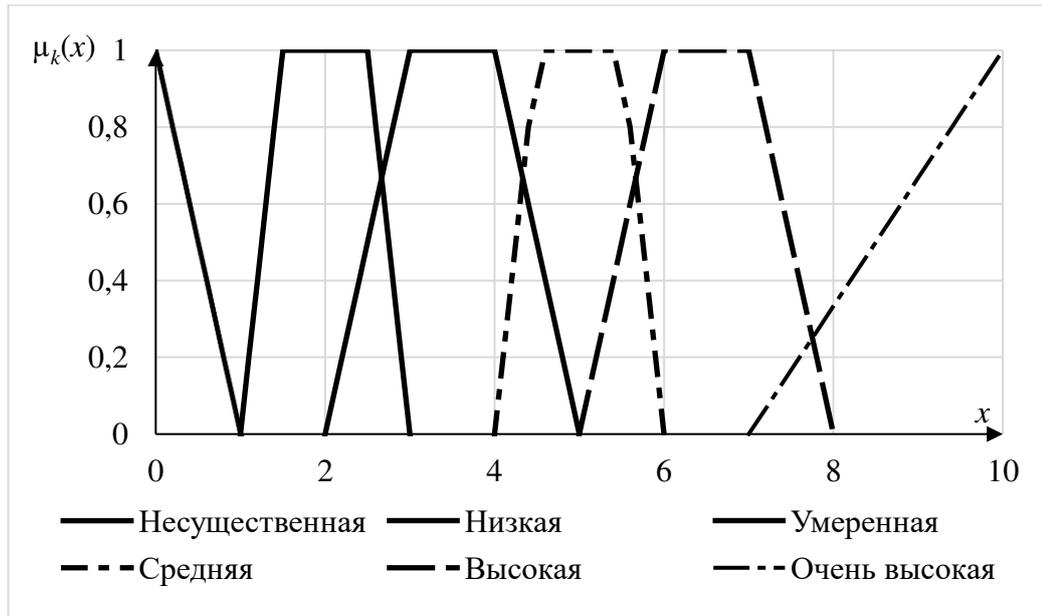


Рисунок 2.15 — Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Критичность рискообразующего фактора»

Выбор шкалы оценивания близости наступления рискообразующих факторов

Наряду с описанными выше характеристиками факторов немаловажной является характеристика близости наступления фактора. Шкала оценки близости сроков проявления факторов определяется лицом принимающим решение с учетом специфики и целей проекта, состоит из набора качественных категорий, с помощью которых можно оценить время проявления фактора, в соответствии с которым поставлены временные интервалы (в днях, неделях, месяцах). Пример шкалы оценивания близости наступления рискообразующих факторов приведен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 — Шкала оценивания близости наступления фактора

Качественное значение	Очень нескоро	Не очень скоро	Очень скоро
Количественное значение	Больше чем через 8 (дней/ недель /месяцев)	От 5 до 10 (дней/ недель /месяцев)	Меньше чем через 5 (дней/ недель /месяцев)

Очевидно, что факторы с высокой степенью критичности и близким сроком проявления требуют реагирования более быстрого, чем факторы, критичность которых ниже, а время вероятного проявления наступит еще не скоро. Для вычисления рейтинга необходимо оценить время возможного проявления фактора, используя для оценки заданную шкалу.

В терминах нечеткой логики оценка близости наступления рискообразующего фактора представляется лингвистической переменной $\langle d, T_d, [0,12], M_d \rangle$: d — «Оценка близости наступления фактора»; T_d — {«Очень нескоро» (ОН), «Не очень скоро» (Н), «Очень скоро» (ОС)}; M_d — процедура задания на универсуме $[0,12]$ значений лингвистической переменной.

Множество T_d лингвистической переменной на основании выбранной шкалы оценивания (табл. 2.6) определено следующим образом:

$$T_d = \{\mu_{oc}(5; x), \mu_n(5; 7; 8; 10; x), \mu_{нс}(8; x)\}$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной d , представлены на рисунке 2.16.

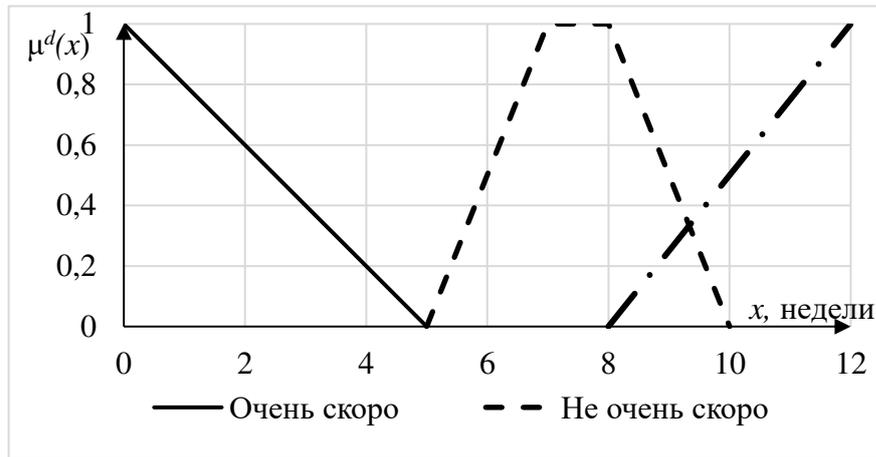


Рисунок 2.16 — Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Оценка близости наступления рискообразующего фактора»

Выбор шкалы оценивания рейтинга рискообразующих факторов

В [3] рекомендуется выделять следующие категории факторов: рискообразующие факторы, требующие немедленного реагирования; факторы, реагирование на которые можно выполнить позже; факторы, требующие дополнительного рассмотрения; факторы, за которыми необходимо продолжать наблюдение. Самый высокий рейтинг присваивается факторам, требующим немедленного реагирования, соответственно, самый низкий рейтинг присваивается рискообразующим факторам, критичность которых невысока и их наступление отложено на длительный срок. С уче-

том этих рекомендаций в таблице 2.7 представлена возможная шкала качественной и количественной оценки рейтинга факторов.

Таблица 2.7 — Шкала оценивания рейтинга фактора

Качественное значение	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
Интервал	8 — 10	5 — 9	2 — 6	0 — 4

В терминах нечеткой логики оценка рейтинга представляется лингвистической переменной $\langle r_i, T_r, [0,10], M_r \rangle$: r_i — «Оценка рейтинга фактора по i -той цели»; T_r — {«Низкий» (Н), «Средний» (С), «Высокий» (В), «Очень высокий» (ОВ)}; M_r — процедура задания на универсуме $[0;10]$ значений лингвистической переменной. Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной r согласно выбранной шкале, представлены на рисунке 2.17.

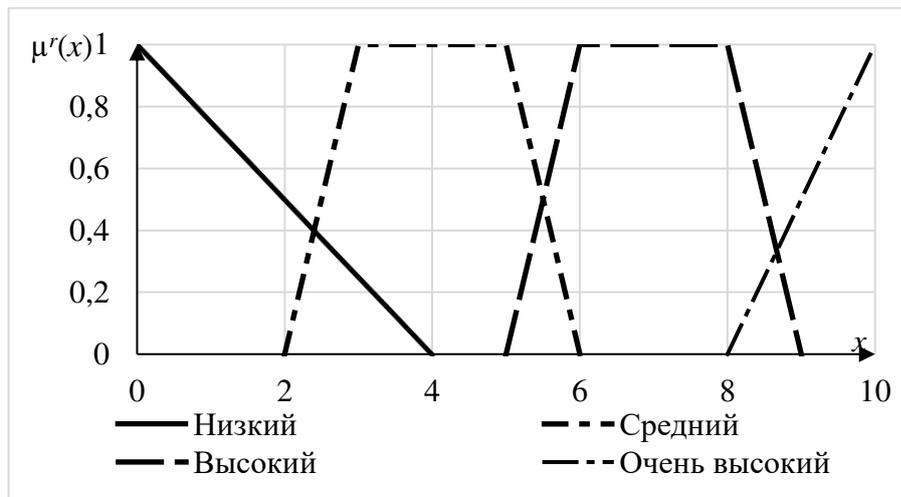


Рисунок 2.17 — Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Оценка рейтинга рискообразующего фактора»

Шаг 2. Определение базы правил оценивания критичности фактора. ЛПР, используя шкалы оценки характеристик, заданных на предыдущем шаге алгоритма определяет правила оценивания критичности фактора в зависимости от оценки вероятности и силы воздействия фактора на цели. Формально правила оценки критичности могут быть записаны в виде матрицы $\mathbf{RK}_{(nP \times nF)}$, количество строк которой рав-

но количеству градаций шкалы оценки вероятности, а количество столбцов — количеству градаций шкалы оценки силы воздействия фактора на цель или цели. Элементам матрицы **РК** ЛПР присваивает значения, принадлежащие диапазону возможных значений критичности: $rk_{ij} = K_i, i = \overline{1, nK}$. Матрица **РК**, исходя из способа ее определения, представляет собой базу продукционных правил ЕСЛИ ТО. Посылками (антецедентами) правил являются конъюнкции оценок вероятности и силы воздействия, заключениями (консеквентами) — оценки критичности фактора.

Ниже приводится пример базы правил оценивания критичности фактора (табл. 2.8), выполненный с учетом шкал оценивания, заданных в таблицах 2.2, 2.4, 2.5.

Таблица 2.8 — Правила оценки степени критичности

		Сила воздействия				
		Незначительная	Умеренная	Высокая	Критичная	Катастрофическая
Вероятность	Очень высокая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая	Очень высокая
	Высокая	Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая	Очень высокая
	Умеренная	Несущественная	Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая
	Низкая	Несущественная	Низкая	Низкая	Умеренная	Умеренная
	Очень низкая	Несущественная	Несущественная	Низкая	Низкая	Умеренная

Шаг 3. Определение базы правил оценивания рейтинга фактора. На этом этапе ЛПР определяет правила оценивания рейтинга. Как уже было отмечено ра-

нее, при прочих равных условиях факторам, которые могут осуществиться уже завтра, следует сегодня уделять больше внимания, чем тем, которые могут произойти не ранее чем через полгода. Поэтому, логично определить правила оценки рейтинга в виде матрицы $\mathbf{RR}_{(nK \times nD)}$, количество строк которой равно количеству градаций шкалы оценки критичности, а количество столбцов — количеству градаций шкалы оценки близости возможного проявления фактора. Элементам матрицы \mathbf{RR} ЛПР присваивает значения, принадлежащие диапазону возможных значений рейтинга: $rr_{ij} = R_i, i = \overline{1, nR}$. В таблице 2.9 приведен пример базы правил оценивания рейтинга, выполненный на основании ранее приведенных шкал оценивания (табл. 2.5–2.7).

Таблица 2.9 — Правила оценки рейтинга

		Критичность					
		Несущественная	Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая	Очень высокая
Близость наступления	Очень скоро	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий	Очень высокий	Очень высокий
	Не очень скоро	Низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий	Очень высокий
	Очень нескоро	Низкий	Низкий	Низкий	Средний	Средний	Высокий

Шаг 4. Вычисление критичности фактора. Выбор рискообразующего фактора $z_j \in Z$ и вычисление его критичности по целям как функции $\langle p, (f_i) \rangle_{\mathbf{RK}_{(nP \times nF)}} \rightarrow (k_i)$.

Для вычисления степени критичности рискообразующего фактора предлагается использовать алгоритм логического вывода Мамдани [80]. Алгоритм исполь-

зует базу правил $\mathbf{RK}_{(nP \times nF)}$, построенную на шаге 2 алгоритма. Исходя из способа построения $\mathbf{RK}_{(nP \times nF)}$, входными данными алгоритма являются оценки вероятности рискообразующего фактора и сила его воздействия на цели проекта. Выходными данными алгоритма является оценка степени критичности фактора.

При выполнении логического вывода в алгоритме Мамдани для определения степени истинности условий по каждому из правил используется правило мин-конъюнкции:

$$T(\mu^p(x), \mu^f(x)) = \min(\mu^p(x), \mu^f(x)), \quad (2.1)$$

где $\mu_p(x), \mu_f(x)$ — значения из соответствующих терм-множеств лингвистических переменных p и f . Степень истинности заключений каждого из элементарных логических высказываний, в случае истинностных значений посылок не равных 0, определяется по правилу мин-активизации:

$$\mu^k(x) = \min(\mu^p(x), \mu^f(x)), \quad (2.2)$$

Графическая интерпретация результата расчетов при заданной вероятности возможного проявления фактора 0.75 (Высокая) и силе воздействия 25 (Критичная) представлена на рисунке 2.18.

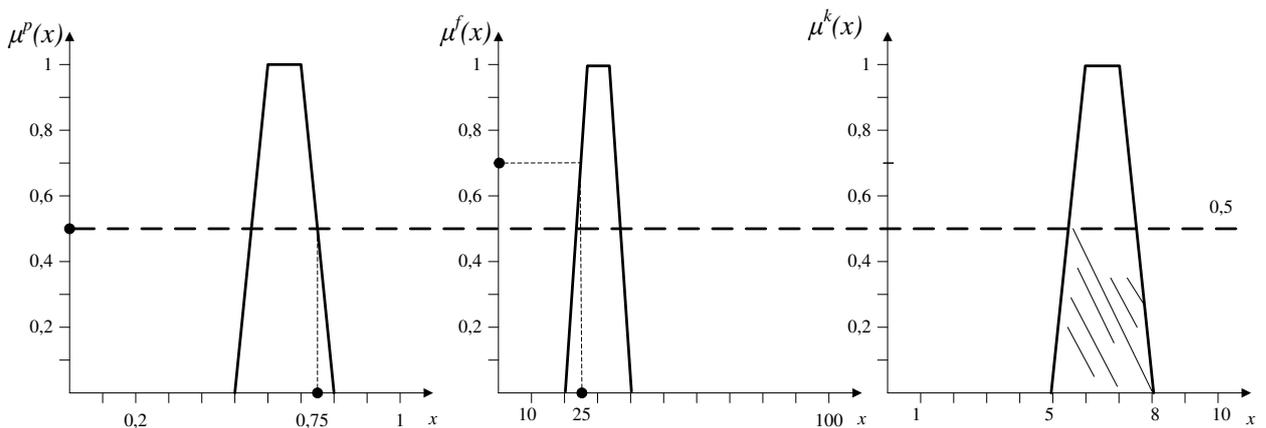


Рисунок 2.18 — Определение степени истинности посылок и логического заключения

Далее следует пояснить, что в случае выбора экспертами непересекающихся градаций шкал оценивания характеристик рискообразующего фактора истинностное

значение antecedентов, отличное от нуля, для известных оценок вероятности проявления фактора и его силы воздействия на конкретную цель будет существовать в единственном варианте. Таким образом, после вычислений по формулам (2.1, 2.2) будет найдена степень истинности заключения, значение которой будет использоваться при вычислении числового представления критичности рискообразующего фактора. В случае пересекающихся градаций шкал оценивания, истинностные значения посылок, отличные от нуля, могут формировать два и более правил. Если два или более правил имеют на заданных посылках истинностные значения, и из них следует одно и то же заключение с разной степенью истинности, то для определения степени истинности заключения используется правило *max*-дизъюнкции:

$$\mu_{A \vee B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)). \quad (2.3)$$

Графическая интерпретация правила приведена на рисунке 2.19.

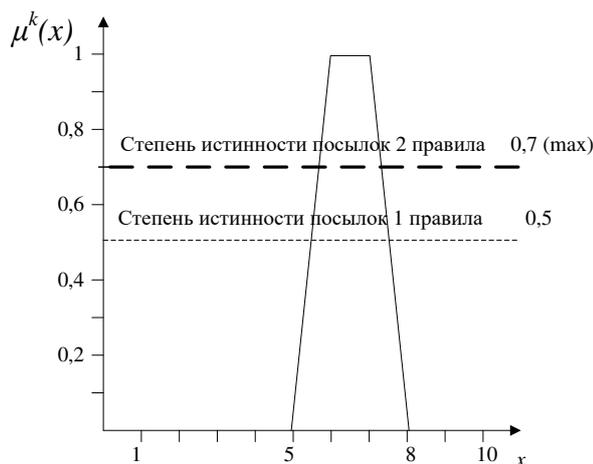


Рисунок 2.19 — Правило *max*-дизъюнкции

Получение точечной оценки степени критичности выполняется по методу нахождения центра тяжести:

$$y = \frac{\min \int x \mu(x)}{\max \int \mu(x)}, \quad (2.4)$$

где *min* и *max* границы полученного нечеткого множества.

Например, на рисунке 2.20 демонстрируется, что при оценке вероятности рискообразующего фактора — 0,75 («Высокая» со степенью истинности 0,5 и «Очень высокая» со степенью истинности 0,17) и оценке силы воздействия фактора на бюджет проекта — 25 («Критичная», со степенью истинности 1) истинностные значения принимают посылки двух правил (согласно таблице 2.8) — «Если вероятность **Высокая** и сила воздействия **Критичная**, то критичность фактора — **Высокая**» и «Если вероятность **Очень Высокая** и сила воздействия **Критичная**, то критичность фактора — **Очень Высокая**».

Используя формулы (2.1, 2.2, 2.3) критичность рискообразующего фактора с такими характеристиками может быть описана нечетким множеством, описываемым функцией принадлежности, представленной на рисунке.

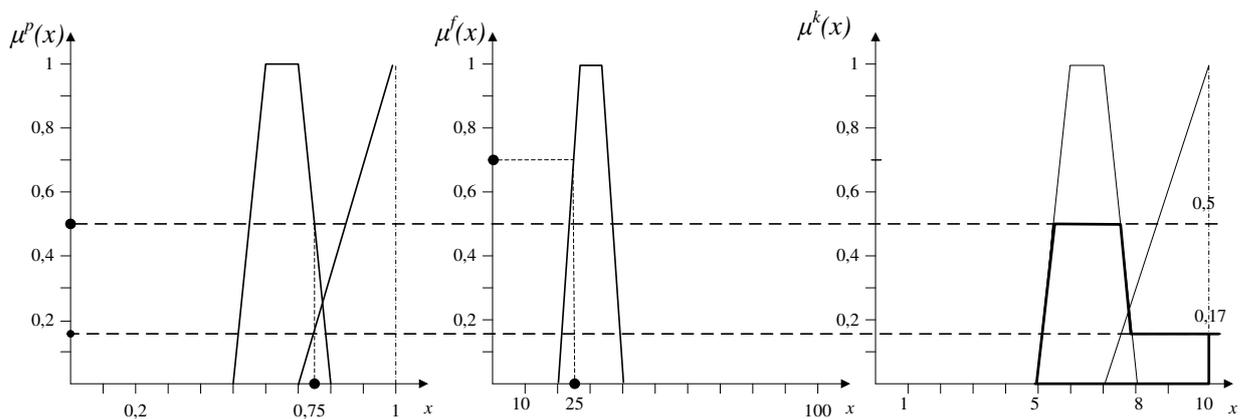


Рисунок 2.20 — Вычисление точечного значения

В качестве числового значения такой нечеткой переменной принимается центр тяжести фигуры, ограниченной линией функции и минимальным и максимальным значениями нечеткого числа.

Шаг 5. Вычисление рейтинга. Выбор рискообразующего фактора $z_j \in Z$ и вычисление его рейтинга по целям проекта как функции $\langle (k_i), d \rangle_{\mathbf{RR}_{(nD \times nK)}} \rightarrow (r_i)$. Для вычисления рейтинга используется алгоритм Мамдани [80], входными данными для которого являются оценка критичности фактора, вычисленная на предыдущем шаге алгоритма, и оценка близости наступления фактора. Выходная переменная на этом

шаге алгоритма — оценка рейтинга рискообразующего фактора.

Вычисление оценок рейтинга рискообразующего фактора выполняется с помощью базы правил **RR**, при этом используется описанная выше схема логического вывода с применением формул (2.1–2.4).

Шаг 6. Ранжирование набора факторов по значениям рейтинга. После вычисления оценок рейтинга для каждого фактора из общего набора выделяются множества рискообразующих факторов, негативно влияющих на конкретную цель. Следует отметить, что один фактор может влиять на несколько целей одновременно, поэтому выделенные множества могут пересекаться.

В [3] рекомендуется выделять следующие категории опасности последствий от проявления рискообразующих факторов:

- рейтинг очень высокий — рискообразующие факторы, требующие немедленного реагирования;
- рейтинг высокий — рискообразующие факторы, реагирование на которые можно выполнить позже;
- рейтинг средний — рискообразующие факторы, требующие дополнительного рассмотрения (включая количественный анализ);
- рейтинг низкий — рискообразующие факторы, за которыми в дальнейшем должно проводиться наблюдение.

2.4 Нечеткая когнитивная модель выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов

2.4.1 Постановка задачи

Определение рейтинга рискообразующих факторов позволяет ЛПР ранжировать рискообразующие факторы по степени влияния на цели и выделить множества рискообразующих факторов, требующих немедленного реагирования. Логично предположить, что выполнение мероприятий, воздействующих на такие

факторы, должно снизить и уровень рисков этапов. Вместе с тем реализация мероприятий может повлечь за собой появление новых рискообразующих факторов. В этом случае лицу принимающему решение необходимо рассматривать рискообразующие факторы в динамике с учетом их возможных взаимосвязей, своевременно контролировать состояние как ранее идентифицированных рискообразующих факторов, так и новых, вносить изменения (корректировки) как в множество значимых факторов, так и в перечень первоначально выделенных мероприятий в контексте текущего этапа проекта.

В этой связи возникает задача исследования возможных изменений риска и рискообразующих факторов в динамике с учетом наличия взаимосвязей между ними. В качестве математического аппарата решения этой задачи в работе предлагается использовать нечеткое когнитивное моделирование (нечеткие когнитивные карты), частным случаем которого является построение нечетко-целевой когнитивной модели для принятия стратегических решений [83–88].

Основу когнитивного моделирования составляет когнитивная карта ситуации, которая представляется в виде взвешенного ориентированного графа. Вершинами графа является множество объектов, участвующих в ситуации (концепты когнитивной карты). Множество дуг графа, соединяющих вершины, отражает взаимосвязь концептов. Вес дуги характеризует силу связи между концептами и может быть как положительным, так и отрицательным и является показателем интенсивности влияния. Концепты когнитивных карт подразделяются на целевые — описывающие целевое состояние системы, и управляющие — являющиеся потенциально возможными рычагами воздействия на изменение целевого состояния системы. В данном случае в качестве целевых концептов рассматриваются возможные риски этапов жизненного цикла программного продукта, а в качестве управляющих концептов — рискообразующие факторы, влияющие на возможное возникновение рисков.

Использование когнитивного моделирования для решения подобного класса задач позволит проводить последовательный анализ причинно-следственных свя-

зей между рисками и рискообразующими факторами, идентифицировать и оценивать влияние рискообразующих факторов на различные ситуации при реализации плановых мероприятий, генерировать возможные варианты решений, планировать упреждающие действия по предотвращению потенциально опасных ситуаций при возникновении новых рискообразующих факторов.

В таком случае постановка задачи принятия решений при реализации плановых мероприятий управления рисками с учетом п. 2.2 может быть представлена в виде следующего кортежа:

$$DU = \langle A, Z^*, U, S \mid \mathbf{P}^g, \mathbf{P}, \Delta\mathbf{P}, U^* \rangle,$$

где $A = \{a_i\}, i = \overline{1, \alpha}$ — риски этапов жизненного цикла программного продукта;

$Z^* = \{z_j\}, j = \overline{1, m^*}$ — значимые рискообразующие факторы, способствующие возникновению каждого из рисков;

$S = \{(p, (f_i), d, (k_i)_j)\}, j = \overline{1, m^*}, i = \overline{1, \alpha}$ — характеристики рискообразующих факторов;

$U = \{\{u_1, u_2, \dots, u_{nj}\}_l^{z_j}\}$ — перечень возможных мероприятий, выполнение которых позволит снизить вероятность наступления рискообразующего фактора z_j .

Требуется определить:

$\mathbf{P}^g = (p_i^g)$ — желаемые значения вероятности проявления рисков, задаваемые в соответствии с критериями риска, принятыми в компании.

$\mathbf{P} = (p_i), i = \overline{1, \alpha}$ — вероятность проявления рисков этапа;

$\Delta\mathbf{P} = (\Delta p_{jl})$ — прогнозное изменение вероятности проявления фактора z_j после выполнения мероприятия u_j ;

$U^* = \{\{u^g\}_k\}, k = 1, 2, \dots$ — множество плановых мероприятий, выполнение которых позволит достичь желаемых значений вероятности наступления риска.

2.4.2 Алгоритм формирования альтернативных планов мероприятий по реагированию на факторы, требующие немедленного реагирования

Дальнейшее изложение материала требует пояснения терминов, использующихся в когнитивном анализе и моделировании.

Описание причинно-следственных связей, отражающих взаимовлияния рисков и рискообразующих факторов сводится к построению ориентированного графа $G(E, W)$ [83], в котором множество вершин E является множеством концептов, а множество дуг W , соединяющих вершины, отражает направление влияния концептов. Вес дуги $w_{ij} = w(e_i, e_j)$, $w_{ij} \in T_w$ характеризует силу связи между концептами. Формально когнитивная карта представляется когнитивной нечеткой матрицей $\mathbf{W} = [w_{ij}]_{n \times n}$, $n = |E|$.

С учетом вышесказанного, алгоритм определения множества плановых мероприятий, выполнение которых позволит достичь желаемых значений вероятности наступления риска может быть представлен в виде следующей последовательности шагов:

Шаг 1. Оценка вероятности рисков проекта. Для оценки вероятности рисков лицо принимающее решение использует качественную шкалу измерения (табл. 2.2), принятую на этапе оценивания рейтинга рискообразующих факторов и соответствующую ей лингвистическую переменную, описанную в п. 2.3. Оценка вероятности рисков основана на результатах этапа оценивания рискообразующих факторов и знаниях и опыте ЛПР, проводящего оценку.

Шаг 2. Оценка возможного снижения вероятности проявления рискообразующих факторов при выполнении мероприятий по реагированию на рискообразующие факторы. На этом шаге ЛПР самостоятельно, либо с привлечением экспертов ставит в соответствие каждому мероприятию из $U = \{u_1, u_2, \dots, u_{nj}\}_{l^{z_j}}$ прогнозные оценки изменения вероятности $\Delta P = (\Delta p_{jl})$ рискообразующего фактора z_j . Для выполнения оценивания используется принятая на этапе оценивания шкала оценки ве-

роятности проявления (табл. 2.2).

Шаг 3. Выбор шкалы оценивания интенсивности взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков. Для измерения интенсивности влияния рисков и рискообразующих факторов друг на друга определяется шкала интенсивности влияния (табл. 2.10).

Таблица 2.10 — Шкала оценивания интенсивности взаимовлияния¹⁰

Качественное значение	Слабая	Средняя	Высокая
Интервал	Менее 0,4	0,3 — 0,7	0,6 — 1

Оценка интенсивности влияния w в терминах нечеткой логики определяется лингвистической переменной $\langle w, T_w, X_w, M_w \rangle$: w — «Оценка интенсивности влияния»; T_w — {«Слабая» (С), «Средняя» (Ср), «Высокая» (В)}; M_w — процедура задания на универсуме $[-1, 1]$ значений лингвистической переменной.

Для лингвистической переменной w множество T_w определено следующим образом:

$$T_w = \{\mu_{\text{HC}}(0, 4; x), \mu_{\text{H}}(0, 3; 0, 4; 0, 5; 0, 7; x), \mu_{\text{OB}}(0, 6; 1; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной w , представлены на рисунке 2.21.

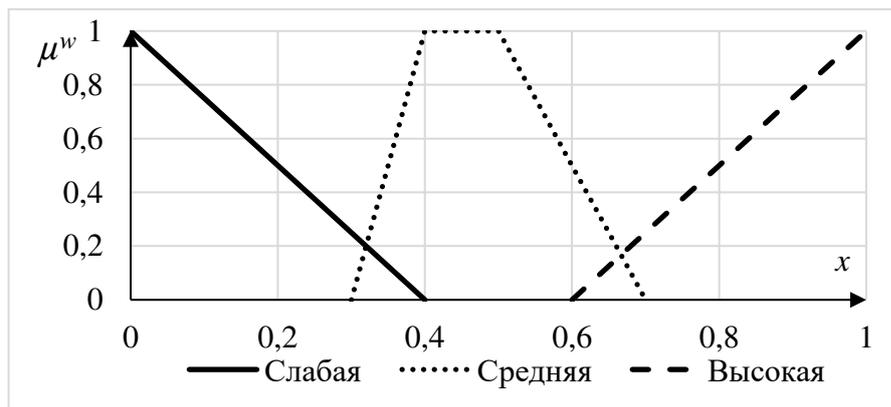


Рисунок 2.21 — Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Интенсивность влияния»

¹⁰ В таблице указаны интервалы для «положительного» влияния рисков и рискообразующих факторов, что в контексте поставленной задачи обозначает, что при увеличении/уменьшении вероятности одного из концептов когнитивной карты предполагается увеличение/уменьшение зависимого от него концепта. Предполагается, что для обозначения интенсивности «отрицательного» влияния концептов используются аналогичные интервалы с соответствующими границами на интервале $[-1; 0]$.

Шаг 4. Построение когнитивной карты взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков. На текущем шаге алгоритма ЛПР строит ориентированный граф $G(E, W)$, во множество вершин E которого включены значащие рискообразующие факторы и риски — $E = A \cup Z^*$, а множество дуг W построенного графа отражает возможные взаимосвязи между факторами $z_i \in E$ и рисками $a_i \in E$. Каждой дуге $w \in W$ построенного графа ЛПР ставит в соответствие нечеткую оценку интенсивности влияния, используя принятую шкалу оценки (табл. 2.10). Формально ЛПР задает нечеткую матрицу $\mathbf{W} = [w_{ij}]_{n \times n}$, $n = |E|$, элементы которой w_{ij} определяют интенсивность влияния i -го концепта на j -ый концепт.

Шаг 5. Определение целевых и управляемых концептов. ЛПР выделяет в построенном ориентированном графе один или несколько рисков $a_i \in E$ в качестве целевого концепта/концептов, и множество рискообразующих факторов $z_i \in E$, влияющих на возможное возникновение риска/рисков в качестве управляющих концептов.

Шаг 6. Определение желаемых значений вероятности рисков и текущего состояния системы. Взаимовлияние концептов, отраженное в $G(E, W)$, позволяет предположить, что, выполнение мероприятий приведет к изменению вероятности управляющих концептов (рискообразующих факторов) и, как следствие, к изменению и вероятности целевых концептов (рисков). Согласно [83] этот процесс определяется по правилу:

$$\mathbf{s}^T(t+1) = \mathbf{s}^T(t) \circ \mathbf{W}, \quad (2.5)$$

где $\mathbf{s}(t)$ — вектор состояний когнитивной карты, $\mathbf{W} = [w_{ij}]_{n \times n}$ когнитивная нечеткая матрица, \circ — операция макстриангулярной композиции [83].

Двойка $\langle \mathbf{s}^T(t), \mathbf{W} \rangle$ называется когнитивной системой.

При разделении вектора состояний когнитивной системы на вектора: управляемых концептов — $\mathbf{uk}(t)$, концептов состояний — $\mathbf{x}(t)$, выходных (целевых) кон-

цептов — $y(t)$ и соответствующем разделении матрицы W на матрицы A — состояния, B — управления и C — выхода, выражение (2.5) может быть представлено как

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(t+1) &= \mathbf{A} \circ \mathbf{x}(t) \vee \mathbf{B} \circ \mathbf{uk}(t) \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C} \circ \mathbf{x}(t) \end{aligned} \quad (2.6)$$

где \vee — операция max.

Если управляющие факторы напрямую воздействуют на целевые концепты, то уравнение, соответствующее выходам примет вид

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C} \circ \mathbf{x}(t) \vee \mathbf{D} \circ \mathbf{uk}(k) \quad (2.7)$$

где D — матрица, связывающая управляющие и целевые концепты.

Система, описанная выражениями (2.6, 2.7), называется *управляемой когнитивной системой* [83].

На текущем шаге ЛПР должен задать значения векторов $\mathbf{x}(t)$ как соответствующие оценки вероятности проявления рискообразующих факторов и вектор \mathbf{P}^g , содержащий желаемые значения вероятностей проявления рисков. Для определения элементов вектора \mathbf{P}^g используются возможные значения вероятностей ранее определенной шкалы (табл. 2.2).

Шаг 7. Определение множества плановых мероприятий, выполнение которых приведет к необходимому снижению уровня риска. Необходимо найти множество непустых векторов решений $UK = \{\mathbf{uk}^q | q > 0\}$, которое обеспечит решение матричного уравнения

$$\mathbf{P}^g = \mathbf{Pm} \circ \mathbf{uk}, \quad (2.8)$$

где $\mathbf{uk} \in UK$, $\mathbf{Pm} = \mathbf{C} \circ \mathbf{A}^* \circ \mathbf{B} \vee \mathbf{D}$ — передаточная матрица, \mathbf{A}^* — транзитивное замыкание матрицы A .

Выражение (2.8) представляет собой нечеткое реляционное уравнение, которое имеет одну верхнюю границу решения и множество нижних решений [83, 89]. Таким образом, задача поддержки принятия решений при планировании мероприятий по реагированию на риски сводится к решению уравнения (2.8) и заключается в

поиске множества векторов управляющих концептов, в данном случае — рискообразующих факторов, планирование реагирования на которые приведет к заданному нечеткому вектору цели, в контексте работы — к желаемым значениям вероятности наступления рисков. Вектора uk полученных альтернативных решений в нашем случае будут содержать рекомендуемые изменения значений вероятностей рискообразующих факторов, достижение уровня которых приведет к желаемому снижению уровня риска, что в свою очередь предполагает включение в план мероприятий по реагированию на рискообразующие факторы мероприятий, выполнение которых приведет к достижению рекомендуемых значений вероятности проявления соответствующего фактора риска — $u_i^{z_i} \cup U^* : \Delta p_{ii} = uk_i$.

Решение задачи может быть сведено к когнитивному моделированию на построенной когнитивной карте, суть которого заключается в последовательном переборе всех возможных альтернативных решений и выборе альтернатив, показывающих наибольшее соответствие полученного решения поставленному вектору целей. Очевидно, что решение задачи в такой интерпретации связано с полным перебором всех возможных вариантов и с высокими временными затратами на получение решения. В данной работе поставленную задачу предлагается решать с помощью алгоритма формирования множества альтернативных решений с использованием математического аппарата нечеткой реляционной алгебры [83, 89, 90].

Для определения условия формирования множества альтернативных решений введем следующие определения нечеткой математики [83].

Нечеткая матрица

$$\mathbf{A} = [a_{ij}]_{n \times m}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m, a_{ij} \in [0, 1].$$

T-норма

Функция $T : [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, такая, что для всех $x, y, z \in [0, 1]$ выполняются условия:

$$T(0, x) = 0;$$

$$T(1, x) = 1;$$

$$T(x, y) = T(y, x);$$

$$T(x, y) \leq T(x, z) \text{ если } y \leq z;$$

$$T(T(x, y), z) = T(x, T(y, z));$$

Макстриангулярная композиция (T-произведение)

$$\mathbf{R} \circ \mathbf{Q} = \left[\bigvee_{j=1}^m r_{ij} T q_{jk} \right]_{n \times l},$$

где $\mathbf{R} = [r_{ij}]_{n \times m}$ и $\mathbf{Q} = [q_{jk}]_{m \times l}$ нечеткие матрицы.

Транзитивное замыкание — \mathbf{A}^* может быть найдено как

$$\mathbf{A}^* = \bigvee_{k=1}^{\infty} \mathbf{A}^k$$

где $\mathbf{A} = [a_{ij}]_{n \times n}$ нечеткая матрица.

Псевдообратная функция

$$f^{(-1)}(y) = \begin{cases} f^{(-1)}(y), & y \in [0, f(0)] \\ 0, & y \in (f(0), \infty) \end{cases}.$$

Операция определения псевдообратного элемента

Элемент c называется псевдообратным элементу a относительно b , если c наибольший элемент со свойствами $a T c \leq b, a, b \in [0, 1]$.

Операция определения псевдообратного элемента обозначается ϕ .

Композиция ϕ нечетких матриц определяется как

$$\mathbf{R} \phi \mathbf{Q} = \left[\bigwedge_{j=1}^m r_{ij} \phi q_{jk} \right]_{n \times l}$$

Вектор $\Phi(a)$ и множество векторов $\Phi(a)$

Пусть дан нечеткий вектор $a = (a_1, a_2, \dots, a_m)^T$.

Множество $\Phi(a)$ векторов $\Phi(a)$ —

$$\Phi(a) = \{\Phi(a)\},$$

где $\boldsymbol{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m)^T$,

$$\exists! i: \varphi_i = a_i, \forall j \neq i \varphi_j = 0; \bigvee_{k=1}^m \boldsymbol{\varphi}(a_k) = a.$$

β -композиция

$$\forall a, b \in [0, 1], a\beta b = \begin{cases} 0, & a < b \\ b, & a \leq b \end{cases}.$$

ε -композиция

$$\forall a, b \in [0, 1], a\varepsilon b = \begin{cases} 0, & a < b \\ f^{(-1)}(f(a) - f(b)), & a \leq b \end{cases}.$$

δ -композиция

$\mathbf{R} = [r_{ij}]_{n \times m}$ — нечеткая матрица, $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ — нечеткий вектор.

$$\mathbf{R}\delta\mathbf{b} = \mathbf{S} = [s_{ij}]_{m \times n}, s_{ij} = \left(\bigwedge_{k=1}^n (r_{ik} \phi b_k) \right) \beta(r_{ij} \varepsilon b_j).$$

Множество решений уравнения (2.8) определяется из условия

$$\bigvee \varphi(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g) \leq \mathbf{uk} \leq \mathbf{Pm}^T \hat{\phi} \mathbf{P}^g, \forall \varphi(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g) \in \Phi(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g),$$

где $\mathbf{Pm}^T \hat{\phi} \mathbf{P}^g$ — верхняя граница решения уравнения (2.8), $\bigvee \varphi(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g)$ —

множество нижних границ уравнения (2.8).

С учетом введенных обозначений алгоритм поиска возможных альтернативных решений может быть представлен в виде следующей последовательности этапов (рис. 2.22).

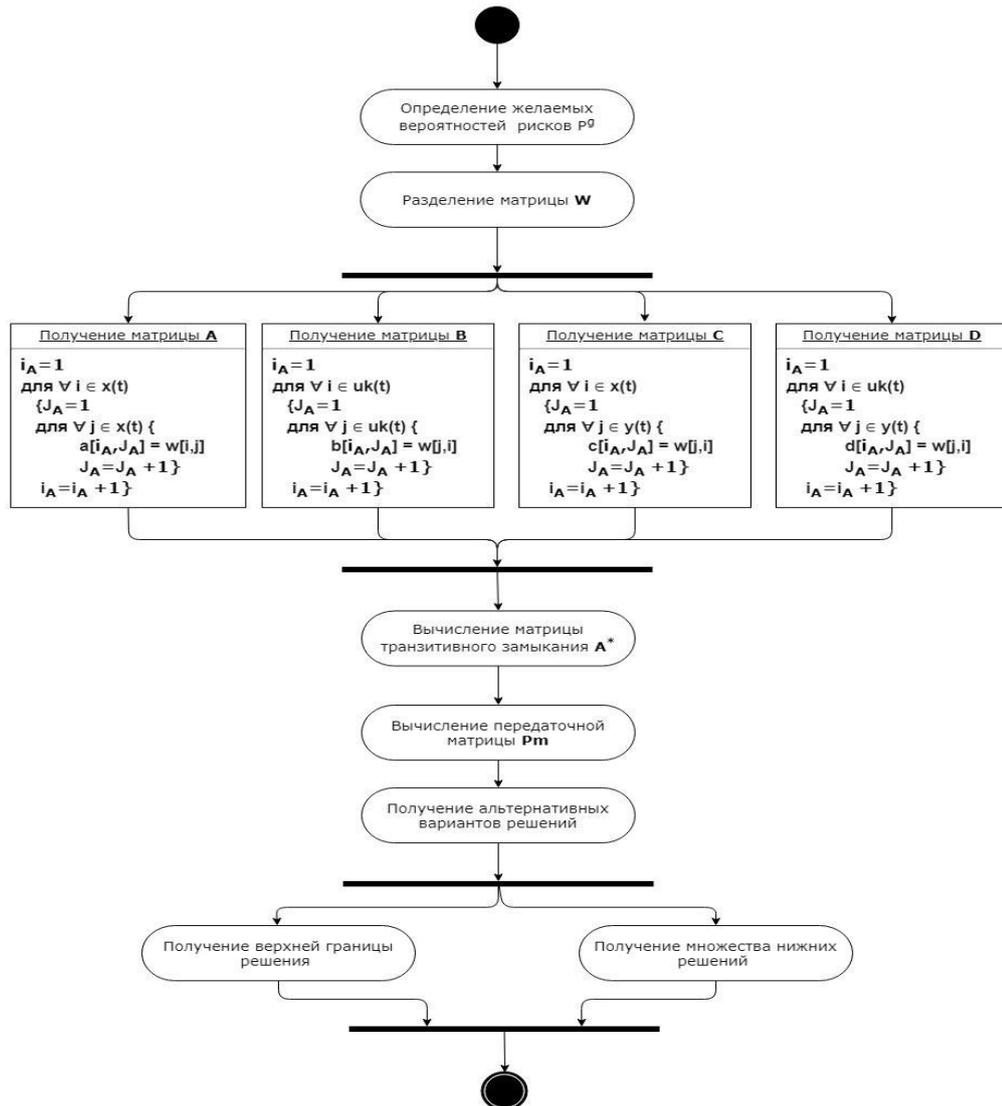


Рисунок 2.22 — Алгоритм поиска возможных альтернативных решений

На первом шаге выполняется определение значений вектора целей \mathbf{P}^g , в рассматриваемом случае вектор целей содержит желаемые значения вероятностей рисков проекта. На втором шаге выполняется разделение матрицы \mathbf{W} и получение матриц \mathbf{A} , \mathbf{C} , \mathbf{B} . На третьем шаге вычисляется матрица транзитивного замыкания \mathbf{A}^* . На четвертом шаге вычисляется передаточная матрица \mathbf{Pm} . На пятом шаге алгоритма вычисляется верхняя граница решения $\mathbf{uk} = \mathbf{Pm}^T \hat{\phi} \mathbf{P}^g$. На заключительном шестом шаге алгоритма вычисляется множество нижних решений $\forall \phi(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g)$.

Выводы по главе 2

1. Предложенный на основании анализа существующих стандартов и методик управления рисками проектов оригинальный комплекс семантических моделей описывает технологию поддержки принятия решений при управлении рисками; показывает место нечетких моделей оценки рискообразующих факторов этапов жизненного цикла программного продукта и реализации плановых мероприятий по реагированию на их проявления в процессе управления рисками; позволяет выделить основные сущности процесса управления рисками, используемые в дальнейшем в качестве основных структурных элементов концептуальной модели программного приложения.

2. Формализованное описание рискообразующих факторов, устанавливающее взаимосвязь между качественными категориями, которыми оперируют ЛПР при оценивании факторов и лингвистическими переменными, с соответствующими нечеткими описаниями положено в основу разработки нечеткой модели расчета рейтинга рискообразующих факторов.

3. Нечеткая модель расчета рейтинга рискообразующих факторов позволяет ЛПР получить числовое выражение рейтинга рискообразующих факторов, основанное на качественных оценках близости наступления и критичности факторов и ранжировать их по степени критичности влияния на цели этапа, выделяя факторы, требующие немедленного реагирования.

4. Нечеткая когнитивная модель выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов позволяет ЛПР рассматривать рискообразующие факторы в динамике, с учетом их возможных взаимосвязей, и тем самым, своевременно контролировать состояние как ранее идентифицированных рискообразующих факторов, так и новых, вносить изменения (корректировки) как в множество значимых факторов, так и в перечень первоначально выделенных мероприятий в контексте текущего этапа ЖЦ ПП.

3 АПРОБАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИКИ, МОДЕЛЕЙ, АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

3.1 Методика и программный продукт поддержки принятия решений при вычислении рейтинга рискообразующих факторов

3.1.1 Общие сведения о программном обеспечении

Полученные в рамках диссертационного исследования результаты легли в основу разработки программного продукта поддержки принятия решений при вычислении рейтинга рискообразующих факторов. Программный продукт (ПП) «Программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики» включает в себя следующие программные модули (рис.3.1):

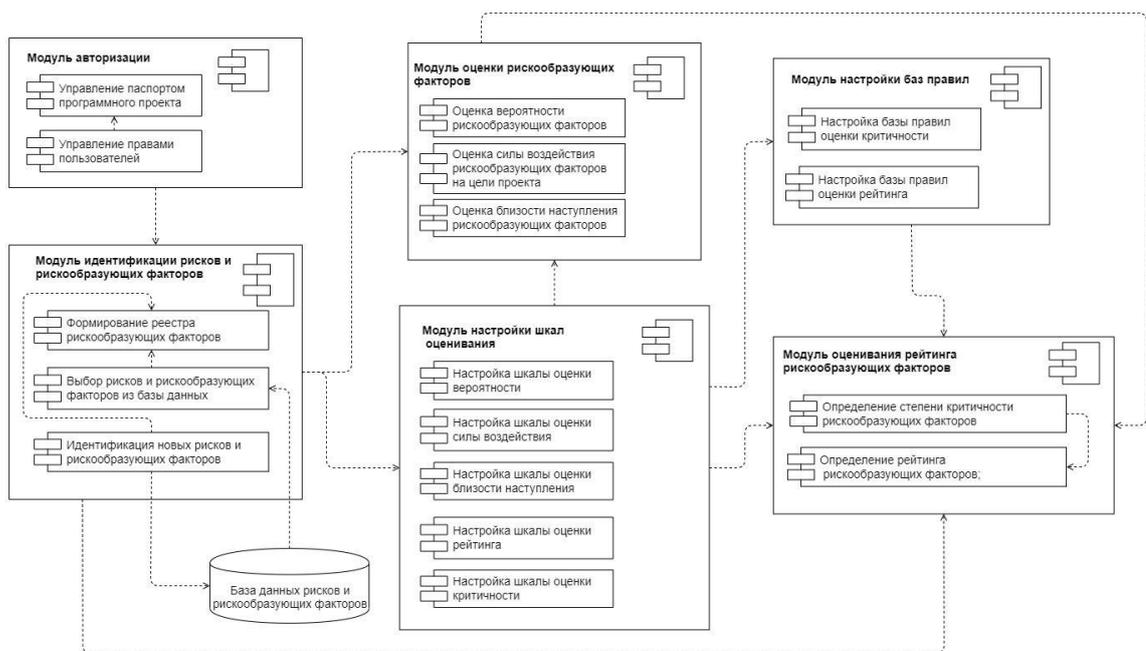


Рисунок 3.1 — Диаграмма компонентов программного комплекса

- 1) модуль авторизации;
- 2) модуль идентификации рисков и рискообразующих факторов проекта;
- 3) модуль настройки шкал оценивания;
- 4) модуль оценки рискообразующих факторов;
- 5) модуль настройки баз правил;

б) модуль вычисления рейтинга рискообразующих факторов.

Перечисленные составляющие программного комплекса обеспечивают информационную поддержку принятия решений при оценке рискообразующих факторов и включают:

- 1) инициализацию программного проекта;
- 2) определение пользователем рисков и рискообразующих факторов программного проекта;
- 3) ведение реестра рискообразующих факторов;
- 4) настройку качественных категорий шкал оценивания характеристик рискообразующих факторов, к которым относятся оценки вероятности проявления, силы воздействия на цели программного проекта, близости наступления, критичности и рейтинга;
- 5) выбор функций принадлежности с соответствующими шкалам оценивания термами;
- 6) динамическое формирование базы правил нечеткого вывода;
- 7) возможность оценки характеристик рискообразующих факторов;
- 8) определение оценки степени критичности рискообразующих факторов;
- 9) определение оценки рейтинга рискообразующих факторов.

Программный комплекс выполнен на языке C# в виде десктопного приложения и зарегистрирован в Реестре программ для ЭВМ (свидетельство № 2017664236 от 19.12.2017 г.). ERD-модель приложения представлена в приложении Б. Сравнительный анализ разработанного программного продукта с продуктами-аналогами, доступными по ценовой политике для IT-компаний малого бизнеса приведен в приложении В.

3.1.2. Методика формализованного описания и вычисления рейтинга рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики

На основании описанной в разделе 2.1 семантической модели управления рисками и предлагаемого в разделе 2.3 алгоритма определения рейтинга рискообразующих факторов можно выделить двух актёров, взаимодействующих с ПП: 1) менеджера проекта, 2) риск-менеджера (рис. 3.2).

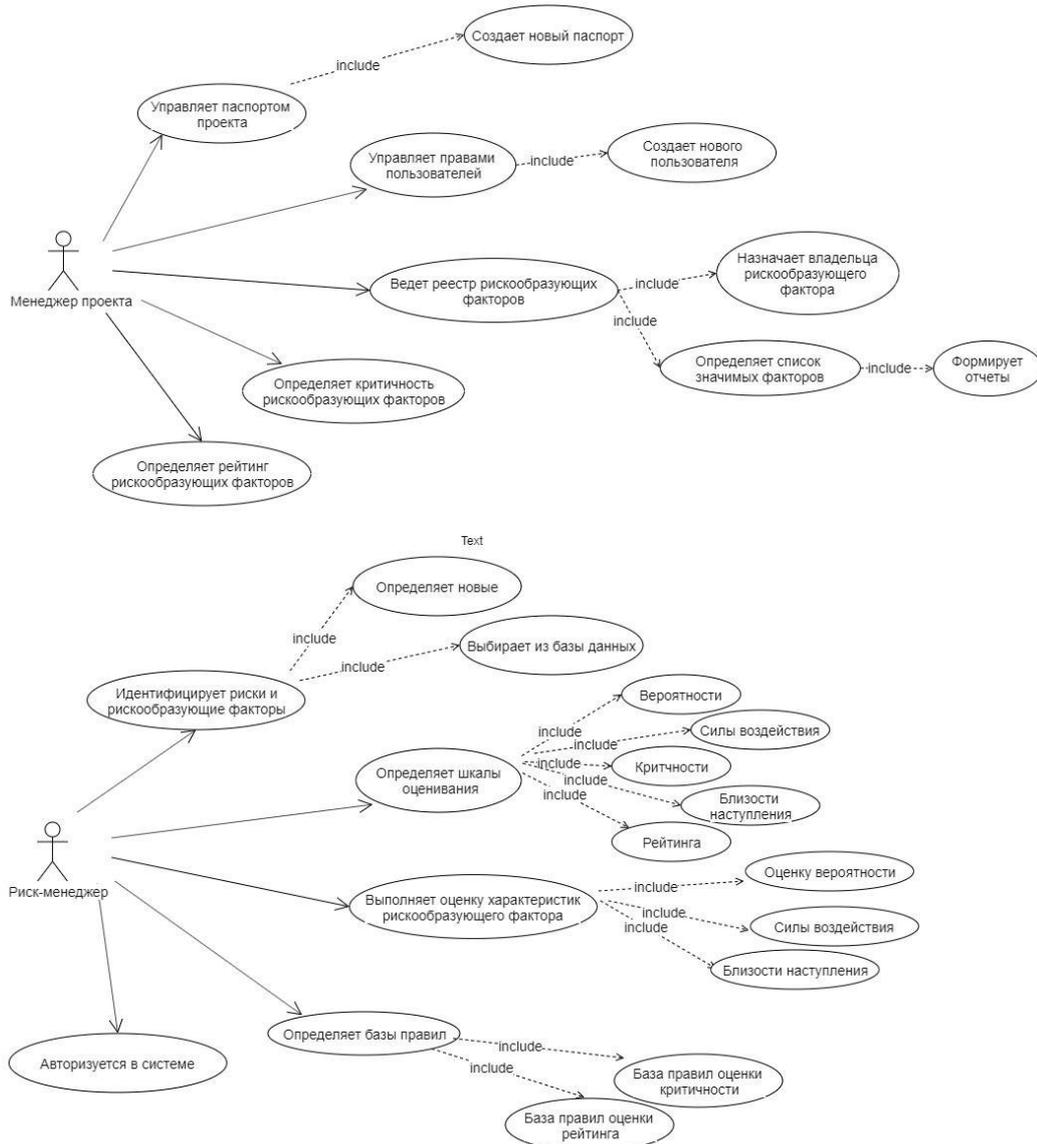


Рисунок 3.2 — Диаграмма прецедентов

Роль *менеджера проекта* может выполнять руководитель малой ИТ-компании, а роль *риск-менеджера* внешний — специалист-эксперт, владеющий

знаниями по управлению рисками. В соответствии с ролями, представленными на диаграмме прецедентов (рис. 3.2), методику использования ПП актерами можно представить в виде диаграммы последовательности (рис. 3.3):

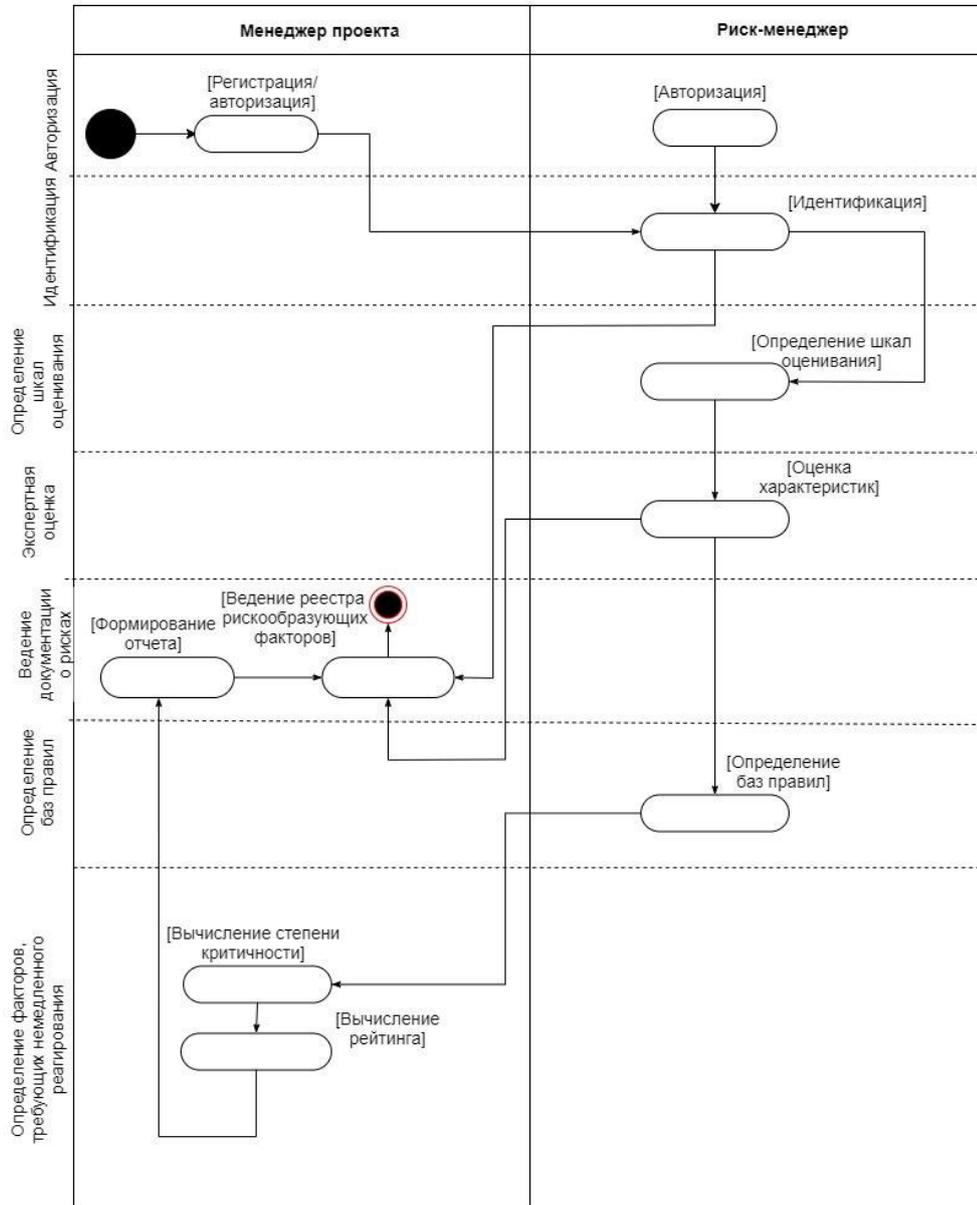


Рисунок 3.3 — Диаграмма последовательности

Деятельность менеджера проекта на этапе авторизации/регистрации графически представляется диаграммой деятельности, представленной на рисунке 3.4.

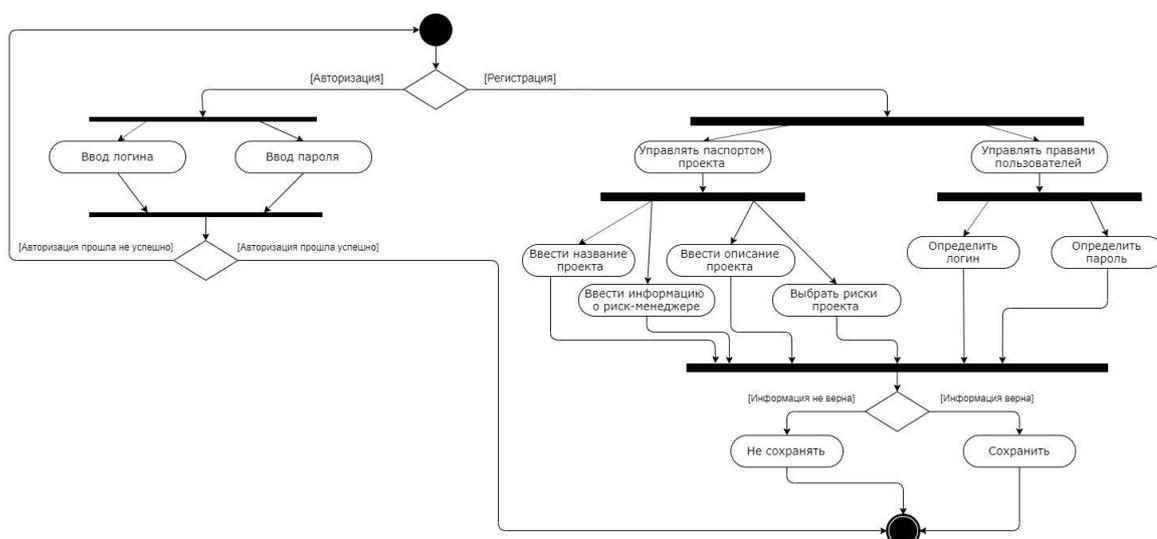


Рисунок 3.4 — Диаграмма деятельности риск-менеджера проекта на этапе авторизации/регистрации в ПП

В начале работы с ПП «Программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики» менеджер проекта может выбрать процесс регистрации либо процесс авторизации в системе (рис. 3.5).

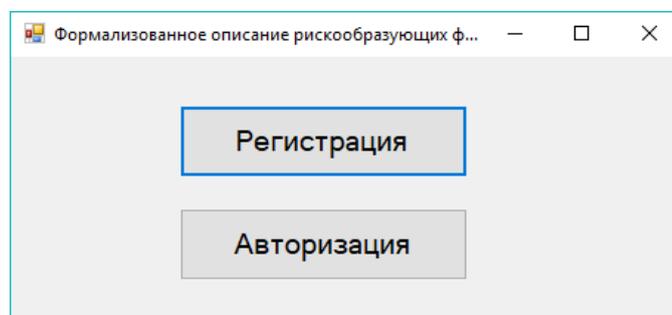


Рисунок 3.5 — Форма начала работы приложения

Процесс регистрации заключается в заполнении общей информации о проекте. Модуль регистрации ПП дает возможность формирования паспорта программного проекта, который содержит название проекта, описание проекта, информацию о менеджере проекта, информацию о риск-менеджере проекта, возможные риски проекта и данные, необходимые для дальнейшей авторизации в приложении, содержащие логин и пароль для входа.

На рисунке 3.6 представлена форма ввода модуля регистрации.

Формализованное описание рискообразующих факторов /Регистрация

Проект*

Менеджер проекта*

Логин*

Пароль*

Повторите пароль*

Риски проекта **Риск-менеджер проекта**

Бюджет

Сроки

Функционал

Качество

Описание проекта

Опишите проект

Рисунок 3.6 — Регистрация программного проекта

Название и описание проекта вводятся в свободной форме. При регистрации менеджер проекта может выбрать предлагаемые риски проекта либо добавить риски, специфичные для регистрируемого проекта. Имя, данное риск-менеджеру, в дальнейшем будет использоваться в качестве его логина.

При выполнении авторизации менеджера проекта рекомендуется ввести логин и пароль, при успешном выполнении входа становится доступным его индивидуальный профиль. Форма профиля менеджера проекта представлена на рисунке 3.7, функционал формы реализует прецеденты «управлять паспортом проекта» и «управлять правами пользователей».

Формализованное описание рискообразующих факторов

Профиль пользователя | **Профиль проекта** | Идентификация | Настройка шкал | Функции принадлежности | Экспертная оценка | Настройка баз правил | Оценка рейтинга | Реестр факторов

Учетные данные

Менеджер проекта

Проекты

Риск-менеджер

Логин

Рисунок 3.7 — Окно профиля менеджера проекта

К функционалу прецедента «Управлять паспортом проекта» относятся и функциональные возможности формы «Профиль проекта» (рис. 3.8).

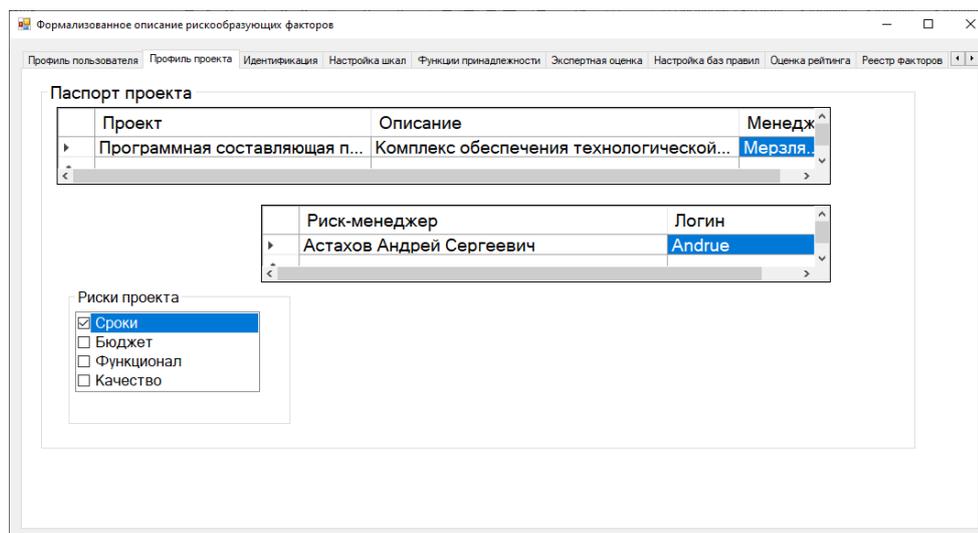


Рисунок 3.8 — Окно профиля проекта

Менеджер проекта может редактировать данные об активном проекте, о риск-менеджерах, о рисках проекта.

Профиль пользователя с ролью «риск-менеджер» (рис. 3.9) содержит личную информацию о риск-менеджере, дает возможность изменить пароль.

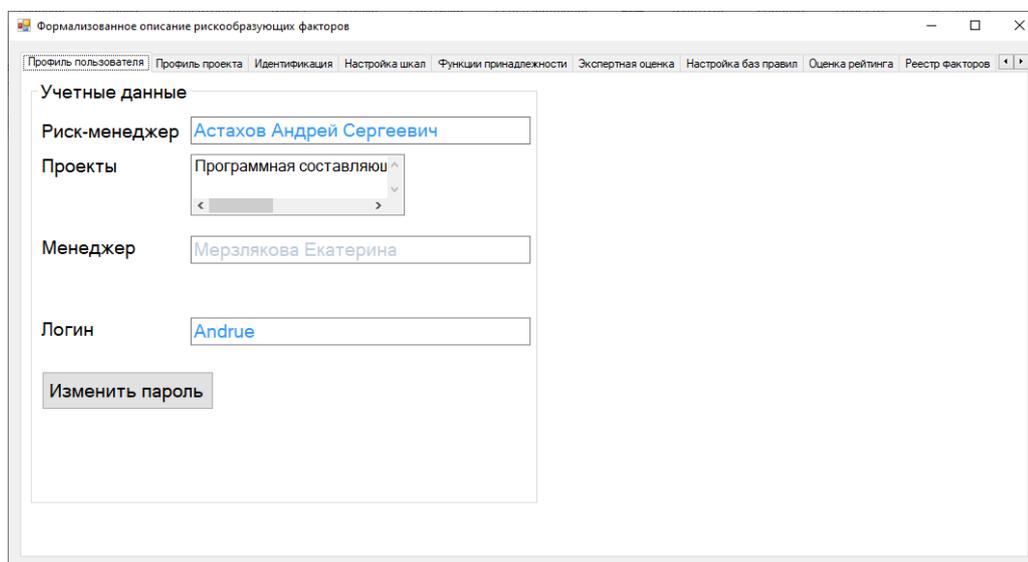


Рисунок 3.9 — Окно профиля риск-менеджера

Этапы идентификации и анализа рискообразующих факторов реализуются в ПП риск-менеджером проекта. Графическое представление деятельности риск-

менеджера на этапе идентификации в виде диаграммы последовательности показано на рисунке 3.10.

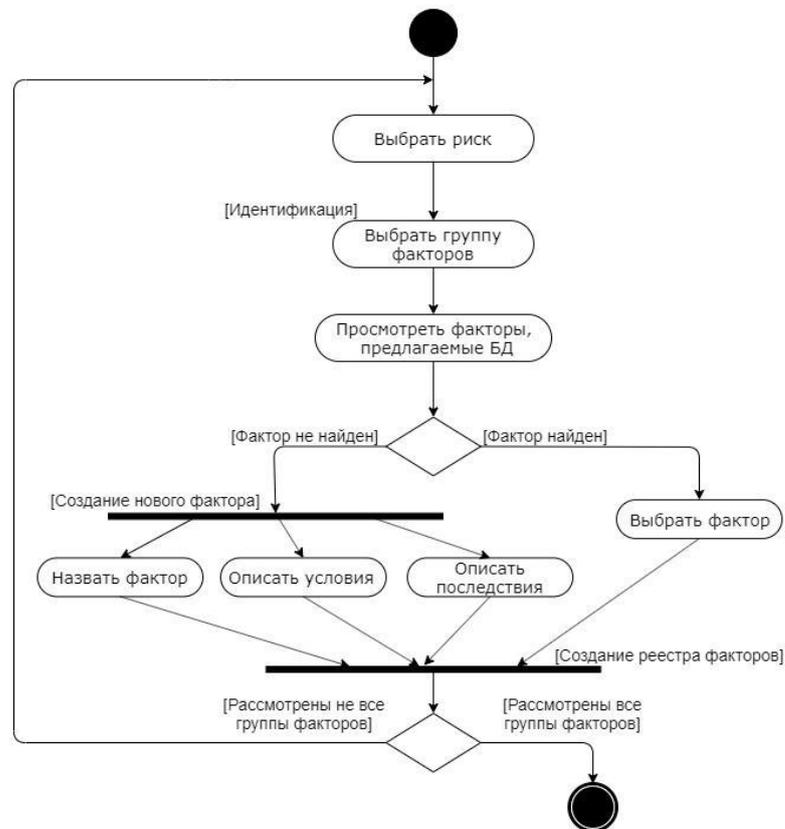


Рисунок 3.10 — Диаграмма последовательности действий актера «риск-менеджер» на этапе идентификации

При работе с модулем идентификации рисков и рискообразующих факторов риск-менеджер проекта редактирует, если это необходимо, возможные риски, формирует список рискообразующих факторов проекта, используя собственные знания и опыт управления рисками. Выбранная группа факторов определяет список возможных рискообразующих факторов. Риск-менеджер может выбрать фактор из списка либо предложить фактор риска, основываясь на собственных знаниях управления рисками прошлых проектов. Описание фактора состоит из названия фактора, описания условий возникновения и возможных последствий проявления фактора. Вид экранной формы модуля инициализации рискообразующих факторов представлен на рисунке 3.11.

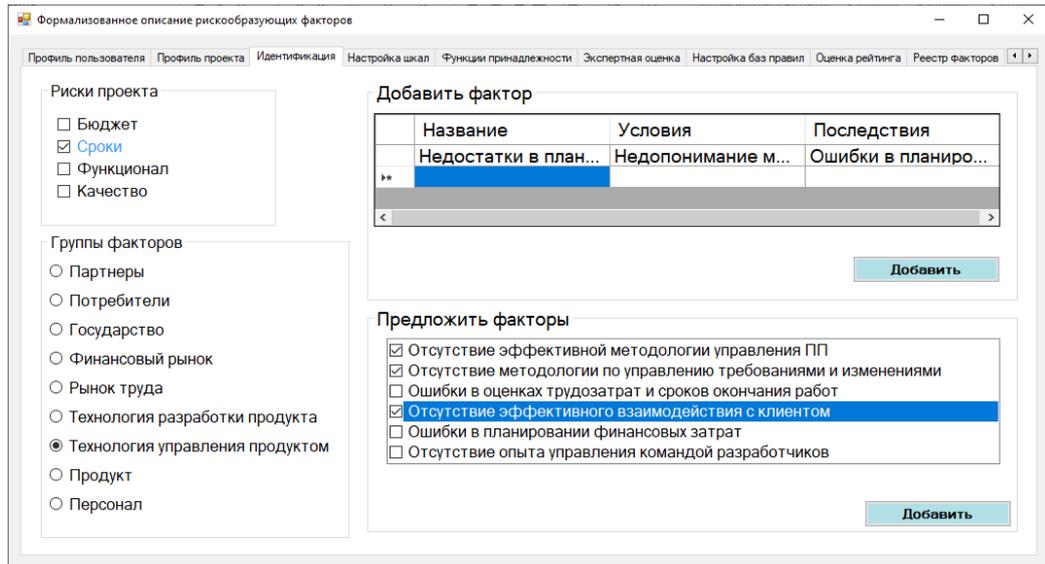


Рисунок 3.11 — Идентификация рискообразующих факторов

Функционал модуля позволяет просмотреть и откорректировать сформированный список рискообразующих факторов (рисунок 3.12).

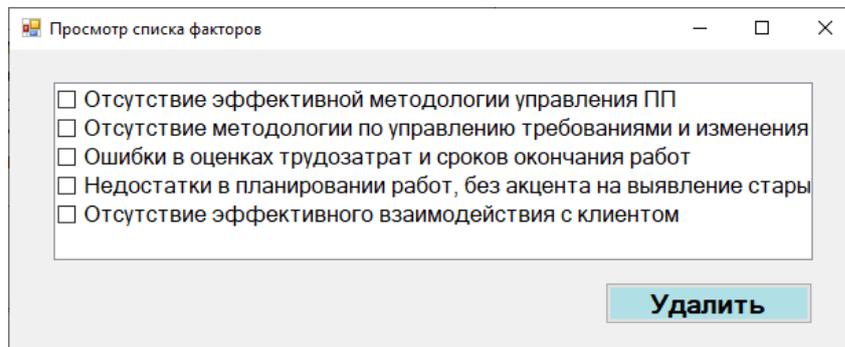


Рисунок 3.12 — Окно просмотра выбранных факторов

После этапа идентификации рискообразующих факторов следует этап анализа выявленных рискообразующих факторов (рис. 2.6), включающий в себя определение правил оценивания характеристик рискообразующих факторов, оценку характеристик и оценивание рейтинга факторов с целью выявления значимых рискообразующих факторов. Диаграмма последовательности действий

риск-менеджера на данном этапе представлена на рис. 3.13.

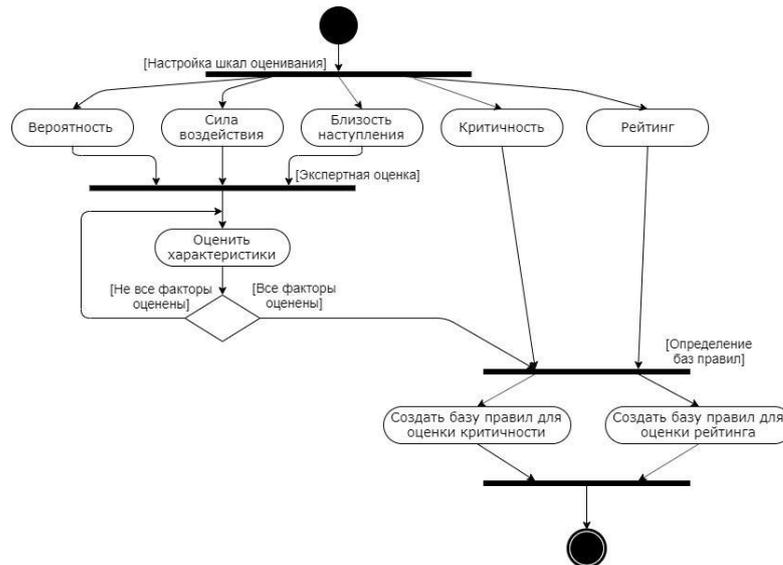


Рисунок 3.13 — Диаграмма последовательности действий актера «риск-менеджер» на этапе анализа

Программное приложение предоставляет возможность сформировать новую шкалу оценки характеристик рискообразующих факторов, отвечающую требованиям ЛПР. На рисунке 3.14 представлена форма приложения, воспользовавшись которой, ЛПР может либо принять стандартную шкалу оценки, либо определить свои собственные категории оценивания вероятности проявления фактора, силы воздействия фактора на риски проекта, оценку критичности фактора, предположительное время проявления фактора и оценку рейтинга фактора.

Категория	Начало	Конец
Низкая	0	0,2
Средняя	0,2	0,6
✓ Высокая	0,6	0,1]
*		

Сохранить

Рисунок 3.14 — Форма настройки категорий шкалы оценивания

Помимо формирования списка качественных категорий оценки приложение позволяет определить вид функции принадлежности для каждой из градаций созданной шкалы. ЛПР может выбрать один из трех видов функции принадлежности и интервал числовых значений, соответствующий максимальной степени уверенности эксперта в данной им оценке.

После определения шкал оценивания характеристик рискообразующих факторов и соответствующих им функций принадлежности риск-менеджер может оценивать вероятности проявления каждого рискообразующего фактора, силы воздействия фактора на риски проекта и охарактеризовать предполагаемое время проявления фактора (рис. 3.15).

Рисунок 3.15 — Форма оценивания характеристик рискообразующего фактора

Выбор факторов реализован в виде выпадающего списка, значения оценок вероятности проявления, близости наступления и силы воздействия выбранного фактора на риски проекта выбираются в соответствии с выбранной шкалой оценки. Степень уверенности в данной оценке определяется в интервале от нуля до единицы.

После оценивания характеристик рискообразующих факторов ЛПР может перейти к формированию баз правил вычисления степени критичности факторов и рейтинга рискообразующих факторов, в соответствии с выбранной шкалой оценки вероятности проявления фактора и силы его воздействия на риски проек-

та. Сформированные базы правил будут использованы менеджером проекта в нечетком выводе оценок степени критичности факторов и рейтинга факторов. На рис. 3.16 приведена форма настройки базы правил определения степени критичности фактора.

		Вероятность		
		Низкая	Средняя	Высокая
Сила воздействия	Слабая	Низкая	Низкая	Средняя
	Средняя	Низкая	Средняя	Высокая
	Сильная	Средняя	Высокая	Низкая Средняя Высокая Катастрофическая

Рисунок 3.16 — Настройка базы правил оценивания степени критичности

База правил оценивания рейтинга рискообразующего фактора формируется аналогичным способом, правила оценки рейтинга строятся в соответствии с выбранными шкалами оценивания степени критичности и близости возможного проявления фактора.

На следующем этапе менеджер проекта может определить степени критичности рискообразующих факторов и их рейтинг. Оценки степени критичности и рейтинга рискообразующих факторов вычисляются с использованием алгоритма нечеткого вывода Мамдани [80]. Вычисленные оценки рейтинга являются основанием для отбора факторов, требующих немедленного реагирования. Диаграмма последовательности действий риск-менеджера проекта на этапе анализа рискообразующих факторов приведена на рис. 3.17.

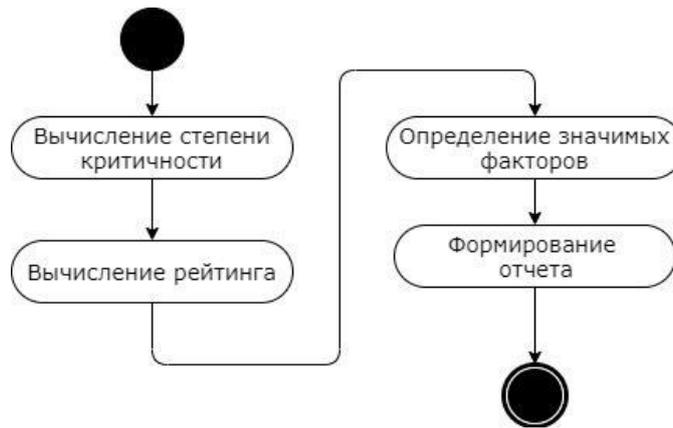


Рисунок 3.17 — Диаграмма последовательности действий актера «менеджер проекта»

Процесс вычисления степени критичности фактора запускается на форме, представленной на рисунке 3.18. Функционал формы становится доступным после выполнения процедуры оценки характеристик рискообразующих факторов (рис. 3.15) и настройки соответствующей базы правил (рис. 3.16).

Фактор	Вероятность	Сила воздействия на сроки	Близость наступления	Критичность фактора (сроки)
Отсутствие эффективной методологии управления ПП	Высокая	Критичная	Очень скоро	Высокая
Отсутствие методологии по управлению требованиями и изменениями	Очень высокая	Катастрофичес...	Очень скоро	Очень высокая
Ошибки в оценках трудозатрат и сроков окончания работ	Очень высокая	Катастрофичес...	Скоро	Очень высокая
Недостатки в планировании работ, без акцента на выявление старых и за...	Высокая	Критичная	Очень скоро	Высокая
✓ Отсутствие эффективного взаимодействия с клиентом	Очень высокая	Катастрофичес...	Очень скоро	Очень высокая

Рисунок 3.18 — Форма модуля определения оценки степени критичности факторов

Используя форму модуля вычисления рейтинга рискообразующих факторов (рис. 3.19) менеджер проекта может вычислить рейтинг идентифицированных рискообразующих факторов с последующим отображением их на экране.

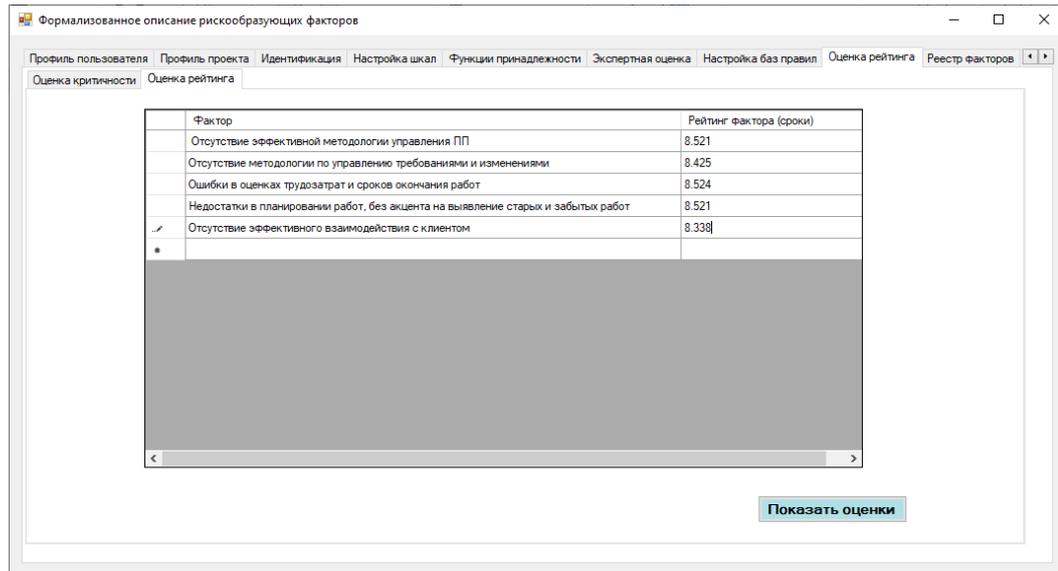


Рисунок 3.19 — Форма модуля определения рейтинга факторов

После вычисления рейтинга факторов менеджер проекта может определить факторы, требующие немедленного реагирования, перейдя к вкладке «Значимые факторы» (рис. 3.20).

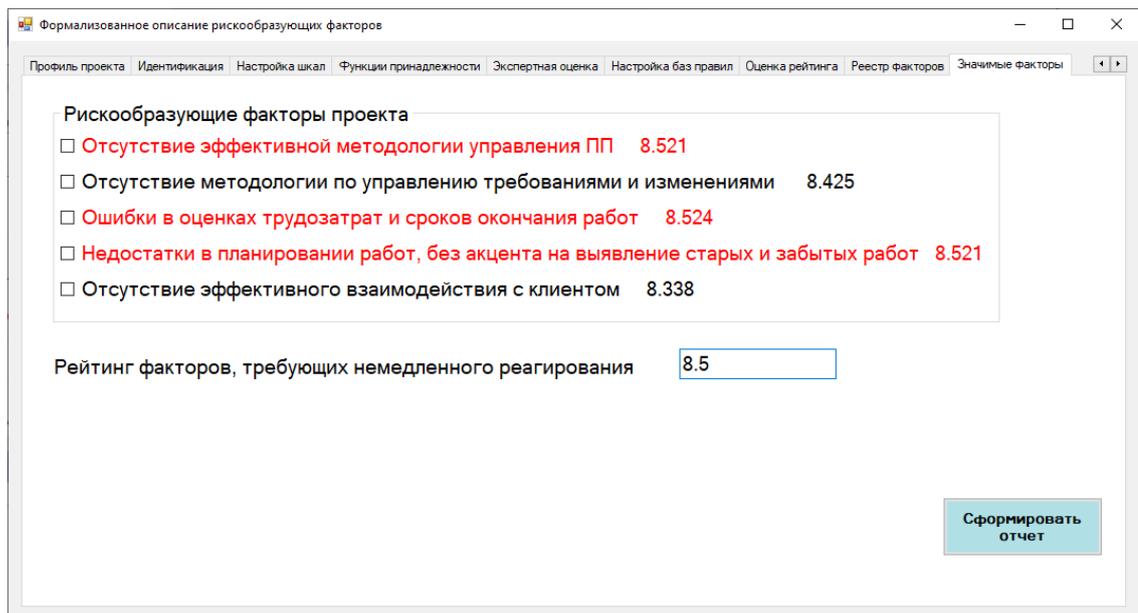


Рисунок 3.20 — Форма определения значимых рискообразующих факторов и формирования отчета

Менеджер проекта задает минимальную границу рейтинга в соответствующем поле формы. Все факторы, оценка рейтинга которых равна или превышает указанную границу, автоматически включаются в группу факторов немедленного реагирования и выделяются цветом.

Результаты идентификации рискообразующих факторов и рисков, анализа и оценки факторов риска, оценивания степени критичности и рейтинга факторов сохраняются в реестре рискообразующих факторов и доступны на соответствующей вкладке ПП (рис. 3.21).

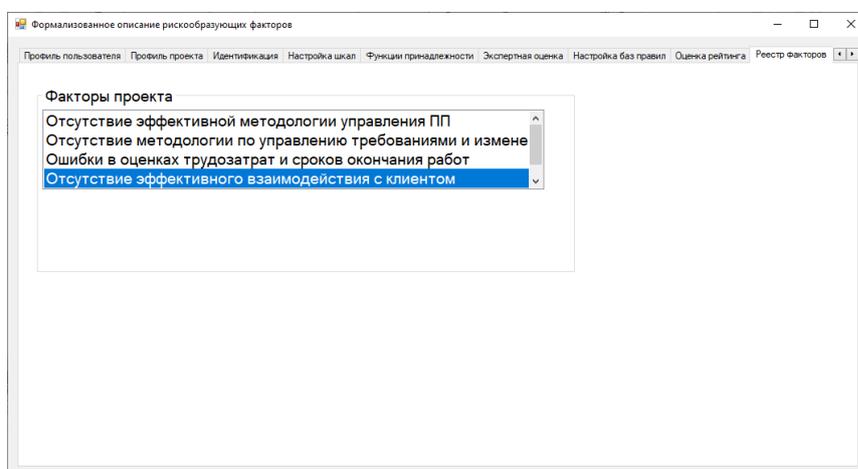


Рисунок 3.21 — Форма ведения реестра рискообразующих факторов

Выбрав соответствующий рискообразующий фактор из выпадающего списка можно получить информацию о его текущем состоянии (рис. 3.22).

Проект	Программная составляющая программно-аппаратного комплекса		
Менеджер	Мерзлякова Екатерина		
Риск-менеджер	Астахов Андрей Сергеевич		
Описание	Недостатки в планировании работ, без акцента на выявление старых и забытых работ		
Условия	Отсутствие представления четкого плана работ по проекту		
Последствия	Ошибки в планировании работ по проекту		
Вероятность	Высокая	Сила воздействия	Критичная
Близость наступления	Очень скоро	Рейтинг	8.521
Владелец	Не назначен		
<input checked="" type="checkbox"/> Значимый фактор			

Рисунок 3.22 — Профиль рискообразующего фактора

После выхода из программного приложения результаты идентификации и анализа сохраняются в файлах формата *.csv и связываются с профилем проекта.

При повторной работе в приложении с ранее инициализированным проектом вся указанная информация доступна для обработки и дополнительного исследования.

3.2 Апробация предложенных моделей

3.2.1 Апробация предложенной модели на примере оценки рейтинга рискообразующих факторов при заключении контракта по оказанию услуги на адаптацию и внедрение программного продукта

Лаборатория ТУСУРа «Центр веб-технологий и информационных ресурсов» (ЦВТиИР) оказывает услуги по адаптации и внедрению сервиса электронного расписания.

Основными этапами жизненного цикла предоставления услуги являются: информационное обследование бизнес-процессов организации-заказчика, принятие решения о реорганизации бизнес-процессов организации-заказчика и/или доработки базового функционала ПП; разработка концептуальной модели информационной системы и архитектуры ПП; адаптация функционала ПП с существующими у заказчика программными системами; опытная эксплуатация ПП, включая доработку технической документации и обучение пользователей; внедрение ПП.

Успешное проведение этих работ связано с рядом проблем, основными из которых являются:

– представители организации-заказчика принимают решение о приобретении ПП либо основываясь на опыте внедрения данного ПП на других предприятиях, либо на основе рекламных материалов и презентаций компании-исполнителя (разработчика или посредника), по которым не всегда можно оценить предлагаемый функционал ПП и качество сервисов по его адаптации и развитию;

– в свою очередь, представители компании-исполнителя слабо представляют особенности организации бизнес-процессов у организации-заказчика, а имеющийся у них опыт внедрения на других предприятиях ввиду различия организации бизнес-процессов не всегда подходит. Кроме того, имеет место неоднозначное понимание

функционала ПП и требований к нему со стороны сотрудников организаций;

– объемы и содержание работ по доработке функционала ПП во многом зависят от качества сервисов по адаптации и развитию функционала базовой конфигурации ПП и на стадии заключения контракта не поддаются точной оценке.

Перед заключением контракта было принято решение оценить возможные риски и рискообразующие факторы, которые могут возникнуть при предоставлении такой услуги. При оценке рейтинга с использованием ПП руководитель лаборатории, как лицо принимающее решение, исполнял роли менеджера проекта и риск-менеджера.

Идентификация рисков и рискообразующих факторов

В данном случае с учетом введенного ранее понятия «риска» под риском при адаптации и внедрении ПП будем понимать событие или явление, которое может возникнуть в процессе выполнения условий контракта, прописанных в конкурсной документации и негативно повлиять на его завершение. При этом следует ожидать три варианта негативных событий (три типа рисков) при выполнении контракта: 1) срыв плановых сроков исполнения контракта; 2) превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем; 3) критические отклонения при реализации функциональных и нефункциональных требований (требований к качеству) к ПП изложенных в конкурсной документации.

В таблице 3.1 представлено описание множества рискообразующих факторов, которые, по мнению ЛПР, могут возникнуть при заключении контракта.

Таблица 3.1 – Описание рискообразующих факторов

Фактор	Условия возникновения	Последствия	Воздействие на цели
Государство и рынок			
Изменение разработчиком поставляемых версий ПП в период реализации проекта (z1)	Изменение нормативно-правового регулирования бизнес-процессов. Развитие функционала по итогам рекомендаций пользователей ПП.	Слабый уровень владения сотрудниками, реализующими внедрение, новой версией ПП. Дополнительный объем работ по адаптации нового функционала ПП.	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем.
Потребители			
Отсутствие четкой формулировки и полноты требований, прописанных в конкурсной документации (z2).	Отсутствие опыта и/ или Низкая квалификация сотрудников заказчика, готовивших конкурсную документацию.	Несоответствие характеристик качества ПП требованиям контракта. Несоответствие реализованного функционала ПП требованиям заказчика. Дополнительный объем работ команды разработки по доработке ПП.	Критические отклонения при реализации функциональных и нефункциональных требований (требований к качеству) к ПП изложенных в конкурсной документации.
Изменение требований к ПП со стороны заказчика в процессе реализации контракта(z3).	Изменение нормативно-правового регулирования бизнес-процессов. Низкий уровень квалификации сотрудников заказчика по информационным технологиям. Отсутствие четко регламентированных прав и обязанностей сторон, прописанных в контракте.	Дополнительный объем работ команды разработки по доработке ПП.	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем.

Продолжение таблицы 3.1

Фактор	Условия возникновения	Последствия	Воздействие на цели
Изменение требований к ПП со стороны заказчика в процессе реализации контракта(z3).	Изменение нормативно-правового регулирования бизнес-процессов. Низкий уровень квалификации сотрудников заказчика по информационным технологиям. Отсутствие четко регламентированных прав и обязанностей сторон, прописанных в контракте.	Дополнительный объем работ команды разработки по доработке ПП.	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем.
Незаинтересованность пользователей во внедрении ПП (z4).	Отсутствие у пользователей мотивации по внедрению ПП. Слабое влияние ПП на совершенствование бизнес-процессов. Несоответствие реализованного функционала ПП бизнес-процессам.	Активное или пассивное сопротивление сотрудников заказчика. Невозможность внедрения ПП. Дополнительный объем работ команды разработки по доработке ПП	Срыв плановых сроков исполнения контракта.
Незаинтересованность пользователей в обучении по использованию ПП (z5).	Отсутствие у пользователей мотивации по внедрению ПП. Загруженность пользователей по основной работе.	Временное увеличение нагрузки пользователей. Саботаж сотрудников заказчика. Формальное отношение пользователей к внедрению ПП.	Срыв плановых сроков исполнения контракта.

Продолжение таблицы 3.1

Фактор	Условия возникновения	Последствия	Воздействие на цели
Незаинтересованность руководства во внедрении ПП (z6).	Несоответствие функционала ПП требованиям заказчика. Консерватизм руководителей. Слабое влияние результатов внедрения ПП на эффективность бизнеса. Отсутствие или недостаточный уровень рекламы ПП. Неправильные действия менеджера проекта по вовлечению в проект руководителей	Формальное участие представителей заказчика в реализации проекта. Саботаж отдельных сотрудников. Отказ от проекта.	Срыв плановых сроков исполнения контракта.
Технология управления разработкой			
Недостаточный опыт менеджера проекта в оценках трудоемкости и сроков работ по проекту (z7).	Недостаточность или отсутствие опыта менеджера проекта в оценках трудоемкости и сроков работ. Отсутствие четкой формулировки и полноты требований со стороны заказчика.	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта. Дополнительный объем работ сотрудников команды разработки.	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем.
Слабая организация планирования и контроля хода выполнения проекта и его отдельных этапов (z8).	Ошибки в оценке сроков и объемов работ по проекту, определяемых заказчиком. Недостаточный опыт менеджера проекта.	Неравномерное распределение нагрузки на сотрудников лаборатории. Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта.	Срыв плановых сроков исполнения контракта.

Окончание таблицы 3.1

Фактор	Условия возникновения	Последствия	Воздействие на цели
Продукт			
Несоответствие базовых функциональных характеристик ПП потребностям пользователей (z9).	Некорректная постановка задачи заказчиком. Неверная интерпретация исполнителем требований заказчика. Отсутствие промежуточных точек контроля хода выполнения проекта. Слабые знания исполнителями проекта особенностей бизнес-процессов	Дополнительные работы по изменению типовой конфигурации.	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем.
Команда проекта			
Нестабильность команды проекта (z10).	Межличностные конфликты между членами команды. Неудовлетворительные условия труда. Низкая мотивация членов команды.	Временное увеличение нагрузки на сотрудников лаборатории. Привлечение к работам по проекту сторонних специалистов.	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем. Критические отклонения при реализации нефункциональных требований, (требований к качеству) к ПП изложенных в конкурсной документации.
Низкий уровень взаимозаменяемости в команде проекта (z11).	Нестабильная кадровая ситуация в лаборатории. Недостаточное количество членов команды разработки. Разный уровень квалификации членов команды разработки.	Дополнительные затраты времени и денежных средств на дополнительное обучение членов команды.	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем.

Выделение значимых рискообразующих факторов

Шаг 1. Выбор шкал оценивания характеристик рискообразующих факторов. В качестве шкал оценивания были выбраны шкалы, представленные в таблицах 2.3, 2.5, 2.7, 2.8. Оценка вероятности рискообразующих факторов и их силы воздействия на цели этапа представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Качественное описание рискообразующих факторов

Фактор	Вероятность	Воздействие		
		Сроки	Бюджет	Функционал/Качество
z1	Высокая	Незначительное	Незначительное	-
z2	Умеренная	-	-	Высокое / Высокое
z3	Высокая	Критичное	Незначительное	-
z4	Умеренная	Критичное	-	-
z5	Умеренная	Критичное	-	-
z6	Низкая	Критичное	-	-
z7	Низкая	Критичное	Критичное	-
z8	Высокая	Критичное	-	-
z9	Умеренная	Умеренное	Умеренное	-
z10	Умеренная	Незначительное	Незначительное	Незначительное
z11	Умеренная	Незначительное	Незначительное	-

Шаг 2. Формирование базы правил определения оценки критичности. База правил, определяющая логику вычисления уровня критичности рискообразующего фактора, задается таблицей 2.9. База содержит 25 правил ЕСЛИ ... ТО ... Антецедентами правил являются конъюнкции оценок вероятности проявления фактора и силы воздействия на конкретную цель проекта. Ниже приведены примеры правил:

Если вероятность проявления рискообразующего фактора *очень высокая* и сила воздействия фактора на бюджет¹¹ проекта *критичная*, то оценка критичности фактора — *очень высокая*.

Если вероятность проявления рискообразующего фактора *низкая* и сила воздействия фактора на бюджет проекта *незначительная*, то оценка критично-

¹¹ Сроки/функционал/качество

сти фактора — *несущественная*.

Шаг 3. Определение базы правил вычисления оценки рейтинга. База правил, определяющая логику вычисления рейтинга рискообразующего фактора, задается таблицей 2.10. База содержит 18 правил ЕСЛИ ... ТО ... В этом случае antecedентами правил являются конъюнкции оценок уровня критичности фактора и оценки времени его наступления — близости наступления фактора. Ниже приведены примеры правил:

Если критичность рискообразующего фактора для бюджета¹² *умеренная* и близость наступления фактора — *очень скоро*, то рейтинг фактора — *высокий*.

Если критичность рискообразующего фактора для бюджета *несущественная* и близость наступления фактора — *не очень скоро*, то рейтинг фактора — *низкий*.

Шаг 4. Определение критичности рискообразующих факторов. Для вычисления оценок критичности рискообразующих факторов по бюджету, срокам, функциональным и не функциональным требованиям использовался алгоритм Мамдани [80]. Логический вывод алгоритма основывался на базе правил, сформированной на шаге 2.

Руководитель лаборатории, основываясь на собственном опыте управления рисками подобных программных проектов, исключил из рассмотрения рискообразующие факторы, оценка критичности которых была определена как «Несущественная».

Результаты вычислений и оценки близости наступления, данные экспертами, сведены в таблицу 3.3.

¹² Сроков или функционала/качества программного продукта

Таблица 3.3 – Значимые факторы

Цель	Значимые факторы		
	Фактор	Критичность	Близость наступления
Сроки	z3	Высокая	Очень скоро
	z4	Средняя	Очень нескоро
	z5	Средняя	Очень нескоро
	z6	Умеренная	Очень скоро
	z7	Умеренная	Очень скоро
	z8	Высокая	Очень скоро
	Бюджет	z7	Умеренная
Функционал/ Качество	z2	Невысокая	Очень скоро

Шаг 5. Определение рейтинга рискообразующих факторов. Для вычисления рейтинга рискообразующих факторов по бюджету, срокам, функционалу/качеству, также как и на предыдущем шаге использовался алгоритм Мамдани, логический вывод которого основан на базе правил, определенной на шаге 3. Результаты вычислений рейтинга рискообразующих факторов представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Рейтинг факторов

Цель	Значимые факторы	
	Фактор	Рейтинг
Сроки	z3	Очень высокий (8,641)
	z4	Средний (3,396)
	z5	Средний (3,396)
	z6	Средний (3,396)
	z7	Средний (3,396)
	z8	Очень высокий (8,625)
	Бюджет	z7
Функционал/ Качество	z2	Средний (3,396)

Шаг 6. Ранжирование рискообразующих факторов. Основываясь на результатах предыдущего шага, менеджер проекта определил два фактора, требующих немедленного реагирования:

- 1) изменение требований к ПП со стороны заказчика в процессе реализации контракта;

2) слабая организация планирования и контроля хода выполнения проекта и его отдельных этапов.

Оба фактора могут привести к существенному увеличению бюджета этапа.

Шесть факторов, согласно рассматриваемой модели, имеют средний рейтинг, и, таким образом, могут быть отнесены к группе факторов, за которыми необходимо проводить дополнительное наблюдение. Под дополнительным наблюдением в данном случае понимаются регламентированные стандартом [13] процессы мониторинга и своевременного контроля выявленных факторов, повторное проведение анализа рискообразующих факторов по истечению двух недель выполнения проекта.

3.2.2 Аprobация предложенной модели на примере формирования множества альтернатив возможных решений при управлении рисками этапа продвижения программного продукта «Сервис ведения электронного расписания FlipTable»

Экспериментальные исследования предложенных модели и алгоритма проводились на примере формирования множества альтернатив возможных решений при управлении рисками этапа продвижения программного продукта (ПП) «Сервис ведения электронного расписания FlipTable». Разработанный ПП может быть предоставлен потенциальным потребителям по двум бизнес-моделям: программное обеспечение как сервис (SaaS) и как свободное программное обеспечение (СПО) [91]. Основываясь на положительном опыте внедрения сервиса как одного из компонентов электронно-информационной образовательной среды в ТУСУРе, были проведены маркетинговые исследования и принято решение о продвижении ПП в образовательные организации Кемеровской области, при этом для профессиональных образовательных учреждений (ПОУ) предлагается SaaS-версия, для высших учебных заведений — СПО-версия [92].

В качестве инструментов интернет-маркетинга были выбраны рекламные

площадки Кемеровской области. Возможный риск реализации программы продвижения был определен как «срыв плана по количеству продаж в заданном интервале времени реализации программы продвижения».

*Формирование плана мероприятий по реагированию на значимые
рискообразующие факторы*

Шаг 1. Оценка вероятности риска проекта. Для оценки вероятности проявления риска срыва плана по количеству продаж и рискообразующих факторов использовалась шкала, представленная в таблице 3. 5.

Таблица 3.5 — Вероятность проявления рискообразующих факторов

Вероятность	Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Интервал	менее 0,2	[0,1; 0,4]	[0,3; 0,6]	[0,5; 0,8]	более 0,7

В соответствии с выбранной шкалой оценивания определена лингвистическая переменная «Вероятность проявления» (таблица 3.6).

Таблица 3.6 — Лингвистическая переменная «Вероятность проявления»

Терм/ Категория	Интервал	Функция принадлежности
Очень низкая	0-0,2	$\mu_1^p(x) = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ 1 - \frac{x}{0,2}, & 0 \leq x < 0,2 \\ 0, & x \geq 0,2 \end{cases}$
Низкая	0,1-0,4	$\mu_2^p(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,1 \\ 1 - \frac{0,2-x}{0,1}, & 0,1 \leq x < 0,2 \\ 1, & 0,2 \leq x < 0,3 \\ 1 - \frac{x-0,3}{0,1}, & 0,3 \leq x < 0,4 \\ 0, & x \geq 0,4 \end{cases}$

Окончание таблицы 3.6

Терм/ Категория	Интервал	Функция принадлежности
Средняя	0,3-0,6	$\mu_3^p(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,3 \\ 1 - \frac{0,4-x}{0,1}, & 0,3 \leq x < 0,4 \\ 1, & 0,4 \leq x < 0,5 \\ 1 - \frac{x-0,5}{0,1}, & 0,5 \leq x < 0,6 \\ 0, & x \geq 0,6 \end{cases}$
Высокая	0,5-0,8	$\mu_4^p(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,5 \\ 1 - \frac{0,6-x}{0,1}, & 0,5 \leq x < 0,6 \\ 1, & 0,6 \leq x < 0,7 \\ 1 - \frac{x-0,7}{0,1}, & 0,7 \leq x < 0,8 \\ 0, & x \geq 0,8 \end{cases}$
Очень высокая	0,7-1	$\mu_5^p(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,7 \\ \frac{x}{0,3} - \frac{0,7}{0,3}, & 0,7 \leq x < 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$

На рисунке 3.23 приведен график функций принадлежности термов лингвистической переменной «вероятность проявления».

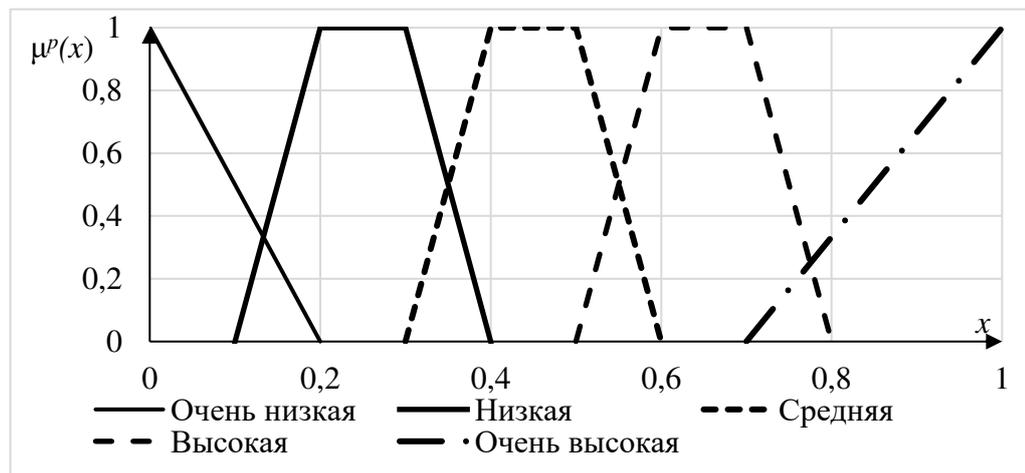


Рисунок 3.23 — Графики функций принадлежности термов лингвистической переменной «Вероятность проявления»

Множество значимых рискообразующих факторов, проявление которых по мнению ЛПР способно негативно отразиться на количестве планируемых продаж и вероятность их возможного проявления представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 — Оценка риска и значимых рискообразующих факторов

Фактор	Вероятность
Изменение нормативного регулирования бизнес-процессов у потенциальных потребителей (z_1)	Средняя
Появление на рынке новых аналогичных продуктов (z_2)	Высокая
Пиратское распространение копий ПП (z_3)	Очень низкая
Несоответствие функциональных характеристик ПП потребностям потребителей (z_4)	Средняя
Несоответствие предлагаемой цены ПП ожиданиям потребителей (z_5)	Высокая
Недостаточные навыки владения исполнителями информационными технологиями продвижения (z_6)	Средняя
Ошибочный выбор целевого сегмента (z_7)	Очень Высокая
Ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение (z_8)	Высокая
Ошибки при выборе потребительских предпочтений (z_9)	Очень Высокая
Ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций (z_{10})	Высокая
Недостаточная проработка коммуникационных сообщений (z_{11})	Очень Высокая
Низкий уровень организации обратной связи (z_{12})	Средняя
Срыв плана по количеству продаж в заданном интервале времени реализации программы продвижения (a_1)	Высокая

Шаг 2. Оценка возможного снижения вероятности проявления рискообразующих факторов при выполнении мероприятий по реагированию на рискообразующие факторы. Ранее, на этапах оценки и анализа рискообразующих факторов, ЛПР определил для каждого из значимых рискообразующих факторов мероприятия, выполнение которых сможет исключить проявление и/или снизить уровень негативных последствий их проявления. Прогнозная оценка возможного снижения вероятности проявления факторов в случае выполнения этих мероприятий представлена в таблице 3.8.

Таблица 3.8 — Прогнозная оценка возможного снижения вероятности проявления факторов

Фактор	Мероприятие	Оценка снижения вероятности фактора
	Пересмотр стратегии лицензирования. Обсуждение в команде выбора способа защиты. Реализация защиты от копирования.	-1
	Проведение опроса специалистов учебного управления. Предоставление свободно распространяемой версии ПП на фиксированный срок.	-0,5
	Дополнительный анализ функционала и ценовой политики конкурентов	-0,2
	Привлечение сторонних специалистов по маркетингу.	-0,9
z_7	Уточнение профиля выделенного сегмента (требования потенциальных покупателей к ПП, потребности покупателей, ценовой сегмент). Проведение пробных продаж.	-0,8
z_8	Уточнение маркетингового комплекса программы продвижения с учетом профиля выбранного целевого сегмента – выбор средств рекламной кампании, содержания и длительности рекламы. Детальный анализ сведений по статистике и конверсиям на планируемых рекламных площадках. Применение методики волнового планирования.	-1
z_9	Проведение дополнительных исследований целевой аудитории.	-0,5
	Уточнение целей маркетинговой коммуникации. Проведение дополнительных исследований целевой аудитории.	-0,9
	Привлечение сторонних специалистов по маркетингу	-1
z_{12}	Пересмотр используемых способов обратной связи с потенциальными клиентами, назначение ответственного за организацию связи.	-0,5

Шаг 3. Выбор шкалы оценивания интенсивности взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков.

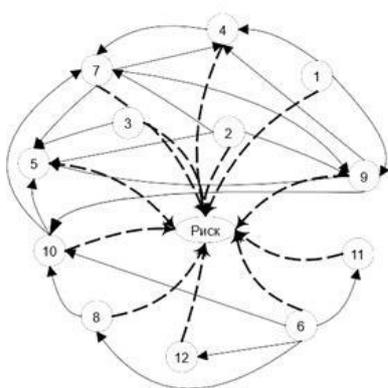
Для оценивания интенсивности влияния рисков и рискообразующих факторов выбрана шкала оценивания, представленная в таблице 2.11. В таблице 3.9 приведена соответствующая ей лингвистическая переменная.

Таблица 3.9 — Лингвистическая переменная «Интенсивность влияния»

Терм/ категория	Интервал	Функция принадлежности
Слабая	0-0,4	$\mu_1^w(x) = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ 1 - \frac{x}{0,4}, & 0 \leq x < 0,4 \\ 0, & x \geq 0,4 \end{cases}$
Средняя	0,3-0,7	$\mu_2^w(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,3 \\ 1 - \frac{0,4-x}{0,1}, & 0,3 \leq x < 0,4 \\ 1, & 0,4 \leq x < 0,5 \\ 1 - \frac{x-0,5}{0,2}, & 0,5 \leq x < 0,7 \\ 0, & x \geq 0,7 \end{cases}$
Высокая	0,6-1	$\mu_3^w(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,6 \\ \frac{x}{0,4} - \frac{0,6}{0,4}, & 0,6 \leq x < 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$

График функций принадлежности термов лингвистической переменной «Интенсивность влияния» представлен на рисунке 2.22.

Шаг 4. Построение когнитивной карты взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков. Когнитивная карта взаимовлияния риска и рискообразующих факторов и соответствующая ее структуре когнитивная матрица **W**, определяющая интенсивность влияния концептов, на представлены на рисунке 3.24.



	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z ₅	z ₆	z ₇	z ₈	z ₉	z ₁₀	z ₁₁	z ₁₂	Риск
z ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0,5
z ₂	0	0	0	0	0,5	0	1	0	0,7	0	0	0	0,4
z ₃	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
z ₄	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,9
z ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8
z ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7	0,7	0,6
z ₇	0	0	0	0,9	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,8
z ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0,7
z ₉	0	0	0	0,9	0,8	0	0	0	0	0,8	0	0	0,3
z ₁₀	0	0	0	0	0,3	0	0,9	0	0	0	0	0	0,4
z ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
z ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
Риск	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3.24 — Когнитивная карта взаимовлияния риска и рискообразующих факторов

Шаг 5. Определение целевых и управляемых концептов. В качестве управляемых концептов ЛПР выбрал рискообразующие факторы $z_6 - z_{12}$. Целевой концепт — риск срыва плана по количеству продаж.

Шаг 6. Определение желаемых значений вероятности рисков и текущего состояния системы. ЛПР определил, что для успешного завершения программы продвижения вероятность возможного риска не должна превышать значения 0,1 («Очень низкая»). Вероятности рискообразующих факторов и риска, включенных в когнитивную карту и представленные в таблице 3.7, приняты в качестве текущего состояния системы. Необходимо найти решение уравнения (2.8), являющееся множеством векторов

$$uk = \left\{ \left[\Delta p_1^{z_3}, \Delta p_1^{z_4}, \dots, \Delta p_1^{z_{12}} \right], \left[\Delta p_2^{z_3}, \Delta p_2^{z_4}, \dots, \Delta p_2^{z_{12}} \right], \dots \right\},$$

значения которых $\Delta p_k^{z_j}$ — изменения оценок вероятностей наступления управляемых факторов z_j в решении k .

Шаг 7. Определение множества плановых мероприятий, выполнение которых приведет к необходимому снижению уровня риска.

В дальнейших расчетах в качестве Т-нормы использовалась Т-норма Лукасевича

$$T(x, y) = \vee(x + y - 1, 0)$$

и операция определения псевдообратного элемента

$$a\phi b = \begin{cases} 1, & a \leq b \\ 1 - a + b, & a > b \end{cases}.$$

Согласно алгоритму, описанному в п. 2.4, определен вектор целей:

$$\mathbf{P}^g = [0, 7].$$

Выполнены следующие вычисления:

Разделение матрицы **W** и получение матриц **A**, **C**, **B**, **D**:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,9 & 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8 & 0 & 0,8 & 0,3 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{C} = (0,5 \quad 0,4 \quad 0,1 \quad 0,9 \quad 0,8), \quad \mathbf{D} = (0,6 \quad 0,8 \quad 0,7 \quad 0,3 \quad 0,4 \quad 0,3 \quad 0,3)$$

Матрица транзитивного замыкания \mathbf{A}^* :

$$\mathbf{A}^* = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Передаточная матрица \mathbf{Pm} :

$$\mathbf{C} \circ \mathbf{A}^* = (0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0,1),$$

$$\mathbf{Pm} = \mathbf{C} \circ \mathbf{A}^* \circ \mathbf{B} \vee \mathbf{D} = \\ (0,6 \quad 0,8 \quad 0,7 \quad 0,3 \quad 0,4 \quad 0,3 \quad 0,3)$$

Получена верхняя граница решения $\mathbf{uk} = \mathbf{Pm}^T \hat{\phi} \mathbf{P}^g$:

$$\mathbf{uk} = (1 \quad 0,9 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1).$$

Вычисления выполнялись в табличном процессоре Excel. Корректность полученных результатов проверялась в системе поддержки принятия решений «Игла» [93].

Полученное решение позволяет сделать вывод о том, что снижение уровня риска реализации программы продвижения может быть достигнуто при выполнении мероприятий, направленных на уменьшение вероятности всех рискообразующих факторов, определенных ранее в качестве управляемых концептов. Значения вектора $uk \in [1; 0,9]$ говорят о том, что выполнение на текущем этапе

реализации программы продвижения плановых мероприятий

$$U^* = \left\{ \left\{ u_{z_6}^g, u_{z_7}^g, u_{z_8}^g, u_{z_9}^g, u_{z_{10}}^g, u_{z_{11}}^g, u_{z_{12}}^g \right\}_{\hat{u}} \right\},$$

должно привести к полной нейтрализации факторов: z_6 — недостаточные навыки владения исполнителями информационными технологиями продвижения, z_7 — ошибочный выбор целевого сегмента, z_8 — ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение, z_9 — ошибки при выборе потребительских предпочтений, z_{10} — ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций, z_{11} — недостаточная проработка коммуникационных сообщений, z_{12} — низкий уровень организации обратной связи.

План мероприятий U^* по реагированию на все управляемые рискообразующие факторы может привести к большим затратам, поэтому для возможного снижения затрат без потери качества снижения уровня риска целесообразно получить и проанализировать нижние границы решения. В данном случае было найдено два нижних решения:

$$\mathbf{uk}_1 = (0 \ 0,9 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0),$$

$$\mathbf{uk}_2 = (0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0).$$

На основании нижних решений можно сделать вывод о том, что в текущем интервале реализации программы продвижения можно включать в план мероприятий U^* мероприятия только по нейтрализации фактора, z_7 — ошибочный выбор целевого сегмента (согласно решению \mathbf{uk}_1), либо z_8 — ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение (согласно решению \mathbf{uk}_2).

В таблице 3.10 приведен перечень плановых мероприятий по реагированию на возможные негативные проявления выделенных критичных рискообразующих факторов при продвижении ПП.

Таблица 3.10 — Перечень мероприятий

Фактор	Мероприятия
z_7 — Ошибочный выбор целевого сегмента	Уточнение профиля выделенного сегмента (требования потенциальных покупателей к ПП, потребности покупателей, ценовой сегмент). Проведение пробных продаж.
z_8 — Ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение	Уточнение маркетингового комплекса программы продвижения с учетом профиля выбранного целевого сегмента – выбор средств рекламной кампании, содержания и длительности рекламы. Детальный анализ сведений по статистике и конверсиям на планируемых рекламных площадках. Применение методики волнового планирования.

Перечисленные мероприятия рекомендовано включить в план работ по реализации программы продвижения с целью снижения уровня риска срыва плана по количеству продаж.

3.2.3 Апробация предложенной модели на примере оценки рейтинга рискообразующих факторов при разработке и внедрении web-портала высоконагруженного интернет-магазина

ООО «Паравеб» предоставляет услуги по разработке и внедрению интернет-приложений. Специфика работы компании такова, что небольшими командами разработчиков организации в короткие сроки создается программный продукт (ПП), который должен удовлетворять функциональным и нефункциональным требованиям заказчика. В соответствии с классификацией проектов, предложенной в [3, 22], такие проекты могут быть отнесены к коротким (малым) проектам. Их ключевыми особенностями являются: малый период реализации (до 6 месяцев); немногочисленный коллектив исполнителей; менеджер проекта, в большинстве случаев, имеет неглубокие знания по управлению про-

ектами; нередко менеджер проекта непосредственно сам занимается разработкой; ограниченные и невозполнимые в течение срока выполнения проекта трудовые и финансовые ресурсы; трудности изменения состава команды в период реализации проекта; совмещение функциональных ролей одним участников проекта, вследствие чего каждый из членов команды исполняет несколько ролей; наличие чёткого календарного плана работ; короткий жизненный цикл между точками контроля исполнения проекта; ликвидация отклонений от плановых сроков за счет интенсификации труда исполнителей; нехватка знаний или навыков у команды проекта может привести к непрерывной доработке проекта; при разработке используются модели быстрой разработки приложений и методы экстремального программирования.

Необходимо отметить, что для такого типа проектов характерны еще и следующие особенности: наличие дополнительных этапов разработки (например, прототипирование); более сложная и объемная работа по написанию кода; необходимость создания системы мониторинга качества; необходимость пересмотра подходов к архитектуре проекта.

При планировании работ по проекту руководителем компании (далее ЛПР) были выделены следующие этапы жизненного цикла программного продукта: анализ предметной области и проектирование; прототипирование; разработка визуальной части; разработка основной программно-аппаратной части; тестирование; внедрение.

Идентификация рисков и рискообразующих факторов

Следует отметить, что риски разработки и внедрения в большей части зависят от подготовки программистов и их знаний современных технологий, а также от стратегии и тактики разработки, выбранной руководителем проекта.

С учетом введенной в работе терминологии в качестве рисков при разработке были определены четыре типа возможных негативных событий: 1) срыв

плановых сроков разработки; 2) увеличение бюджета проекта; 3) критические отклонения при реализации функциональных требований; 4) критические отклонения при реализации требований к качеству.

Далее ЛПР выбрал из базы данных рискообразующие факторы, которые, по его мнению, могут проявиться на каждом из этапов при разработке ПП, а также, используя сервис добавления факторов риска, определил рискообразующие факторы, специфичные для разработки высоконагруженных приложений.

Этап анализа предметной области и проектирования

У руководителя проекта отсутствует видение системы в целом (z_1); отсутствие четкой формулировки требований со стороны заказчика (z_2); несовместимость ПП с программно-аппаратной инфраструктурой заказчика (z_3).

Этап прототипирования

Руководитель проекта не уделяет проектированию и созданию прототипа должного значения (z_4); заказчик не принимает участие в реализации проекта (z_5).

Этап разработки визуальной части

Отсутствует, либо не работает система контроля версий (z_6); недостаточное владение членами команды проекта технологиями разработки (z_7); не используются инструменты отладки кода (z_8); отсутствие комментариев в коде (z_9).

Этап разработки основной программно-аппаратной части портала

Постоянная модификация ядра системы (z_{10}); при реализации проекта используются прямые запросы к базе данных (z_{11}); реализация программного кода выполняется вне компонентов платформы разработки (z_{12}); ошибки в настройке собственных компонентов (z_{13}); не учтены все особенности кэширования (z_{14});

не оптимальное использование возможностей API (z_{15}); дефицит трудовых ресурсов команды проекта (z_{16}).

Этап тестирования ПП

Появление «забытых» работ (z_{17}).

Этап ввода в эксплуатацию

Ошибки настройки сервера (z_{18}); ошибки в настройке прав разработчиков для доступа к серверу заказчика (z_{19}); отсутствует, либо не работает система контроля версий (z_6)¹³

Руководитель разработки отдельно отметил факторы риска, способные привести к нарушению информационной безопасности разрабатываемого ПП. К ним относятся факторы z_{14} , z_{15} , z_{16} , z_{17} , z_{19} .

В таблице 3.11 дано описание возможных последствий проявления идентифицированных рискообразующих факторов и перечислены мероприятия, которые, по мнению ЛПР, могут снизить вероятность и/или уменьшить уровень негативных последствий их наступления.

Таблица 3.11 — Результаты этапа идентификации рискообразующих факторов

Фактор	Последствия	Мероприятия
z_1	Руководитель проекта должен в деталях понимать, как реализован стандартный функционал, в противном случае могут быть допущены ошибки в планировании бюджета и сроков этапов разработки и внедрения.	Реализовать прототипы системы.

¹³ Определен ранее, как рискообразующий фактор этапа разработки визуальной части, на этапе ввода в эксплуатацию его проявление может привести к утрате актуальной версии ПП.

Продолжение таблицы 3.11

Фактор	Последствия	Мероприятия
z2	Отсутствие взаимопонимания между клиентом и разработчиками может привести к частому изменению требований, что будет способствовать увеличению бюджета и сроков этапов разработки и внедрения ПП.	Включить клиента в состав проектной группы. Составить логическую модель данных, глоссарий, кейсы использования. Согласовать их с клиентом.
z3	Вопрос производительности системы может быть решен путем увеличения аппаратных мощностей, что приведет к увеличению затрат на проект.	Руководитель проекта должен ознакомиться с функционалом платформы, на которой ведется разработка ПП.
z4	Недостатки в проектировании прототипа могут привести к недопониманию возможностей функционала ПП клиентом, вследствие чего могут возникнуть критические отклонения по функциональным требованиям к ПП, что приведет к срыву сроков сдачи ПП.	При проектировании прототипа ПП четко придерживаться принципу разделения запрашиваемого заказчиком функционала на стандартный и нестандартный для используемой платформы разработки.
z5	Могут возникнуть критические отклонения по функциональным и не функциональным требованиям к ПП. Что, в свою очередь, может привести к увеличению бюджета и сроков этапов разработки и внедрения ПП.	Включить клиента в состав проектной группы. Привлекать представителей заказчиков к выполнению работ на этапах прототипирования, разработки визуальной части и тестирования.
z6	<p>Программисты основной программно-аппаратной части могут не получить последнюю версию кода, разработанного на этапе разработки визуальной части. Это может привести к ошибкам, и, как следствие, к увеличению срока этапа разработки.</p> <p>На этапе внедрения проявление фактора может привести к потере последней актуальной версии системы и срыву сроков этапа.</p>	На протяжении всех этапов разработки ПП необходимо отслеживать работоспособность системы контроля версий.

Продолжение таблицы 3.11

Фактор	Последствия	Мероприятия
z7	Может привести к бесконтрольному программированию, в результате чего создаётся необоснованная сложная иерархия для решения проблемы, которую можно решить одним скриптом, что, в свою очередь, приводит к нерациональному использованию трудовых ресурсов и срывам сроков проекта.	Руководителю команды разработчиков необходимо ввести регламенты написания кода.
z8	Может привести к логическим ошибкам в работе системы. Как следствие, будут увеличены сроки проекта.	Руководителю команды разработчиков необходимо ввести регламенты написания кода.
z9	Программисты основной программно-аппаратной части будут тратить дополнительное время на поиск нужного кода, что может привести к увеличению срока этапа.	Ввести регламенты написания кода.
z10	В будущем приведет к невозможности обновления системы, и тем самым, к критическим отклонениям по требованиям к качеству ПП.	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.
z11	Увеличивается вероятность уязвимости системы, что говорит о возникновении риска критических отклонений по требованиям к качеству ПП.	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.
z12	Затрудняется поддержка и модернизация системы, что может привести к критическим отклонениям по требованиям к качеству ПП.	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.
z13	Затрудняется поддержка и модернизация системы, что может привести к критическим отклонениям по требованиям к качеству ПП.	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.

Продолжение таблицы 3.11

Фактор	Последствия	Мероприятия
z14	Система может работать не корректно, и, тем самым, привести к убыткам заказчика ПП, что является причиной критических отклонений по требованиям к качеству ПП.	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.
z15	Увеличивается вероятность уязвимости системы, что говорит о возникновении риска критических отклонений по требованиям к качеству ПП.	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.
z16	В силу специфики разрабатываемого ПП в команде разработчиков должен присутствовать специалист, способный проконтролировать написание кода с точки зрения его корректности в области информационной безопасности для данных заказчика. Отсутствие такого специалиста может увеличивать вероятность уязвимости системы, что может привести к убыткам клиента, то есть привести к риску критических отклонений по требованиям к качеству ПП.	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода. Пригласить стороннего специалиста.
z17	К «забытым» работам по проекту в данном случае могут быть отнесены: использование сервиса для мониторинга уязвимостей ПП на этапе разработки программно-аппаратной части приложения; удаление тестовых данных, пользователей и лишних резервных копий ПП на этапе внедрения. Все это может привести к убыткам клиента, и тем самым, к рискам увеличения сроков этапов и критических отклонений по требованиям к качеству ПП	Ввести инструменты мониторинга качества системы.

Окончание таблицы 3.11

Фактор	Последствия	Мероприятия
z18	Изменение настроек сервера может привести к срыву сроков разработки ПП и увеличению затрат на проект, в случае привлечения сторонних специалистов для решения проблемы.	Ввести инструменты мониторинга качества системы. Привлечение сторонних специалистов.
z19	В силу выполненных настроек сервера, членам команды разработчиков, задействованных на этапе внедрения, может не хватить прав для модернизации системы, что затруднит или сделает невозможным процесс внедрения, либо, при наличии максимальных прав доступа к серверу клиента, может увеличить вероятность уязвимости системы.	Ввести регламент ввода системы в эксплуатацию.

Выделение значимых рискообразующих факторов

Шаг 1. Выбор шкал оценивания характеристик рискообразующих факторов. В качестве шкал оценивания были выбраны шкалы, представленные в таблицах 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16.

Таблица 3.12 — Вероятность проявления рискообразующих факторов

Вероятность	Низкая	Средняя	Высокая
Интервал	[0; 0,2]	[0,2; 0,6]	[0,5; 1]

Таблица 3.13 — Описание возможных потерь программного проекта (сила воздействия)

Незначительная	Средняя	Высокая	Катастрофическая
Бюджет			
Незначительное увеличение бюджета <10%	Увеличение бюджета на 5% – 20%	Увеличение бюджета на 15% – 40%	Увеличение бюджета больше чем на 40%

Окончание таблицы 3.13

Незначительная	Средняя	Высокая	Катастрофическая
Сроки			
Увеличение времени < 5%	Увеличение времени 5 – 10%	Увеличение време- ни 10 – 20%	Увеличение времени >20%
Функционал			
Едва заметное уменьшение содер- жания (например, от- сутствие помощников продаж, возможности работы с иностран- ными покупателями, функционал личного кабинета и т.д.) Меньше 3 баллов	Затронуты основные области содержания (например, недочеты связанные с удоб- ством ведения ката- лога товаров, адап- тивность страниц) От 2 до 5 баллов	Уменьшение содер- жания неприемлемо для заказчика (например, функци- онал поддержки со- вершения покупок, интеграция с дру- гими информацион- ными системами за- казчика) От 4 до 8 баллов	Конечный продукт проекта практически бесполезен Больше 7 баллов
Качество			
Затронуты только са- мые трудоемкие при- ложения Меньше 3 баллов	Для понижения каче- ства требуется одоб- рение заказчика От 2 до 5 баллов	Понижение каче- ства неприемлемо для заказчика От 4 до 8 баллов	Конечный продукт проекта практически бесполезен Больше 7 баллов

Таблица 3.14 — Шкала оценивания критичности фактора

Качественное значение	Несущественная	Средняя	Высокая
Интервал	0 — 3	2 — 6	5 — 10

Таблица 3.15 — Шкала оценивания близости наступления фактора

Качественное зна- чение	Очень нескоро	Не очень скоро	Очень скоро
Количественное значение	Больше, чем через 8 (дней/ неделя /месяцев)	От 5 до 10 (дней/ неделя /месяцев)	Меньше, чем через 5 (дней/ неделя /месяцев)

Таблица 3.16 — Шкала оценивания рейтинга фактора

Качественное значение	Низкий	Средний	Высокий
Интервал	0 — 4	3 — 7	6 — 10

Лингвистические переменные, использованные в нечетком выводе оце-

нок критичности и рейтинга факторов:

⟨ "Оценка вероятности наступления фактора",
 $\{\mu_n(0,2;x), \mu_c(0,2;0,35;0,45;0,6;x), \mu_g(0,5;x)\}$,
 $[0,1], M_p \rangle$

⟨ "Оценка силы воздействия фактора на бюджет",
 $\{\mu_n(10;x), \mu_c(5;10;15;20;x), \mu_g(15;25;35;40;x), \mu_k(40;x)\}$,
 $[0,100], M_{f1} \rangle$

⟨ "Оценка силы воздействия фактора на сроки",
 $\{\mu_n(5;x), \mu_c(5;7;8;10;x), \mu_g(10;12;18;20;x), \mu_k(20;x)\}$,
 $[0,100], M_{f2} \rangle$

⟨ "Оценка силы воздействия фактора на функциональные требования",
 $\{\mu_n(3;x), \mu_c(2;3;4;5;x), \mu_g(4;5;7;8;x), \mu_k(7;x)\}$,
 $[0,10], M_{f3} \rangle$

⟨ "Оценка силы воздействия фактора на требования к качеству
(не функциональные качества)",
 $\{\mu_n(3;x), \mu_c(2;3;4;5;x), \mu_g(4;5;7;8;x), \mu_k(7;x)\}$,
 $[0,10], M_{f4} \rangle$

⟨ "Оценка критичности фактора",
 $\{\mu_n(3;x), \mu_c(2;3;5;6;x), \mu_g(5;x)\}$,
 $[0,10], M_k \rangle$

⟨ "Оценка близости наступления фактора",
 $\{\mu_c(5;x), \mu_{nc}(5;7;8;10;x), \mu_{onc}(8;x)\}$,
 $[0,10], M_d \rangle$

⟨ "Оценка рейтинга фактора",
 $\{\mu_n(4;x), \mu_c(3;4;6;7;x), \mu_g(6;x)\}$,
 $[0,10], M_r \rangle$

Оценка вероятности рискообразующих факторов и их силы воздействия

на этапах разработки и внедрения, проставленные ЛПР, представлены в табл. 3.17.

Таблица 3.17 — Качественное описание рискообразующих факторов

Фактор	Вероятность / время наступления	Сила воздействия		
		Сроки	Бюджет	Функционал / Качество
z1	Низкая / Очень скоро	Высокая	Высокая	-
z2	Средняя / Очень скоро	Высокая	Высокая	-
z3	Средняя / Не очень скоро	-	Катастрофическая	-
z4	Низкая / Очень скоро	Высокая	-	Катастрофическая/-
z5	Высокая / Очень скоро	Средняя	Средняя	Высокая/ Высокая
z6	Низкая / Очень скоро	Высокая	-	-
z7	Низкая / Очень скоро	Катастрофическая	-	-
z8	Низкая / Очень скоро	Высокая	-	-
z9	Средняя / Очень скоро	Средняя	-	-
z10	Средняя / Не очень скоро	-	-	- / Высокая
z11	Средняя / Не очень скоро	-	-	- / Катастрофическая
z12	Низкая / Очень скоро	-	-	- / Высокая
z13	Средняя / Очень скоро	-	-	- / Высокая
z14	Низкая / Не очень скоро	-	-	- / Катастрофическая
z15	Средняя / Не очень скоро	-	-	- / Катастрофическая
z16	Высокая / Очень скоро	-	-	- / Высокая

Окончание таблицы 3.17

Фактор	Вероятность / время наступления	Сила воздействия		
		Высокая	-	- / Катастрофическая
z17	Средняя / Очень не скоро	Высокая	-	- / Катастрофическая
z18	Низкая / Очень не скоро	Незначительная	Средняя	-
z19	Средняя / Очень не скоро	Незначительная	-	- / Катастрофическая

Шаг 2. Формирование базы правил определения оценки критичности. База правил, определяющая логику вычисления уровня критичности рискообразующего фактора, задается таблицей 3.18.

База содержит 12 правил ЕСЛИ ... ТО ... Антецедентами правил являются конъюнкции оценок вероятности проявления фактора и силы воздействия на конкретную цель проекта.

Таблица 3.18 — Правила оценки степени критичности

		Сила воздействия			
		Незначительная	Средняя	Высокая	Катастрофическая
Вероятность	Низкая	Несущественная	Несущественная	Средняя	Средняя
	Средняя	Несущественная	Средняя	Высокая	Высокая
	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая	Высокая

Ниже приведены примеры правил:

Если вероятность проявления рискообразующего фактора *высокая* и сила

воздействия фактора на бюджет¹⁴ проекта *средняя*, то оценка критичности фактора — *средняя*.

Если вероятность проявления рискообразующего фактора *низкая* и сила воздействия фактора на бюджет проекта *незначительная*, то оценка критичности фактора — *несущественная*.

Шаг 3. Определение базы правил вычисления оценки рейтинга. База правил, определяющая логику вычисления рейтинга рискообразующего фактора, была задана таблицей 3.19.

Таблица 3.19 — Правила оценки рейтинга

		Критичность		
		Несущественная	Средняя	Высокая
Близость наступления	Очень скоро	Средний	Высокий	Высокий
	Не очень скоро	Низкий	Средний	Высокий
	Очень не скоро	Низкий	Средний	Средний

База содержит 9 правил ЕСЛИ ... ТО ... В этом случае antecedентами правил являются конъюнкции оценок уровня критичности фактора и оценки времени его наступления — близости наступления фактора. Ниже приведены примеры правил:

Если критичность рискообразующего фактора для бюджета¹⁵ *средняя* и

¹⁴ Сроки/функционал/качество

¹⁵ Сроков или функционала/качества программного продукта

близость наступления фактора — *очень скоро*, то рейтинг фактора — *высокий*.

Если критичность рискообразующего фактора для бюджета *несущественная* и близость наступления фактора — *не очень скоро*, то рейтинг фактора — *низкий*.

Шаг 4. Определение критичности рискообразующих факторов. Для вычисления оценок критичности рискообразующих факторов по бюджету, срокам, функциональным и не функциональным требованиям использовался алгоритм Мамдани [80]. Логический вывод алгоритма основывался на базе правил, сформированной на шаге 2.

Результаты вычислений, сведены в таблицу 3.20.

Таблица 3.20 — Критичность рискообразующих факторов

Риск	Факторы			
	Фактор	Критичность	Фактор	Критичность
Срыв сроков	z1	Средняя	z7	Средняя
	z2	Высокая	z8	Средняя
	z4	Средняя	z9	Средняя
	z5	Средняя	z17	Высокая
	z6	Средняя	z18	Несущественная
			z19	Несущественная
Превышение бюджета	z1	Средняя	z5	Средняя
	z2	Высокая	z18	Несущественная
	z3	Высокая		
Критические отклонения по функциональным требованиям	z4	Средняя	z5	Высокая
Критические отклонения по требованиям к качеству	z5	Высокая	z14	Средняя
	z10	Высокая	z15	Высокая
	z11	Высокая	z16	Высокая
	z12	Средняя	z17	Высокая
	z13	Высокая		

Шаг 5. Определение рейтинга рискообразующих факторов. Для вычисления рейтинга рискообразующих факторов по бюджету, срокам, функционалу/качеству, так же, как и на предыдущем шаге использовался алгоритм Мамдани, логический вывод которого основан на базе правил, определенной на ша-

ге 3. Результаты вычислений рейтинга рискообразующих факторов представлены в таблице 3.21.

Таблица 3.21 — Рейтинг факторов

Риск	Факторы			
	Фактор	Рейтинг	Фактор	Рейтинг
Срыв сроков	z1	Высокий (8,598)	z7	Высокий (8,598)
	z2	Высокий (9,672)	z8	Высокий (8,598)
	z4	Высокий (8,598)	z9	Высокий (8,598)
	z5	Высокий (8,598)	z17	Средний (5,705)
	z6	Высокий (8,381)	z18	Низкий (3,211)
			z19	Низкий (3,211)
Превышение бюджета	z1	Высокий (8,598)	z5	Высокий (8,598)
	z2	Высокий (8,381)	z18	Низкий (3,211)
	z3	Высокий (9,672)		
Критические отклонения по функциональным требованиям	z4	Высокий (8,598)	z5	Высокий
Критические отклонения по требованиям к качеству	z5	Высокий (9,672)	z14	Средний (5,705)
	z10	Высокий (9,672)	z15	Высокий (9,672)
	z11	Высокий (9,672)	z16	Высокий (9,672)
	z12	Высокий (8,381)	z17	Средний (5,705)
	z13	Высокий (8,381)		

Шаг 6. Ранжирование рискообразующих факторов. Основываясь на результатах предыдущего шага, ЛПР выделил следующие факторы, требующие немедленного реагирования: у руководителя проекта отсутствует видение системы в целом (z_1); отсутствие четкой формулировки требований со стороны заказчика (z_2); несовместимость ПП с программно-аппаратной инфраструктурой заказчика (z_3); руководитель проекта не уделяет проектированию и созданию прототипа должного значения (z_4); заказчик не принимает участие в реализации проекта (z_5); отсутствует, либо не работает система контроля версий (z_6); недостаточное владение членами команды проекта технологиями разработки (z_7); не используются инструменты отладки кода (z_8); отсутствие комментариев в коде (z_9); модификация ядра системы (z_{10}); использование прямых запросов к базе данных (z_{11}); реализация программного кода выполняется вне компонентов платформы разработки (z_{12}); ошибки в настройке собственных компонентов

(z_{13}); не оптимальное использование возможностей API (z_{15}); дефицит трудовых ресурсов команды проекта (z_{16}).

Из них факторы $z_1, z_2, z_4 — z_9$ могут привести к срыву сроков реализации и внедрения, $z_1 — z_3, z_5 — z_6$ к существенному увеличению бюджета этапов, $z_4, z_5 — z_6$ к риску критичных отклонений по функциональным требованиям к проекту, $z_5, z_{10} — z_{13}, z_{15}, z_{16}$ к риску критичных отклонений по требованиям к качеству программного продукта.

Два фактора согласно рассматриваемой модели имеют средний рейтинг, и могут быть отнесены к группе факторов, за которыми необходимо проводить дополнительное наблюдение. Под дополнительным наблюдением в данном случае понимаются регламентированные стандартом [13] процессы мониторинга и своевременного контроля выявленных факторов, повторное проведение анализа рискообразующих факторов согласно установленным контрольным точкам.

3.2.4 Апробация предложенной модели на примере формирования множества альтернатив возможных решений при управлении рисками этапов разработки и внедрения Web-портала высоконагруженного интернет-магазина

Экспериментальные исследования предложенных модели и алгоритма проводились на примере формирования множества альтернатив возможных решений при управлении рисками этапов разработки и внедрения Web-портала высоконагруженного интернет-магазина. По результатам качественного анализа рискообразующих факторов ЛПР отобрал 15 факторов, рейтинг которых был определен как «Высокий». При этом на риск превышения сроков проекта влияют 8 факторов, на риск увеличения бюджета проекта — 4 фактора, на риск критического отклонения по функциональным требованиям к ПП — 2 фактора, на риск критических отклонений по требованиям к качеству ПП — 7 факторов. Основываясь на этих данных можно предположить,

что этапы реализации и внедрения ПП наиболее подвержены риску срыва сроков и возникновения критических отклонений по требованию к качеству ПП. Такая ситуация обуславливается с одной стороны короткими сроками реализации проекта, с другой стороны спецификой разрабатываемого ПП. Очевидно, что при одинаковых предпосылках к риску увеличения времени выполнения проекта срыв сроков более короткого проекта есть более вероятное событие, чем срыв сроков проекта с длительным сроком реализации. Спецификой ПП является работа с конфиденциальными данными клиента в сети интернет, что предполагает наличие требований обязательного соответствия разрабатываемого ПП стандартам информационной безопасности. В противном случае его использование может привести к убыткам заказчика.

Согласно методикам и стандартам управления рисками [3–14] для успешной реализации проекта необходимо разработать план реагирования на выявленные рискообразующие факторы, с целью снижения уровня рискованности проекта.

Формирование плана мероприятий по реагированию на значимые рискообразующие факторы

Шаг 1. Оценка вероятности риска проекта. Для оценки вероятности проявления рисков срыва сроков этапов реализации и внедрения использовалась шкала, представленная в таблице 3.12 и соответствующая ей лингвистическая переменная, описанная в п.3.2.3.

На рисунке 3.25 приведен график функций принадлежности термов лингвистической переменной «вероятность проявления».

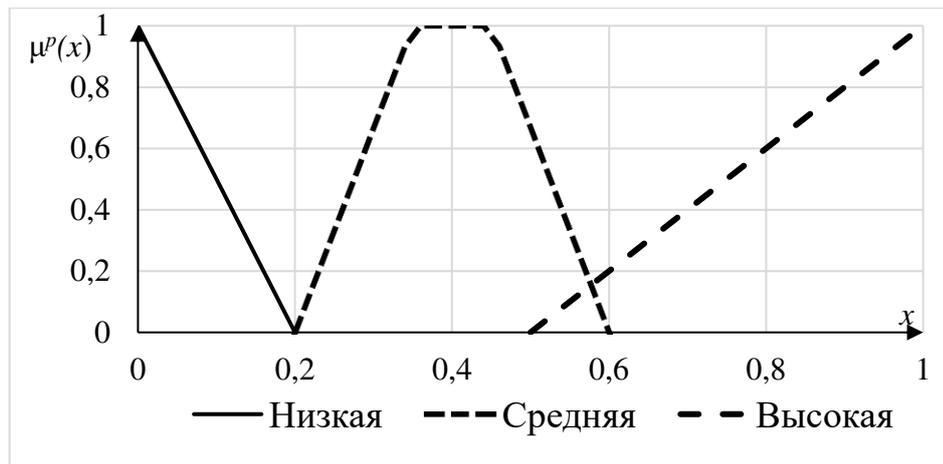


Рисунок 3.25 — Графики функций принадлежности термов лингвистической переменной «Вероятность проявления»

Множество значимых рискообразующих факторов, проявление которых по мнению ЛПР способно негативно отразиться на рисках, представлено в таблице 3.17. Вероятность рисков этапов разработки и внедрения ПП была определена руководителем команды разработчиков следующим образом: риск срыва сроков этапов — «высокая вероятность», риск увеличения бюджета этапа — «средняя вероятность», риск критических отклонений по требованиям к функционалу — «средняя вероятность», риск критических отклонений по требованиям к качеству — «высокая вероятность».

Шаг 2. Оценка возможного снижения вероятности проявления рискообразующих факторов при выполнении мероприятий по реагированию на рискообразующие факторы. Ранее, на этапах оценки и анализа рискообразующих факторов, ЛПР определил для каждого из значимых рискообразующих факторов мероприятия, выполнение которых сможет исключить проявление и/или снизить уровень негативных последствий их проявления (табл. 3.11). Прогнозная оценка возможного снижения вероятности проявления факторов в случае выполнения этих мероприятий представлена в таблице 3.22.

Таблица 3.22 — Прогнозная оценка возможного снижения вероятности проявления факторов

Фактор	Мероприятие	Оценка снижения вероятности фактора
z ₁	Реализовать прототипы системы.	-1
z ₂	Включить клиента в состав проектной группы. Составить логическую модель данных, глоссарий, кейсы использования. Согласовать их с клиентом.	-0,5
z ₃	Руководитель проекта должен ознакомиться с функционалом платформы, на которой ведется разработка ПП.	-1
z ₄	При проектировании прототипа ПП четко придерживаться принципу разделения запрашиваемого заказчиком функционала на стандартный и нестандартный для используемой платформы разработки.	-0,5
z ₅	Включить клиента в состав проектной группы. Привлекать представителей заказчиков к выполнению работ на этапах прототипирования, разработки визуальной части и тестирования.	-0,5
z ₆	На протяжении всех этапов разработки ПП необходимо отслеживать работоспособность системы контроля версий.	-1
z ₇	Руководителю команды разработчиков необходимо ввести регламенты написания кода.	-1
z ₈	Руководителю команды разработчиков необходимо ввести регламенты написания кода.	-1
z ₉	Ввести регламенты написания кода.	-1
z ₁₀	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.	-1
z ₁₁	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.	-1
z ₁₂	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.	-1
z ₁₃	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.	-1
z ₁₅	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода.	-1
z ₁₆	Ввести регламенты написания и инструменты проверки кода. Пригласить стороннего специалиста.	-0,8

Шаг 3. Выбор шкалы оценивания интенсивности взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков.

Для оценивания интенсивности влияния рисков и рискообразующих факторов выбрана шкала оценивания, представленная в таблице 2.11. Соответствующая ей лингвистическая переменная представлена ниже:

⟨ "Оценка интенсивности взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков",
 $\{\mu_{слабая}(0,4;x), \mu_{средняя}(0,3;0,4;0,5;0,7;x), \mu_{сильная}(0,6;x)\}$,
 $[0,1], M \rangle$

График функций принадлежности термов лингвистической переменной «Интенсивность влияния» представлен на рисунке 2.22.

Шаг 4. Построение когнитивной карты взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков. Когнитивная карта взаимовлияния рисков и рискообразующих факторов представлена на рисунке 3.26.

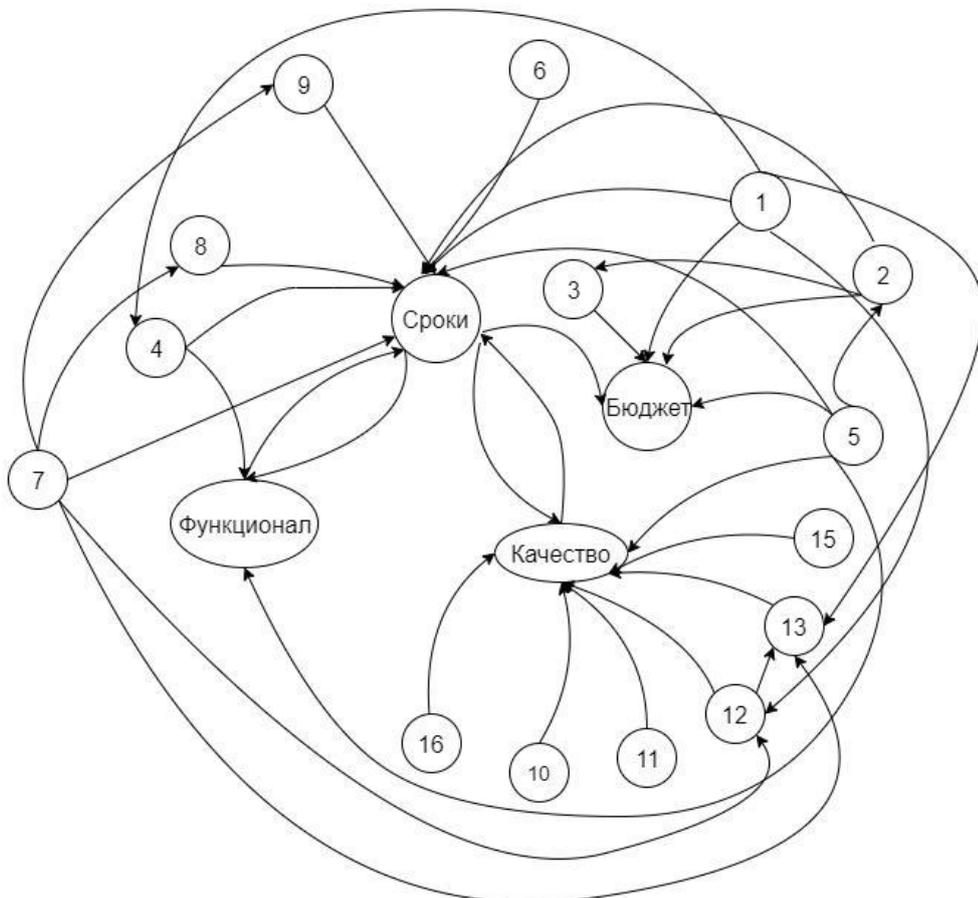


Рисунок 3.26 — Когнитивная карта взаимовлияния риска и рискообразующих факторов

Соответствующая ей когнитивная матрица \mathbf{W} , определяющая интенсивность влияния концептов представлена в приложении Г.

Шаг 5. Определение целевых и управляемых концептов. В качестве управляемых концептов были выбраны рискообразующие факторы: Z_1, Z_4, Z_5, Z_6 ,

$Z_8, Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{15}$. Целевые концепты — риск срыва сроков этапов реализации и внедрения, риск превышения бюджета этапов реализации и внедрения, риск критических отклонений по функционалу ПП, риск критических отклонений по качеству ПП.

Шаг 6. Определение желаемых значений вероятности рисков и текущего состояния системы. ЛПР определил, что для успешного завершения программы продвижения вероятность возможных рисков не должна превышать значения 0,1 («Очень низкая»). Вероятности рискообразующих факторов и риска, включенных в когнитивную карту и представленные в таблице 3.17, приняты в качестве текущего состояния системы. Необходимо найти решение уравнения (2.8), являющееся множеством векторов

$$\mathbf{uk} = \left\{ \left[\Delta p_1^{z_3}, \Delta p_1^{z_4}, \dots, \Delta p_1^{z_{12}} \right], \left[\Delta p_2^{z_3}, \Delta p_2^{z_4}, \dots, \Delta p_2^{z_{12}} \right], \dots \right\},$$

значения которых $\Delta p_k^{z_j}$ — изменения оценок вероятностей наступления управляемых факторов z_j в решении k .

Шаг 7. Определение множества плановых мероприятий, выполнение которых приведет к необходимому снижению уровня риска.

В дальнейших расчетах в качестве T-нормы использовалась T-норма Лукасевича

$$T(x, y) = \vee(x + y - 1, 0)$$

и операция определения псевдообратного элемента

$$a \phi b = \begin{cases} 1, & a \leq b \\ 1 - a + b, & a > b \end{cases}.$$

Согласно алгоритму, описанному в п. 2.4, определен вектор целей (желаемое изменение вероятности рисков проекта):

$$\mathbf{P}^s = [0, 7; 0, 6; 0, 6; 0, 7].$$

Выполнены следующие вычисления:

Разделение матрицы \mathbf{W} и получение матриц \mathbf{A} , \mathbf{C} , \mathbf{B} , \mathbf{D} :

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 0,3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 \end{pmatrix}, \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} 0,7 & 0 & 0,9 & 0 \\ 0,7 & 0,8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,9 \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,4 & 0,2 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,7 & 0 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,8 & 0,8 & 0,7 & 0,6 \end{pmatrix}$$

Матрица транзитивного замыкания \mathbf{A}^* :

$$\mathbf{A}^* = \begin{pmatrix} 0 & 0,3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 \end{pmatrix}$$

Передаточная матрица \mathbf{Pm} :

$$\begin{pmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,8 & 0,4 & 0,2 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,7 & 0 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,8 & 0,8 & 0,7 & 0,6 \end{pmatrix}$$

Получена верхняя граница решения $\mathbf{uk} = \mathbf{Pm}^T \hat{\phi} \mathbf{P}^g$:

$$\mathbf{uk} = (0,9 \quad 1 \quad 0,9 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 0,9 \quad 0,9 \quad 1 \quad 1).$$

Проинтерпретировать полученное решение можно следующим образом: диапазон значений от 0,9 до 1 говорит о том, что снижения уровня идентифицированных рисков можно добиться, полностью исключив вероятность проявления рискообразующих факторов: руководитель проекта не уделяет проектированию и созданию прототипа должного значения (z_4); отсутствует либо не работает система контроля версий (z_6); не используются инструменты отладки

кода (z_8); отсутствие комментариев в коде (z_9); модификация ядра системы; (z_{10}). В полученном решении этим рискообразующим факторам соответствуют единичные значения. Для реагирования на остальные рискообразующие факторы (z_1, z_5, z_{11}, z_{12}) должны быть запланированы мероприятия, практически полностью их нейтрализующие.

По мнению ЛПР для выполнения плана мероприятий по реагированию на все управляемые рискообразующие факторы у команды разработчиков может не хватить ресурсов, как финансовых, так и трудовых, такой план сложно контролировать, поэтому для возможного снижения затрат без потери качества снижения уровня риска целесообразно получить и проанализировать нижние границы решения. В данном случае было найдено два нижних решения:

$$\mathbf{uk}_1 = (0,9 \ 0 \ 0,9 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,9 \ 0 \ 0),$$

$$\mathbf{uk}_2 = (0,9 \ 0 \ 0,9 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,9 \ 0 \ 0 \ 0)$$

На основании нижних решений можно сделать вывод о том, что в текущем интервале реализации проекта можно включать в план мероприятий U^* мероприятия только по нейтрализации факторов z_1, z_5, z_{12} (согласно решению \mathbf{uk}_1), либо z_1, z_5, z_{11} (согласно решению \mathbf{uk}_2).

Таким образом, в процессе разработки Web-портала высоконагруженного интернет-магазина для нейтрализации критичных рискообразующих факторов было рекомендовано выполнение следующих мероприятий: реализация прототипа портала в кратчайшие сроки, переговоры со стороной клиента с целью назначения с их стороны ответственного сотрудника, готового своевременно отвечать на вопросы разработчиков ПП, участвовать в «летучках», предоставлять специфические сведения о предметной области, если это понадобится, разработать внутренний документ, который будет регламентировать процесс написания кода и применения инструментов проверки кода .

Выводы по главе 3

1. Реализованный в ПП «Программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с применением нечеткой логики» функционал позволяет ЛПР выполнять процессы идентификации и анализа рискообразующих факторов. Существующая в ПП база данных рискообразующих факторов является основой для идентификации факторов, а реализованный сервис добавления новых рискообразующих факторов позволяет дополнять и расширять исходную базу данных.

2. Предлагаемая в работе нечеткая модель оценки рейтинга рискообразующих факторов позволяет в отличие от существующих методов определения ранга (рейтинга), формализовать процесс получения числовых значений рейтинга на основе качественных оценок вероятности проявления, силы воздействия и времени возможного наступления рискообразующего фактора.

3. Предлагаемая в работе нечеткая когнитивная модель выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов позволяет учесть существование возможных зависимостей между рисками и рискообразующими факторами. На основании существующих зависимостей, ЛПР предоставляется несколько решений по составу плана мероприятий реагирования на риски, при этом все предлагаемые решения формируются таким образом, чтобы достичь желаемых вероятностей идентифицированных рисков.

4. Проведенные эксперименты на реальных проектах в компаниях ООО «Паравеб», ООО «МагДевелопмент», в лаборатории ТУСУРа ЦВТиИР доказывают работоспособность предлагаемых моделей и алгоритмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процессы разработки и внедрения программных 14.10.2019 продуктов относятся к эффективному, но высокорискованному бизнесу. В ходе исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, выявлено, что неудачи при разработке программных продуктов вызваны не только спецификой исследуемой предметной области, но и зачастую отсутствием должного внимания к процессу управления рисками, и, как следствие, отсутствием эффективных управляющих воздействий на возможные риски на каждом из этапов жизненного цикла программного продукта.

Достижение поставленной в диссертационной работе цели, научная новизна и практическая значимость проведенных исследований подтверждается следующими результатами работы.

1. Проведен анализ текущего состояния области исследования, по результатам которого выявлены проблемы, связанные с управлением рисками проектов в целом: рекомендательный характер описания этапов управления рисками в регламентирующих документах и признанных мировым сообществом методологиях управления проектами, отсутствие четкого разграничения понятий «риск» и «рискообразующий фактор»; и с управлением рисками на всех этапах жизненного цикла программных продуктов в частности: отсутствие единой классификации рисков и рискообразующих факторов, информации о рисках, специфичных для IT-бизнеса в базах данных существующих на рынке программных продуктов по управлению рисками.

2. В результате анализа литературы по управлению рисками выявлена логическая взаимосвязь понятий «цель проекта» и «риск проекта». Целью разработки программного продукта, как результата завершенного проекта, в соответствии с модификацией правила «железного треугольника», является реализация в нормативные сроки и без превышения планового бюджета программного

продукта с заданными функциональными требованиями (содержание проекта). Это утверждение позволило сформулировать новые понятия рисков программного продукта: срыв плановых сроков разработки программного продукта; превышение стоимости (бюджета) разработки; критические отклонения по составу и содержанию функциональных требований; критические отклонения по выполнению нефункциональных требований (по показателям качества проекта).

3. Предложен оригинальный классификатор внутренних рискообразующих факторов, основанный на элементах универсальной модели деятельности, обеспечивающий систематизацию процесса управления рисками: «предмет деятельности — программный продукт, субъект деятельности — команда проекта, средства деятельности — инструментальные средства разработки программного продукта, технологии деятельности — технологии управления процессами разработки программного продукта».

4. На основании анализа существующих стандартов и методик управления рисками предложен оригинальный комплекс семантических моделей, описывающий технологию поддержки принятия решений при управлении рисками, показывающий место предложенных нечетких моделей в процессе управления рисками и позволяющий выделить основные сущности процесса, используемые в дальнейшем при проектировании концептуальной модели структурных элементов разработанного программного комплекса.

5. Разработана оригинальная нечеткая модель расчета рейтинга рискообразующих факторов, отличающаяся от известных формализацией процесса вычисления рейтинга (ранга), основанного на нечетких описаниях оценок близости наступления и степени критичности факторов и позволяющая лицу принимающему решение получать числовое выражение рейтинга рискообразующих факторов, ранжировать их по степени критичности влияния на цели проекта, выделяя факторы, требующие немедленного реагирования.

6. Впервые предложена оригинальная нечеткая когнитивная модель выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных риско-

образующих факторов, позволяющая лицу принимающему решение учитывать существующие взаимосвязи рисков и рискообразующих факторов и формировать альтернативные варианты плана мероприятий по реагированию на их возможные проявления с учетом выявленного взаимовлияния.

7. На основании предложенных моделей и алгоритмов разработан программный комплекс для ЭВМ «Программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики». Программный комплекс выполнен на языке С# в виде десктопного приложения и зарегистрирован в Реестре программ для ЭВМ (свидетельство № 2017664236 от 19.12.2017 г.).

8. Полученные научные результаты внедрены и используются в Томских IT-компаниях ООО «Паравеб» и ООО «МагДевелопмент»; в лаборатории ТУСУРа «Центр веб-технологий и информационных ресурсов»; в учебном процессе кафедры автоматизации обработки информации (АОИ) ТУСУРа; при выполнении НИОКР ТУСУРа № 3653 на 2015-2016 гг.. — номер государственной регистрации АААА-А15-115120910054-7 — «Модели, алгоритмы и программное обеспечение поддержки принятия решений по управлению рисками в социально-экономических и производственно-технологических системах».

9. Использование методики, моделей, алгоритмов и разработанный программный комплекс позволяют риск-менеджерам при управлении рисками программных проектов отбирать из базы данных множество возможных рискообразующих факторов с учетом особенностей предметной области; получать числовое выражение рейтинга рискообразующих факторов, основанное на качественных оценках близости наступления и критичности факторов; ранжировать их по степени критичности влияния на сроки оказания услуги, выделять факторы, требующие особого внимания, формировать множество альтернативных решений по формированию планов мероприятий, направленных на снижение влияния значимых рискообразующих факторов.

Продолжением проведенного исследования может быть модернизация базы данных, с целью возможности предоставления распределенного доступа к хранящейся в ней информации, ее дальнейшее наполнение новыми рискообразующими факторами, присущими этапам жизненного цикла программного продукта; ведение реестра мероприятий, выполняемых в процессе управления рисками, включающего оценку эффективности выполненных мероприятий, что может стать основой базы знаний по управлению рисками.

Список литературы

1. Рынок ИТ-услуг и ИТ-аутсорсинга в России. Обзор TAdviser [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%98%D0%A2-%D0%B0%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%B3>, свободный (дата обращения: 01.10.2019)
2. Pulse of the Profession 2019. The Future of Work. Leading the Way With PMTQ. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2019.pdf?v=ff445571-0b23-4a2b-a989-44eb20df55bd&sc_lang_temp=en, свободный (дата обращения: 01.10.2019).
3. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК). — 6-е изд. — М.: Олимп-Бизнес, 2019. — 792 с.
4. BS 6079-1:2010 Project management. Part 3: Guide to the management of business related project risk. — London: BSI, 2003. — 27 p.
5. Ярошенко, Ф.А. P2M. Управление инновационными проектами и программами / Ф.А. Ярошенко, С.Д. Бушуев, Х. Танака. — СПб: Проф-лит, 2015. — 320 с.
6. APM. Body of knowledge. — 6-th edition. — Association for Project Management, 2012. — 258 p.
7. DIN 69901-1 Projektmanagement — Projektmanagementsysteme — Teil1: Grundlagen. — Berlin: Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ) im DIN, 2009. — 30 p.
8. Hinde, D. PRINCE 2. Study Guide / D. Hinde — New Jersey: John Wiley and Sons, Ltd, 2012. — 528 p.
9. ГОСТ Р 54869-2011 Требования к управлению проектом. — М.: Стандартинформ, 2011. — 14 с.
10. ГОСТ Р ИСО 21500-2014 Руководство по проектному менеджменту. — М.: Стандартинформ, 2014. — 50 с.

11. ГОСТ Р ИСО 10006-2005 Руководство по менеджменту качества при проектировании. — М.: Стандартинформ, 2005. — 28 с.

12. ISO 1006:2017 Quality Management Systems: Guidelines for Quality Management in Projects [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10006:ed-3:v1:en>, свободный (дата обращения 09.08.2018).

13. ГОСТ Р ИСО 31000 — 2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство. — М.: Стандартинформ, 2010. — 20 с.

14. ISO 31000:2009 Risk management — Principles and guidelines [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://www.iso.org/ru/standard/43170.html> , свободный (дата обращения 09.08.2018).

15. ГОСТ Р 51897 — 2011/Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2010. — 12 с.

16. Авдошин, С.М. Информатизация бизнеса. Управление рисками / С.М. Авдошин, Е.Ю. Песоцкая. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 176 с.

17. Фатрелл, Р.Т. Управление программными проектами. Достижение оптимального качества при минимуме затрат / Р.Т. Фатрелл, Д.Ф. Шафер, Л.И. Шафер. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 1136 с.

18. Бозм, Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения / Б.У. Бозм. — М.: Радио и связь, 1985. — 512 с.

19. Де Марко, Т. Вальсируя с медведями: управление рисками в проектах по разработке программного обеспечения / Т. Де Марко, Т. Листер. — М.: «p.m.Office», 2005. — 196 с.

20. Скотт, К. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования / К. Скотт, М. Фаулер; пер. с англ. — М.: Мир, 1999. — 191 с.

21. Трофимов, С. Риски программных проектов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.caseclub.ru/articles/risk.html>, свободный (дата обращения 09.09.2019).

22. Архипенков, С. Лекции по управлению программными проектами [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://citforum.ru/SE/project/arkhipenkov_lectures/10.shtml, свободный (дата обращения 09.08.2018).

23. Сыч, Г.Л. Риски разработки программного обеспечения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2016/pdf/29263.pdf>, свободный (дата обращения 09.08.2018).

24. Гудов, А.М. Технология разработки программного обеспечения: учебное пособие/ А.М. Гудов, С.Ю. Завозкин, С.Н. Трофимов. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://unesco.kemsu.ru/study_work/method/po/UMK/Posobie/index.html, свободный (дата обращения 05.08.2018).

25. Manager's Handbook for Software Development, Revision 1. Document number SEL-84-101 / NASA Software Engineering Laboratory — Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, 1990. — 79 p.

26. Липаев, В.В. Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств / В.В. Липаев — М.: СИНТЕГ, 2003. — 224 с.

27. Курбацкий, А.Н. Управление рисками программного проекта./ А.Н. Курбацкий, И.А. Король, А.И. Король // Информатизация образования.— 2011. — № 4 (65). — С. 37-62.

28. Брагина, Т.И. Анализ подходов к управлению рисками в программных проектах с итеративным жизненным циклом / Т.И. Брагина, Г.В. Табунщик // Радіоелектроніка, інформатика, управління. — 2011. — № 2 (25). — С. 120-123.

29. Гущина, О.А. Применение интеллектуальных систем при управлении рисками программных проектов/ О.А. Гущина. // Вестник Мордовского университета. — 2017. — № 2. — С. 250-263.

30. Титов, А.И. Управление рисками ИТ-проектов на основе компонентной структуры разрабатываемого программного обеспечения / А.И. Титов // Интеллектуальные технологии на транспорте. — 2017. — № 4 (12). — С. 12-17.

31. Макашова, В.Н. Управление ресурсными рисками в проектах по разработке программного обеспечения / В.Н. Макашова, В.А. Ошурков. // Экономика и социум. — 2014. — № 3-2 (12). — С. 444-453.

32. Налютин, Н.Ю. Управление рисками в программных проектах высокой надежности / Н.Ю. Налютин, В.А. Рябов. // Программные продукты и системы. — 2011. — № 3. — С. 15.

33. Таганов, А.И. Задачи и методы нечеткого управления рисками программного проекта/ А.И. Таганов, Д.В. Гильман // Системы управления и информационные технологии. — 2012. — Т. 48. — № 2. — С. 79-83.

34. Зубкова, Т.М. Автоматизация управления рисками программных проектов на основе нечеткого логического вывода / Т.М. Зубкова, Е.Н. Ишакова. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2015. — Т. 15. — № 5. — С. 877-885.

35. Мулюков, Р.Р. Методика управления рисками программных проектов на основе самоорганизующихся карт Кохонена./ Р.Р. Мулюков// Информационно-телекоммуникационные системы и технологии (ИТСиТ – 2015): Материалы Всероссийской науч-практ конф., 16-17 октября 2015 г. — Кемерово: Изд-во Куз. гос. техн. университета имени Т.Ф. Горбачева, 2015. — С. 143.

36. Зубкова, Т.М. Интеллектуальный метод решения задачи управления рисками программных проектов / Т.М. Зубкова, Е.Н. Ишакова, А.С. Сотова.// Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн:

Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., 17-19 ноября 2015 г. — Тамбов: Изд-во Тамб. Гос. техн. университета, 2016. — С. 417-421.

37. Степанов, В.О. Применение интеллектуальных систем при управлении рисками программных проектов / В.О. Степанов, О.А. Гущина. // Вестник Мордовского университета. — 2017. — Т. 27. — № 2. — С. 250-261.

38. Макашова, В.Н. Анализ эффективности применения механизмов управления ресурсными рисками проектов разработки ПО / В.Н. Макашова, В.А. Ошурков. // Экономика и социум. — 2014. — № 3-2 (12). — С. 437-444.

39. Коробкин, В.В. Применение метода прецедентов на этапе предпроектного исследования в целях снижения рисков при проектировании программного обеспечения распределенных информационно-управляющих систем / В.В. Коробкин, А.Е. Колоденкова, А.П. Кухаренко. // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2016. — № 8 (181). — С. 4-14.

40. Глушенко, С.А. Применение механизма нечеткой логики для оценки риска инвестиционно-строительных проектов / С.А. Глушенко. // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). — 2014. — № 3 (47). — С. 58-68.

41. Глушенко, С.А. Система нечеткого моделирования рисков инвестиционно-строительных проектов / С.А. Глушенко, А.И. Долженко. // Бизнес-информатика. — 2015. — № 2 (32). — С. 48-58.

42. Программный продукт «Dekker TRAKKER» компании Dekker Project Management Information System [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://softwareconnect.com/edi/dekker-trakker-abcabm/>, свободный (дата обращения 07.08.2019).

43. Программный продукт «Open Plan Professional» компании AProject [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pmonline.ru/software/openp/>, свободный (дата обращения 07.08.2019).

44. Программный продукт «Genius project» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.geniusproject.com/>, свободный (дата обращения 07.09.2019).

45. Программный продукт «Microsoft Project» компании Microsoft [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.microsoft.com/ru-ru/p/project-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9-2016/cfq7ttc0k5d2?cid=msft_web_collection&activetab=pivot%3aoverviewtab, свободный (дата обращения 05.10.2018).

46. Программный продукт «Celoxis» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.celoxis.com/>, свободный (дата обращения 02.10.2019).

47. Программный продукт «Clarizen» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.clarizen.com/>, свободный (дата обращения 02.10.2019).

48. Программный продукт «Sciforma» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.sciforma.com/>, свободный (дата обращения 02.10.2019).

49. Программный продукт «Primavera» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.oracle.com/ru/applications/primavera/solutions/products.html>, свободный (дата обращения 02.10.2019).

50. Программный продукт «@Risk Professional for Project» компании Palisade Corporation Directory [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.palisade.com/>, свободный (дата обращения 02.10.2019).

51. Программный продукт «РискДетектор» Института системного анализа РАН [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.srisks.ru/>, свободный (дата обращения 02.10.2019).

52. Программный продукт «RiskGap». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://riskgap.ru/>, свободный (дата обращения 07.04.2018).

53. Программный продукт «Microsoft Security Assessment Tool (MSAT)» компании Microsoft [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.microsoft.com/ru-ru/download/details.aspx?id=12273>, свободный (дата обращения 02.10.2019).

54. Программный продукт «vsRisk» компании IT Governance и Vigilant Software [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.vigilantsoftware.co.uk/category/compliance-tools>, свободный (дата обращения 05.10.2019).

55. Программный продукт «CRAMM» компании Insight Consulting Limited [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cramm.com>, свободный (дата обращения 05.10.2019).

56. Программный продукт RiskWatch компании RiskWatch Inc [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://riskwatch.com/>, свободный (дата обращения 05.10.2019).

57. Программный продукт COBRA компании Risk Associates [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.cobra-advice.com>, свободный (дата обращения 05.10.2019).

58. Программный продукт MethodWare компании MethodWare [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://themecraft.net/www/methodware.com>, свободный (дата обращения 05.10.2019).

59. Программный продукт Proteus компании InfoGov [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://proteuscyber.com>, свободный (дата обращения 05.10.2019).

60. Interfacing risk and earned value management / APM Joint Risk and Earned Value Working Group. — Princes Risborough: Association for Project Management, 2008. — 20 p.

61. Project risk analysis and management (PRAM) guide / Association for Project Management. — 2 -nd ed. — Princes Risborough: Association for Project Management, 2004. — 20 p.

62. Hillson, D.A. Understanding and managing risk attitude. / D.A. Hillson, R. Murray-Webster. — Aldershot: Gower, 2005. — 208 p.

63. A Risk Management Standard / The Institute of Risk Management, ALARM The National Forum for Risk Management in the Public Sector, The Association of Insurance and Risk Managers. — © 2002 IRM, AIRMIC, ALARM © 2007 Risk Analysis Consultants, 2007. — 27 p.

64. BS 31100:2011 risk management — code of practice and guidance for the implementation of BS ISO 31000. / British Standards Institution. — London: BSI, 2011. — 56 p.

65. Chapman, C.B. Project risk management: processes, techniques and insights / C.B. Chapman, S.C. Ward. — 2 -nd ed. — Chichester: Wiley, 2003. — 233 p.

66. Hillson, D.A. Effective opportunity management for projects: exploiting positive risk / D.A. Hillson. — New York, NY: Marcel Dekker. — 340 p.

67. Ньюэлл, М.В. Управление проектами для профессионалов: руководство по подготовке к сдаче сертификационного экзамена / М.В. Ньюэлл; пер. с англ. А.К. Казаков. — 3-е изд. — М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2006. — 416 с.

68. Хэлдман, К. Управление проектами. Быстрый старт / К. Хэлдман; пер. с англ. Шпаковой Ю.; под ред. Неизвестного С.И. — М.: ДМК Пресс; Академия АйТи, 2008. — 352 с.

69. Фадейкина, Н. Эволюция взглядов на категории «риск» и «неопределенность» /Н. Фадейкина // Риск:Ресурсы, информация снабжение, конкуренция. — 2013. — № 3. — С. 202-208.

70. Обзор Microsoft Solutions Framework (MSF) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/jj161047\(v=vs.120\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/jj161047(v=vs.120).aspx), свободный (дата обращения: 05.10.2019).

71. ITIL® V3. A Pocket Guide. — Zaltbommel: Van Haren Publishing, 2011. — 194 p.

72. Ехлаков, Ю.П. Классификация и описание рискообразующих факторов при создании программных продуктов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. — 2013. — № 3(29). — С. 124-128.

73. Перегудов, Ф.И. Основы системного анализа: учебник / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. — 2-е изд., доп. — Томск: Изд-во НТЛ, 1997. — 396 с.

74. Глушенко, С.А. Анализ функциональной полноты программных систем управления рисками / С.А. Глушенко // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). — 2012. — № 2. — С. 53-62.

75. Яковлев, А.Д. Программные продукты управления рисками / А.Д. Яковлев, А.А. Демчуков [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://econf.rae.ru/pdf/2014/07/3554.pdf>, свободный (дата обращения: 05.10.2019).

76. Абрамов, А.С. Применение методологии MSAT для оценки защищенности предприятия / А.С. Абрамов, В.Д. Писарев, А.К. Шилов // Научно-практический электронный журнал «Аллея Науки». — 2017. — № 13. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://alley-science.ru/domains_data/files/September17/PRIMENENIE%20METODOLOGII%20MSAT%20DLYa%20OCENKI%20ZAShISHENNOSTI%20PREDPRIYaTIYa.pdf свободный (дата обращения: 05.10.2019).

77. Gartner Magic Quadrant for PPM Project Management Software Tools Review // Project Management Journal [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pmjournal.ru/articles/novosti/gartner-magic-quadrant-for-ppm-project-management-software-tools-review/>, свободный (дата обращения: 05.10.2019).

78. Фреге, Г. Логика и логическая семантика: сборник трудов / Г. Фреге. — М.: Аспект Пресс, 2000. — 512 с.

79. Моррис, Ч.У. Основания теории знаков / Ч.У. Моррис // Семиотика: Антология — М.: Академический проект, 2001. — С. 45-97.

80. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и ее роль в принятии приближенных решений / Л. Заде. — М.: Мир, 1976. — 168 с.

82. Фатхутдинов, Р.А. Инновационный менеджмент: учебник для вузов / Р.А. Фатхутдинов. — 6-е изд. — СПб.: Питер, 2008. — 448 с.

83. Силов, В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В.Б. Силов. — М.: ИНПРО-РЕС, 1995. — 228 с.

84. Максимов, В.И. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений / В.И. Максимов, Е.К. Корноушенко, С.В. Качаев [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/bpa/092aa276c601a997c32568c0003ab839>, свободный (дата обращения: 20.09.2019).

85. Пылькин, А.Н. Методология когнитивного анализа в вопросах автоматизации управления материальными потоками» / А.Н. Пылькин, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина. // Информатика и системы управления. — 2012. — № 2(32) — С. 138-149.

86. Максимов, В.И. Анализ и управление в нестабильной среде / В.И. Максимов, С.В. Качаев, Е.К. Корноушенко. // Банковские Технологии. — 1999. — № 3. — С. 47-52.

87. Chen, Z. Impacts of risk attitude and outside option on compensation contracts under different information structures / Z. Chen, Y. Lan, R. Zhao. // Fuzzy Optimization and Decision Making. — 2018. — Vol. 17, Iss. 1. — P. 13-47.

88. Linguistic fuzzy consensus model for collaborative development of fuzzy cognitive maps: a case study in software development risks / C. De Maio, G. Fenza, V. Loia, F. Orciuoli. // Fuzzy Optimization and Decision Making. — 2017. — Vol. 16, Iss. 4. — P. 463-479.

89. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения: Монография / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова, П.В. Сараев, И.В. Черпаков. — Липецк: ЛЭГИ, 2002. — 113 с.

90. Робертс, Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам/ Ф.С. Робертс; пер. с англ. — М.: Наука, 1986. — 496 с.

91. Бараксанов, Д.Н. Математическое и программное обеспечение поддержки принятия решений при продвижении программного продукта на корпоративный рынок: дис. ... канд. техн. наук. — Томск, 2016. — 186 с.

92. Ехлаков, Ю.П. Математическая модель и алгоритм выбора интернет-площадок и мест размещения коммуникационных сообщений при организации рекламных кампаний / Ю.П. Ехлаков, Д.Н. Бараксанов. // Бизнес-информатика. — 2017. — № 1. — С. 55-60.

93. Система поддержки принятия решений «Игла» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/>, свободный (дата обращения 05.10.2019).

Приложение А (справочное)

База данных рискообразующих факторов

Таблица А.1 — Рискообразующие факторы этапов жизненного цикла программного продукта

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
Продукт			
1. Несоответствие базовых функциональных характеристик ПП потребностям пользователей.	Некорректная постановка задачи заказчиком. Неверная интерпретация исполнителем требований заказчика. Отсутствие промежуточных точек контроля хода выполнения проекта. Слабые знания исполнителями проекта особенностей бизнес-процессов. Получение негативной обратной связи от пользователей	Дополнительные работы по изменению типовой конфигурации.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
2. Несовместимость ПП с программно-аппаратной инфраструктурой заказчика.	Ошибки при проведении этапа анализа предметной области и проектирования.	Вопрос производительности системы может быть решен путем увеличения аппаратных мощностей, что приведет к увеличению затрат на проект.	Превышение бюджета.
3. Изменение дистрибьютором поставляемых версий ПП в период реализации проекта.	Изменение нормативно-правового регулирования бизнес-процессов. Развитие функционала по итогам рекомендаций пользователей ПП.	Слабый уровень владения дистрибьютором новой версией ПП. дополнительный объем работ дистрибьютора по адаптации нового функционала ПП. Частичное нарушение целостности и работоспособности ПП.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
4. Низкий уровень интеграции ПП с существующими у заказчика информационными системами (ИС).	Ошибки при проведении этапа анализа предметной области и проектирования, которые могут привести к полной или частичной несовместимости по форматам представления данных и классификаторам между ПП и информационными системами.	Дополнительные финансовые и временные затраты на реализацию сервисов интеграции с ИС заказчика.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.
5. Недостаточный уровень защиты информационной базы от ошибочных действий пользователей.	Логические ошибки при программировании. Несоответствие ПП стандартам информационной безопасности. Неверный или неопределенный заранее регламент назначения ролей и предоставления прав сотрудникам заказчика.	Увеличение вероятности уязвимости системы, что может привести к убыткам заказчика.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.
6. Слабое влияние ПП на совершенствование бизнес-процессов заказчика.	Недостаточный опыт заказчика по составлению требований к ПП.	Дополнительные работы по выявлению требований и доработке функционала ПП.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по функциональным требованиям.
7. Разработка некорректного пользовательского интерфейса ПП.	Отсутствие надлежащего внимания разработчиков к процессу прототипирования. Слабое взаимодействие команды разработчиков с представителями заказчика.	Дополнительные работы по выявлению требований и доработке функционала ПП.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.
8. Ошибки проектирования архитектуры ПП.	Отсутствие опыта членов команды разработчиков. Недостаточный опыт заказчика по составлению требований к ПП.	Повышение трудоемкости этапов тестирования и сопровождения. Невозможность модификации и обновления ПП.	Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
9. Высокий уровень объема и сложности программного кода.	Обуславливается только спецификой ПП.	Привлечение сторонних специалистов. Дополнительное обучение членов команды разработчиков.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. с
10. Неоднозначность и противоречивость кода	Отсутствие опыта членов команды разработчиков. Отсутствие регламентов написания и инструментов проверки кода	Привлечение сторонних специалистов.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
11. Неверная разработка пользовательских функций	Неполные и нечеткие требования к ПП. Отсутствие понимания между заказчиком и командой разработчиков. Отсутствие промежуточных точек контроля выполненных работ по проекту со стороны заказчика.	Дополнительное время для исправления допущенных ошибок. Включение представителей заказчика в команду проекта.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.
12. Сложность сборки отдельных модулей ПП, разработанных разными членами команды	Отсутствие регламентов написания кода. Низкое качество технической документации по проекту. Разрыв в квалификации между членами команды разработчика. Слабая коммуникация между членами команды разработчика. Отсутствие системы контроля версий.	Дополнительное время для сборки готового ПП, внесение изменений в разработанные модули ПП.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.
13. Разработка собственных компонентов ПП.	Разработка собственных компонентов ПП с «нуля» может быть обусловлена как отсутствием опыта команды разработчиков, так и спецификой разрабатываемого ПП.	Нерациональное использование трудовых ресурсов. Невозможность или сложность интеграции разработанных компонентов со стандартными компонентами платформы разработки.	Срыв плановых сроков.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
14. Позднее обнаружение ошибок	Отсутствие должного внимания к планированию этапа тестирования. Отсутствие промежуточных точек контроля выполненных работ по проекту со стороны заказчика.	Увеличение сложности внесения исправлений в код ПП. Ошибки, обнаруженные во время эксплуатации ПП могут привести к убыткам клиента.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.
15. Отсутствие тестирования ПП на этапах проекта.	Ошибки в планировании работ по проекту, к которым может привести отсутствие опыта менеджера проекта.	Позднее обнаружение ошибок.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП.
16. Низкое качество учебно-методических материалов (УММ) по обучению пользователей.	Низкий уровень коммуникации между разработчиками, составителями УММ и пользователями. Отсутствие опыта составления УММ.	Увеличение сроков этапа опытной эксплуатации и внедрения. Выполнение членами команды разработчиков дополнительных работ по технической поддержке пользователей.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
17. Низкое качество технической документации ПП	Отсутствие в команде разработчиков специалиста по составлению технической документации.	Увеличение сроков этапа опытной эксплуатации. В будущем – привлечение членов команды разработчиков к дополнительным работам по технической поддержке пользователей ПП.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
18. Отсутствие комментариев в коде.	Отсутствие регламентов написания кода.	Сложность сборки компонентов ПП. Программисты, работающие над другими компонентами, будут тратить дополнительное время на поиск нужного кода.	Срыв плановых сроков.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
<p>19. Расширение функционала типовой конфигурации разработчиком одновременно с разработкой исполнителем модели на типовой конфигурации</p>	<p>Появление новых законов, регламентирующих бизнес-процессы заказчика. Отдельные бизнес-процессы заказчика не предусмотрены в типовой конфигурации. Появление обновлений платформы, связанных с повышением масштабируемости и производительности; расширением спектра решаемых задач; созданием нового эргономичного интерфейса; развитием средств построения экономической и аналитической отчетности; совершенствованием средств быстрой разработки прикладных решений; развитием возможностей интеграции; развитием технологии поставки и поддержки прикладных решений; развитием средств администрирования</p>	<p>Увеличение объема работ исполнителя по внедрению нового функционала. Временное увеличение нагрузки сотрудников исполнителя. Увеличение сроков разработки модели.</p>	<p>Превышение плановых сроков и бюджета этапа.</p>
<p>20. Возможности типового решения не позволяют полностью реализовать все требования заказчика к информационной системе.</p>	<p>Особенности предметной области заказчика. Низкое качество исследований бизнес-процессов заказчика. Скрытие данных заказчиком. Несоответствие бизнес-процессов заказчика существующим регламентам.</p>	<p>Дополнительные работы исполнителя по изменению типовой конфигурации. Построенная исполнителем модель информационной системы в полной мере не соответствует бизнес-процессам заказчика.</p>	<p>Превышение сроков этапа. Критические отклонения по требованиям к качеству работ, выполненных на этапе.</p>

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
21. Необходимость разработки надстройки над типовой конфигурацией (внешние отчеты и обработки).	Отдельные бизнес-процессы заказчика не предусмотрены в типовой конфигурации. Скрытие данных заказчиком. Несоответствие отдельных бизнес-процессов заказчика существующим регламентам.	Дополнительные работы сотрудников исполнителя по изменению типовой конфигурации.	Превышение сроков этапа.
22. Реализация несоответствующей функциональности.	Ошибки выполнения этапа анализа предметной области. Низкое качество технического задания, предоставляемого заказчиком. Отсутствие взаимопонимания между командой разработчиков и заказчиком.	Дополнительные работы по доработке ПП. Невозможность вывода ПП на рынок.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.
23. При реализации проекта используются прямые запросы к базе данных.	Низкая квалификация членов команды разработчиков, дефицит трудовых ресурсов, низкое владение членами команды технологиями разработки.	Увеличивается вероятность уязвимости системы, что может принести убытки клиенту.	Критические отклонения по требованиям к качеству.
24. Реализация программного кода выполняется вне компонентов платформы разработки	Низкая квалификация членов команды разработчиков, дефицит трудовых ресурсов, низкий уровень знаний разработчиков по функционалу и возможностям платформы.	Затрудняется поддержка и модернизация системы.	Критические отклонения по требованиям к качеству.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
25. Ошибки в настройке собственных компонентов	Низкая квалификация членов команды разработчиков, дефицит трудовых ресурсов, низкий уровень знаний разработчиков по функционалу и возможностям платформы. Отсутствие регламентов написания кода.	Затрудняется поддержка и модернизация системы.	Критические отклонения по требованиям к качеству.
26. Ошибки настройки сервера.	Отсутствие в команде разработчиков специалиста в области системного программирования.	Изменение настроек сервера может привести к срыву сроков разработки ПП и увеличению затрат на проект, в случае привлечения сторонних специалистов для решения проблемы.	Критические отклонения по требованиям к качеству.
29.База данных, которая используется в ПП, не обеспечивает обработку ожидаемого объема транзакций.	Неверно построенные запросы к базе данных. Реальная нагруженность ПП выше запланированной. Характеристики технических средств заказчика не позволяют выполнить процесс обработки транзакций с ожидаемой скоростью.	Скорость обработки запросов ниже ожидаемой. Изменение концептуальной и физической структур базы данных.	Критические отклонения по требованиям к качеству.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
30. Программные компоненты, используемые повторно, имеют дефекты, ограничивающие их функциональные возможности.	Недостаточный уровень квалификации членов команды разработки. Использование новых технологий разработки ПП.	Доработка программных компонентов.	Срыв плановых сроков.
31. Случайное повреждение или удаление исходного кода	Недостаточный уровень квалификации членов команды разработки. Отсутствие системы контроля версий. Ошибки в работе системы контроля версий.	Дополнительные работы по восстановлению программного кода.	Срыв плановых сроков.
32. Нечеткое определение конкурентных преимуществ ПО	Наличие на рынке аналогичных ПО; отсутствие или недостаточный уровень рекламы; отсутствие или недостаточный опыт команды по продвижению ПП.	Невозможность внедрения проекта; саботаж конечных пользователей; незаинтересованность со стороны целевой аудитории	Срыв плана по количеству продаж.
33. Невостребованность ПП рынком	Наличие на рынке аналогичных ПО; отсутствие или недостаточный уровень рекламы; отсутствие или недостаточный опыт команды по продвижению ПП. Несоответствие базовых функциональных характеристик ПП потребностям пользователей.	Отсутствие ожидаемой прибыли от продажи ПП.	Провал проекта.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
34. Высокие невозвратные издержки проекта.	Покупка специализированного оборудования или ПО, обусловленная спецификой реализуемого проекта. Низкое качество проведения этапа сбора требований.	Дополнительные финансовые затраты.	Превышение бюджета.
35. Ошибки при расчете стоимости ПП.	Неверный выбор методик ценообразования.	Отказ конечных пользователей от приобретения ПП.	Срыв плана по количеству продаж.
Команда проекта			
36. Недостаточный опыт команды разработчиков.	Команда проекта впервые реализует подобный проект. Для реализации ПП используются новые, не используемые ранее технологии.	Ошибки в планировании финансовых и временных затрат. Большое количество синтаксических ошибок в коде. Дополнительное обучение сотрудников, которое может повысить их рабочую нагрузку.	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.
37. Дефицит трудовых ресурсов команды проекта.	Ведение нескольких проектов одновременно. Нестабильное кадровое состояние команды. Отпуска или больничные участников команды.	Увеличение рабочей нагрузки сотрудников. Привлечение сторонних специалистов для выполнения отдельных работ по проекту. Отказ от разработки проекта.	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.
38. Нестабильность команды проекта.	Межличностные конфликты между членами команды. Неудовлетворительные условия труда. Низкая мотивация членов команды.	Увеличение рабочей нагрузки сотрудников. Привлечение сторонних специалистов для выполнения отдельных работ по проекту. Отказ от разработки проекта.	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
39. Незаинтересованность отдельных членов команды проекта.	Межличностные конфликты между членами команды. Неудовлетворительные условия труда. Низкая мотивация членов команды.	Изменение сроков проекта. Низкое качество ПП. Саботаж отдельных членов команды проекта.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.
41. Недостаточный уровень квалификации команды разработчиков по обучению конечных пользователей.	Отсутствие опыта членов команды разработчиков по обучению конечных пользователей.	Значительное увеличение сроков этапов опытной эксплуатации и внедрения. Дополнительная нагрузка на членов команды разработчиков по осуществлению технической поддержки пользователей.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
42. Большой разрыв в квалификации специалистов разных областей знаний.	Специфика разрабатываемого ПП. Конечные пользователи не имеют опыта работы с аналогичными проектами, им неизвестно, как решать стоящие перед ними задачи. Конечные пользователи не имеют представления о понятиях или деталях разработки системы.	Нечеткие и неполные требования к ПП. Часто изменяемые требования к ПП.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.
43. Ненужная оптимизация и оттачивание деталей.	Психологический фактор. Причиной возникновения может быть особенность существующего микроклимата в команде разработчиков или неопытность менеджера проекта.	Не рациональное использование трудовых ресурсов, завышение реальных сроков выполнения работ по проекту.	Срыв плановых сроков.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
44. Недостаточное владение членами команды проекта технологиями разработки	Вынужденный спецификой проекта переход на новую платформу или технологию разработки, изменение среды разработки. Недостаточный опыт команды разработчиков по использованию технологии разработки.	Увеличение числа ошибок в коде, как логических, так и синтаксических, увеличение времени на разработку, дополнительная нагрузка по обучению на сотрудников.	Срыв плановых сроков.
45. Недостаточное владение членами команды проекта технологиями продвижения продукта	Ошибки при планировании и реализации программы продвижения	Несоответствие плановых и фактических показателей результативности программы продвижения. Сокращение объемов продаж.	Срыв плановых сроков.
46. Низкая производительность членов команды проекта	Нерациональное использование трудовых ресурсов. Одновременное совмещение сотрудниками команды нескольких функций: сопровождение действующих систем, повышение квалификации, участие в подготовке технико-коммерческих предложений, участие в презентациях, административная работа, отпуска, праздники, больничные и т.д..	Может привести к дополнительной нагрузке отдельных сотрудников, пострадают сроки выполнения заданий, может возникнуть необходимость в экстремальном программировании.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
47. Недостаточный опыт команды проекта по адаптации и внедрению	Команда проекта впервые реализует подобный проект.	Дополнительная нагрузка на членов команды проекта. Необходимость планирования повышения квалификации сотрудников команды. Увеличение сроков выполнения этапов в силу увеличения вероятности ошибочных действий сотрудников на этапах.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству.
48. Отсутствие у команды проекта необходимого опыта по продвижению	Ошибки при планировании и реализации программы продвижения	Несоответствие плановых и фактических показателей результативности программы продвижения	Срыв плана по количеству продаж. Превышение бюджета программы продвижения.
49. Низкий уровень взаимозаменяемости в команде проекта	Нестабильная кадровая ситуация в команде проекта. Дефицит трудовых ресурсов. Разный уровень квалификации членов команды проекта. Особенности разрабатываемого ПП.	Дополнительная нагрузка на отдельных сотрудников в случае вынужденного перераспределения работ по проекту. Привлечение к работам по проекту сторонних специалистов.	Срыв плановых сроков.
Технология управления продуктом			
50. Слабая организация планирования и контроля хода выполнения проекта и его отдельных этапов	Ошибки в оценке сроков и объемов работ по проекту, определяемых заказчиком. Недостаточный опыт менеджера проекта.	Неравномерное распределение нагрузки на сотрудников компании. Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта.	Срыв плановых сроков.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
51. Ошибки в процессе управления изменениями требований.	Отсутствие опыта управления требованиями. Отсутствует или не используется система управления версиями требований, менеджер проекта не уделяет должного внимания отслеживанием состояния требований и связей между ними.	Команда проекта несвоевременно узнает об изменении требований. Нечеткие, неполные или противоречивые требования к ПП.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.
52. Ошибки или отсутствие процесса управления проектом.	Недостаточный опыт менеджера по управлению программными проектами. Выбор руководителя проекта из команды разработчиков. Незаинтересованность руководства компании в ПП.	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта, бюджета проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета .
53. Ошибки управления процессом разработки программного продукта.	Недостаточный опыт менеджера по управлению программными проектами. Выбор руководителя проекта из команды разработчиков. отсутствие плана по разработке ПП; отсутствие расписаний по разработке ПП; отсутствие текущего контроля и документирования деятельности команды по разработке ПП; ошибки в стратегиях подбора и оценки членов команды разработчиков ПП.	Несоответствие плановых и реальных сроков разработки, недостаточная квалификация членов команды проекта, невозможность оценки и контроля текущего состояния процесса.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
54. Ошибки при определении бюджета проекта	Недостаточный опыт менеджера по управлению программными проектами. Выбор руководителя проекта из команды разработчиков. Незаинтересованность руководства компании в ПП.	Недостаточное финансирование проекта или задержка финансирования этапов проекта, нестабильность команды проекта, отказ от проекта.	Превышение бюджета .
55. Ошибки в оценках трудоемкости и сроков работ по проекту.	Недостаточность или отсутствие опыта в оценках трудоемкости и сроков работ. Введение в заблуждение менеджера членами команды разработчиков (преднамеренное завышение степени трудоемкости и сроков работ).	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта. Дополнительный объем работ сотрудников компании.	Срыв плановых сроков.
56. Несоответствие стандартам, регламентирующим управление проектами.	Отсутствие у менеджера проекта опыта управления проектом, слабая поддержка или отсутствие поддержки руководителями компании процесса управления проектами.	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта, бюджета проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета .
57. Появление забытых работ.	У руководителя проекта отсутствует полное видение проекта. Изъяны в планировании работ по проекту. Отсутствие точек промежуточного контроля. Недостаточный уровень взаимодействия с заказчиком.	Позднее обнаружение ошибок, сдвиг сроков тестирования и опытной эксплуатации, дополнительная нагрузка на отдельных членов команды разработки.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по функциональным требованиям.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
58. Слабый уровень взаимодействия менеджера проекта с заказчиком	Незаинтересованность руководителя проекта в общении с заказчиком. Незаинтересованность в ПП представителя заказчика. Территориальная разобщенность заказчика и исполнителя. Минимальная вовлеченность в проект конечного пользователя.	Неполнота и нечеткость требований, увеличение вероятности изменения требований в процессе разработки. Позднее обнаружение ошибок.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по функциональным требованиям. Критические отклонения по требованиям к качеству.
59. У руководителя проекта отсутствует видение системы в целом	Отсутствие прототипа приложения. Руководитель проекта совмещает руководство проектом с дополнительными обязанностями. Неполнота и нечеткость требований.	Руководитель проекта не может оценить трудоемкость и состав работ по проекту.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
60. Ошибочный выбор метода сегментирования	Недостаточный опыт при сегментировании рынка.	Неверно определена целевая аудитория; низкое количество конечных пользователей; снижение конверсии.	Срыв плана по количеству продаж.
61. Недостаточное сегментирование рынка	Недостаточный опыт при сегментировании рынка.	Низкое количество конечных пользователей.	Срыв плана по количеству продаж.
62. Ошибочный выбор целевой аудитории	Недостаточный опыт при продвижении программного продукта. Занижение прогнозируемых показателей программы продвижения.	Низкое количество конечных пользователей	Срыв плана по количеству продаж.
63. Ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций	Недостаточный опыт при продвижении программного продукта.	Низкий уровень осведомленности целевой аудитории	Срыв плана по количеству продаж.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
64. Отсутствие критериев оценки эффективности продвижения ПП	Недостаточный опыт при продвижении программного продукта	Низкая степень разработанности маркетинговой стратегии; невозможность комплексной реализации маркетинговой стратегии	Срыв плана по количеству продаж.
65. Недостаточное внимание к проекту руководством компании	Менеджер проекта уделяет недостаточное внимание проблемам управления человеческими ресурсами, контролю технической стороны, допускаются несоответствия в графике разработки.	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета .
66. Нестабильность принципов менеджмента проектов, принятых в организации.	Ненадлежащее отношение руководства компании к управлению проектами. Отсутствие внутренних документов, регламентирующих процесс управления проектами. Нестабильность кадрового состава организации.	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта, бюджета проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета.
67. Слабая поддержка менеджмента проектов со стороны руководства организации.	Ненадлежащее отношение руководства компании к управлению проектами. Отсутствие контроля со стороны руководства. Незаинтересованность руководства в реализуемом проекте.	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта, бюджета проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета.
68. Границы и рамки проекта определены неверно	Слабый уровень взаимодействия менеджера проекта с заказчиком. Отсутствие четкой формулировки и полноты требований со стороны заказчика. Нестабильность требований к ПП со стороны заказчика.	Необходимость доработки технического задания. Появление дополнительных работ на этапах внедрения и опытной эксплуатации.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
69. Увеличение объема работ Исполнителя в рамках выделенного бюджета этапа.	Расширение функционала типовой конфигурации разработчиком одновременно с разработкой исполнителем модели на типовой конфигурации.	Саботаж сотрудников исполнителя. Увеличение сроков разработки модели. Временное увеличение нагрузки сотрудников исполнителя.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.
70. Временное увеличение нагрузки на сотрудников во время согласования модели.	Дополнительные работы по изменению типовой конфигурации. Расширение функционала типовой конфигурации разработчиком одновременно с разработкой Исполнителем модели на типовой конфигурации.	Низкое качество построенной модели. Увеличение сроков построения модели.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.
71. Недостаток информации о внешних компонентах, определяющих окружение ПП или вовлеченных в интеграцию.	Низкий уровень качества проведения этапа анализа предметной области и проектирования. Неточные и неполные требования к ПП.	Низкий уровень интеграции ПП с существующими у заказчика информационными системами (ИС).	Критические отклонения по требованиям к качеству.
72. Недостаточная осведомленность менеджера проекта о точном состоянии проекта.	Недостаточный опыт менеджера проекта. Одновременное руководство несколькими проектами. В работе не используется система контроля версий. Формальное выполнение обязанностей менеджером проекта.	Отсутствует возможность корректной оценки текущего состояния проекта.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
73. Невозможно подобрать работников с требуемым профессиональным уровнем.	Высокий уровень сложности ПП. Использование новой технологии разработки ПП. Отсутствие в числе сотрудников компании необходимого специалиста.	Организация дополнительного обучения сотрудника. Привлечение сторонних специалистов. Дополнительное время на обучение членов команды разработчиков.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета.
74. Невозможно организовать необходимое обучение персонала	Использование новой технологии разработки ПП.	Привлечение сторонних специалистов. Дополнительная нагрузка членов команды разработчиков по организации	Превышение бюджета.
75. Недостаточное финансирование проекта.	Несоответствие между заявленным бюджетом проекта и существующим финансированием. Ошибки в оценке трудоемкости проекта. Незапланированные расходы по проекту (привлечение сторонних специалистов, обучение и сертифицирование членов команды проекта). Незаинтересованность высшего руководства в проекте.	Нестабильный состав команды проекта. Увеличение сроков выполнения этапов проекта и их низкое качество. Саботаж сотрудников.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.
76. Неверно определены масштабы рынка внедрения	Недостаточный опыт определения рынка внедрения; неверно описаны потенциальная целевая аудитория или цель самого ПП (маркетолог не понимает, что выводить и для кого на рынок).	Невозможность реализации маркетинговой стратегии	Срыв плана по количеству продаж.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
77. Неверно выделены побудительные мотивы потребителей	Низкая конверсия. Новые потребители не появляются.	Невозможность реализации маркетинговой стратегии; отсутствие стабильного (растущего) рынка сбыта	Срыв плана по количеству продаж.
78. Недостаточное количество ресурсов для продвижения ПП	Отсутствие финансовых / трудовых ресурсов для продвижения ПП.	Невозможность продвижения ПП на рынок; ошибки при реализации маркетинговой стратегии	Срыв плана по количеству продаж.
79. Ошибочные прогнозы объема продаж.	Использование неадекватного метода прогнозирования. Отсутствие исходных данных для прогнозирования.	Несоответствие плановых и фактических показателей результативности программы продвижения.	Срыв плана по количеству продаж.
80. Недостаточная проработка коммуникационных сообщений	Отсутствие опыта в составлении коммуникационных сообщений. Неверно описаны потенциальная целевая аудитория или цель самого ПП (маркетолог не понимает, что выводить и для кого на рынок). Неверно выделены побудительные мотивы потребителей.	Несоответствие плановых и фактических показателей результативности программы продвижения. Заниженная реакция пользователей на коммуникационные воздействия	Срыв плана по количеству продаж.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
81. Низкий уровень внутренней организации работ при выполнении проекта, неумение работать в реальном времени.	Неопытность менеджера проекта. Отсутствие графика промежуточного контроля. Слабый уровень коммуникации между членами команды проекта.	Увеличение вероятности позднего обнаружения ошибок. Разработка плохо согласованных между собой компонентов ПП.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.
Технология управления разработкой			
82. Высокая скорость устаревания применяемых технологий.	Специфика разрабатываемого ПП. Текущее состояние рынка технологий.	Низкий уровень интеграции ПП с существующими у заказчика информационными системами и аппаратно-программным комплексом.	Критические отклонения по требованиям к качеству.
83. Ошибки при выборе программно-аппаратной платформы и средств реализации продукта.	Низкое качество проведения этапа сбора требований. Неполные и неточные требования к проекту. Низкая квалификация членов команды проекта.	Вынужденный возврат на этап анализа предметной области и проектирования.	Срыв плановых сроков.
84. Недостаточные навыки владения исполнителями новыми инструментальными средствами разработки ПП.	Отсутствие в команде проекта необходимых специалистов. Использование новых технологий разработки.	Увеличение сроков выполнения этапов проекта. Организация дополнительного обучения членов команды разработчиков. Привлечение сторонних специалистов.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
85. Использование при разработке ПП новых программных средств и технологий.	Требования заказчика ПП. Желание руководителей компании соответствовать современному уровню развития информационных технологий.	Дополнительное время на обучение членов команды разработки. Привлечение сторонних специалистов. Увеличение времени выполнения этапа разработки. Несоответствие разработанного ПП требованиям к качеству.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Превышение бюджета.
86. Не учтены все особенности кэширования.	Отсутствие в команде разработки специалиста по информационной безопасности интернет-приложений.	Система может работать не корректно, и, тем самым, привести к убыткам заказчика ПП, что является причиной критических отклонений по требованиям к качеству ПП.	Критические отклонения по требованиям к качеству.
87. Не оптимальное использование возможностей API.	Отсутствие в команде разработки специалиста по информационной безопасности интернет-приложений.	Увеличивается вероятность уязвимости системы, что говорит о возникновении риска критических отклонений по требованиям к качеству ПП.	Критические отклонения по требованиям к качеству.
88.Изменение платформы, используемой заказчиком, в процессе реализации проекта.	Изменение конфигурации технических средств заказчика во время реализации проекта.	Дополнительные работы по проекту, связанные с адаптацией разработанного ПО к новым конфигурациям технических средств заказчика.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
89. Недостаточная зрелость технологий, применяемых в процессе реализации проекта.	Использование новых технологий разработки ПП.	Увеличение сроков этапов проектирования и программирования ПП. Дополнительное время на обучение членов команды разработчиков. Низкое качество ПП.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета.
Потребители			
90. Незаинтересованность руководства во внедрении ПП.	Несоответствие функционала ПП основным требованиям заказчика. Консерватизм руководителей организации заказчика. Незнание руководителями организации заказчика возможностей ПП. Отсутствие или недостаточный уровень рекламы ПП. Неправильные или недостаточные действия менеджера проекта по разъяснению возможностей ПП.	Отказ от проекта. Затягивание процесса подписания контракта на разработку. Неполные, неточные или противоречивые требования.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета.
91. Нечеткие функциональные и нефункциональные требования к проекту.	Отсутствие опыта составления требований у заказчика. В требованиях к проекту не оговорены такие функциональные требования, как: наличие программы установки, возможность настройки, конкретная конфигурация, миграция данных, интерфейсы с внешними системами, наличие справочной системы. Пропущены нефункциональные требования к ПП: производительность, надежность, открытость, масштабируемость, безопасность, портируемость, эргономичность.	Ошибки в планировании финансовых и временных затрат по проекту. Увеличение вероятности изменения требований.	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
92. Отсутствие опыта представителей заказчика в реализации подобных проектов.	Представители заказчика не обладают необходимыми знаниями предметной области.	Нечеткие функциональные и нефункциональные требования к проекту.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.
93. Не предоставление заказчиком информации, необходимой для составления технического задания в указанные сроки	Отсутствие опыта заказчика при реализации подобных проектов. Недостаток квалификации заказчика. Преднамеренное утаивание информации заказчиком. Отсутствие фиксированного договора по выполняемым работам.	Изменение сроков подготовки технического задания.	Срыв плановых сроков.
94. Недостаточная готовность производства (бизнес-процессов) к внедрению ПП	Недостаток квалификации заказчика как пользователя. Отсутствие со стороны заказчика мероприятий, разъясняющих необходимость внедрения ПП. Недостаточность мотивации конечных пользователей.	Увеличение сроков этапа внедрения ПП. Отказ конечных пользователей от ПП.	Срыв плановых сроков.
95. Нестабильность требований к ПП со стороны заказчика.	Нестабильность бизнес-процессов заказчика. Отсутствие опыта заказчика при реализации подобных проектов. Слабое вовлечение представителей заказчика в процесс реализации проекта.	Частое изменение требований к разрабатываемому ПП. Сдвиг плановых сроков этапов разработки ПП. Дополнительный объем работ членов команды проекта по доработке ПП.	Срыв плановых сроков.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
96. Незаинтересованность отдельных сотрудников заказчика во внедрении ПП	Отсутствие мотивации сотрудников заказчика. Продвижение другого ПП отдельными сотрудниками заказчика. Отсутствие мероприятий по разъяснению преимуществ ПП.	Увеличение сроков этапа внедрения ПП. Отказ конечных пользователей от ПП.	Срыв плановых сроков.
97. Незаинтересованность IT-специалистов заказчика во внедрении ПП	Недостаточность квалификации IT-специалистов. Продвижение ПП конкурентов IT-специалистами. Отсутствие мотивации IT-специалистов. Недостаточная степень участия IT-специалистов заказчика в процессе разработки ПП.	Увеличение сроков этапа внедрения ПП. Дополнительный объем работ членов команды разработчиков по технической поддержке пользователей ПП.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
98. Низкий уровень подготовки квалификации сотрудников заказчика по информационным технологиям.	Отсутствие мероприятий по подготовке пользователей ПП. Некачественные учебно-методические материалы по ПП. Временное увеличение нагрузки на сотрудников заказчика во время обучения.	Увеличение сроков этапа внедрения ПП. Отказ конечных пользователей от ПП. Дополнительное финансирование программы обучения пользователей. Дополнительный объем работ членов команды разработчиков по технической поддержке пользователей ПП.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
99. Незаинтересованность сотрудников заказчика в обучении информационным технологиям.	Отсутствие мотивации к обучению. Временное увеличение нагрузки на сотрудников заказчика во время обучения. Незаинтересованность сотрудников заказчика в ПП.	Увеличение сроков этапа внедрения ПП.	Срыв плановых сроков.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
100. Активное или пассивное сопротивление (саботаж) сотрудников заказчика.	Незаинтересованность отдельных сотрудников заказчика во внедрении ПП. Отсутствие мероприятий по разъяснению преимуществ ПП.	Отказ от использования ПП.	Срыв плановых сроков.
101. Временное увеличение нагрузки на сотрудников заказчика во время внедрения системы.	Высокая загруженность сотрудников заказчика.	Увеличение сроков этапа опытной эксплуатации. Саботаж сотрудников заказчика. Формальное проведение этапа опытной эксплуатации.	Срыв плановых сроков.
102. Временное увеличение нагрузки на сотрудников Заказчика во время обучения.	Отсутствие расписания занятий. Плохое качество учебно-методических материалов. Высокая загруженность сотрудников заказчика.	Увеличение сроков обучения. Несовпадение фактического и запланированного сроков окончания этапа внедрения ПП.	Срыв плановых сроков.
103. Отказ от использования ПП.	Отсутствие мотивации конечных пользователей. Продвижение другого ПП отдельными пользователями. Отсутствие мероприятий по разъяснению преимуществ ПП.	Увеличение сроков этапа опытной эксплуатации. Саботаж сотрудников заказчика.	Срыв плановых сроков.
104. Ухудшение финансовой ситуации организации заказчика.	Нестабильность экономической ситуации в государстве. Нестабильность структуры организации. Несовершенное управление организацией.	Нестабильное финансирование работ по проекту.	Срыв плановых сроков.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
105. Нестабильность структуры организации.	Несовершенное управление организацией. Низкий уровень квалификации кадрового состава.	Отсутствие должного внимания со стороны руководства к реализуемым проектам. Изменение приоритетов в управлении проектом.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям. Превышение бюджета.
106. Сотрудники заказчика не принимают участие в реализации проекта.	Высокая загруженность сотрудников заказчика. Незаинтересованность руководства организации-заказчика в реализации проекта. Недочеты в работе руководителя проекта по организации взаимодействия с заказчиком.	Неполные и неточные требования к ПП. Позднее обнаружение ошибок. Несоответствие функционала разработанного ПП потребностям пользователей.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.
107. Конечные пользователи не имеют представления о понятиях или деталях разработки системы.	Слабое вовлечение сотрудников заказчика в процесс реализации проекта. Большой разрыв в квалификации специалистов разных областей знаний.	Неполные и неточные требования к ПП.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Критические отклонения по функциональным требованиям.
108. Нестабильное финансирование работ по проекту.	Отсутствие пакета юридических документов, регламентирующих процесс финансирования работ по проекту. Несоблюдение организацией-заказчиком условий контракта по финансированию. Ухудшение финансовой ситуации организации-заказчика.	Задержка оплаты труда членов команды проекта.	Срыв плановых сроков.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
109. Противоречивость требований к ПП.	Отсутствие опыта составления требований у заказчика. Непонимание заказчиком поставленной перед ним задачи.	Может привести к позднему выявлению ошибок на этапах разработки и интеграции ПП и к вынужденному уточнению требований.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.
Партнеры			
110. Появление на рынке новых аналогичных продуктов.	Выход на рынок аналогичного ПП. Актуальность разработки ПП.	Повышение конкуренции среди программных продуктов. Невозможность вывода на рынок программного продукта.	Срыв плана по количеству продаж.
111. Непредсказуемое поведение конкурентов.	Отсутствие информации о возможных конкурентах. Наличие на рынке аналогичных ПП.	Нечеткое определение конкурентных преимуществ ПП.	Срыв плана по количеству продаж.
112. Дискредитация ПП со стороны конкурентов.	Наличие на рынке аналогичных ПП. Высокий уровень конкуренции на рынке аналогичных ПП.	Невозможность вывода на рынок программного продукта. Пересмотр плана маркетинговой компании.	Срыв плана по количеству продаж. Превышение бюджета программы продвижения.
113. Пиратское распространение копий ПП.	Появление в сети Интернет лицензионных ключей или «взломанных» версий ПП. Недостаточный уровень защиты ПП от несанкционированного копирования.	Незаинтересованность потенциальных потребителей в использовании легальных копий.	Срыв плана по количеству продаж.
114. Изменение цен на услуги связи.	Тарифная политика поставщиков услуг. Экономическая ситуация в государстве. Высокий уровень инфляции.	Дополнительные расходы на рекламную компанию.	Превышение бюджета программы продвижения.
115. Изменение цен на размещение рекламы	Тарифная политика поставщиков услуг. Экономическая ситуация в государстве. Высокий уровень инфляции. Пересмотр маркетинговой программы.	Дополнительные расходы на рекламную компанию.	Превышение бюджета программы продвижения.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
116. Изменение цены на лицензионное программное обеспечение, используемое при разработке ПП.	Тарифная политика поставщиков услуг. Экономическая ситуация в государстве. Высокий уровень инфляции. Выпуск новых версий программного обеспечения.	Дополнительные финансовые расходы по проекту.	Превышение бюджета.
117. Ненадёжная работа аутсорсинговых компаний.	Отсутствие опыта работы менеджера проекта с аутсорсинговыми компаниями. Отсутствие юридической поддержки отношений между компаниями. Низкий уровень квалификации сотрудников аутсорсинговой компании.	Смена аутсорсинговой компании.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству.
Государство и рынок			
118. Нестабильность нормативно-правовых механизмов ведения бизнеса у заказчика	Изменение политики государства в области бизнеса организации-заказчика проекта. Принятие законов, связанных с регулированием бизнес-процессов, затрагивающих область применения ПП. Изменение структуры нормативно-правовых актов.	Изменение условий контракта и связанных с ними доработок по проекту в соответствии с новыми нормативно-правовыми механизмами.	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков.
119. Нестабильность курса валют	Изменение экономической и политической обстановки в государстве. Нестабильное соотношение рубля к иностранной валюте.	Возможное изменение цен на ПП, рекламу, услуги.	Превышение бюджета.

Продолжение таблицы А.1

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
120. Отсутствие устойчивой законодательной практики по защите авторских и имущественных прав.	Отсутствие нормативно-правовых актов по защите авторских и имущественных прав. Отсутствие патентов, свидетельств регистрации на разработанное ПП.	Потеря прав на разрабатываемый ПП.	Провал проекта.
121. Изменение экономической ситуации в государстве, отрасли, регионе.	Экономический кризис.	Изменение платежеспособности потребителей	Срыв плановых сроков.
122. Изменение ставок по кредитам.	Нестабильность экономической ситуации в государстве. Экономический кризис.	Увеличение платежей по кредиту. Изменение финансового положения организации-исполнителя и/или организации-заказчика. Нестабильное финансирование работ по проекту.	Срыв плановых сроков. Провал проекта.
123. Изменение ситуации на рынке ПП	Изменение условий регистрации патента. Появление на рынке новых аналогичных продуктов.	Повышение конкуренции среди программных продуктов. Невозможность вывода на рынок программного продукта.	Превышение бюджета.
124. Нестабильность нормативно-правовых механизмов ведения бизнеса у команды проекта.	Изменение политики государства в области бизнеса организации-исполнителя проекта. Изменение структуры нормативно-правовых актов.	Изменение условий контракта и связанных с ними доработок по проекту в соответствии с новыми нормативно-правовыми механизмами.	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков.

Приложение Б (справочное)

Сравнительный анализ программных продуктов по управлению рисками

Таблица Б.1 — Сравнительный анализ разработанного программного комплекса с программами-аналогами, доступными по ценовой политике организациям малого бизнеса

Программный продукт	Идентификация	Качественный и количественный анализ	Вычисление рейтинга (ранга)	База данных	Примечания
Genius project	Для каждого идентифицированного риска создается профиль, который содержит следующую информацию о риске: название риска, проект, к которому относится риск, фаза проекта, к которой относится риск, информация о руководителе проекта, оценка времени возможного проявления, визуальные индикаторы, отображающие «здоровье» риска, история изменения профиля риска.	Возможность определения вероятности возникновения риска и уровня возможных негативных последствий от его проявления. Вероятность и сила воздействия оцениваются с помощью качественных категорий. Существует возможность изменять количество уровней измерения характеристик от 3-х до 6-ти, в зависимости от предпочтений риск-менеджера.	Ранги рисков вычисляются с помощью матрицы вероятность-воздействие. Числовые значения рангов, согласно документации к ПП, вычисляются с помощью перемножения значений вероятности и силы воздействия. Количество уровней измерения рангов не изменяется и всегда равно трем.	База данных отсутствует	Нет русифицированной версии программного продукта. Понятия риска и рискообразующего фактора не разделяются.

Продолжение таблицы Б.1

Программный продукт	Идентификация	Качественный и количественный анализ	Вычисление рейтинга (ранга)	База данных	Примечания
Celoxis	При управлении рисками создается документ, хранящий информацию о риске – название риска, проект, к которому относится риск, информация о руководителе проекта, задача проекта, с которой связан риск, информация о владельце риска, время возможного возникновения риска.	Для каждого идентифицированного риска дополнительно указывается вероятность его возникновения и сила воздействия на связанную с риском задачу. Шкалы оценивания вероятности и силы воздействия настраиваются пользователем, количество градаций шкал варьируется от трех до пяти.	Ранги идентифицированных рисков определяются в соответствии с матрицей вероятность-воздействие. ПП предлагает распределить идентифицированные риски по трем уровням опасности: низкий, средний и высокий.	База данных рисков и рискообразующих факторов отсутствует.	Необходимо отметить хорошо продуманное визуальное представление идентифицированных рисков, наличие шкалы показателя «здоровья проекта». К недостаткам ПП можно отнести отсутствие русифицированной версии.

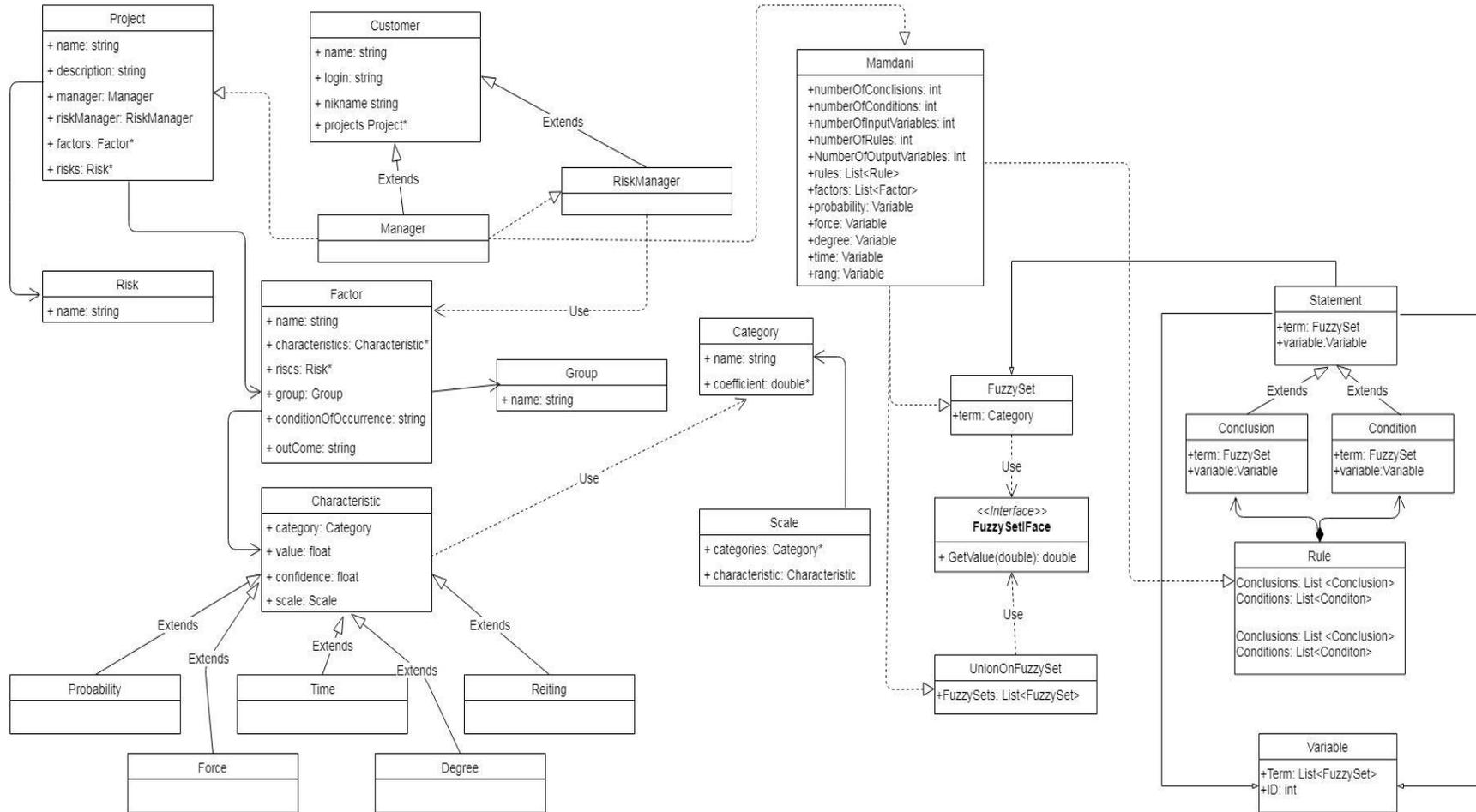
Продолжение таблицы Б.1

Программный продукт	Идентификация	Качественный и количественный анализ	Вычисление рейтинга (ранга)	База данных	Примечания
Open Proj	<p>Управление рисками в ПП связано с управлением рисками задач, расписания и ресурсов проекта.</p> <p>База знаний ПП автоматически относит к рискованным задачи, лежащие на критическом пути, задачи с большим числом зависимых задач; ресурсы со множеством назначений</p>	<p>Для всех идентифицированных как рискованные задач и ресурсов определяется вероятность риска и сила воздействия. Шкала оценки вероятности и силы воздействия может настраиваться пользователем, количество уровней оценки может изменяться от трех до десяти.</p>	<p>Ранги рискованных задач и ресурсов вычисляются с помощью матрицы вероятность-воздействие. Пакет предоставляет возможность выделения трех уровней риска – риски, к которым организация толерантна, риски, которые требуют дополнительного наблюдения, риски, которые требуют немедленного реагирования.</p>	<p>База данных рисков отсутствует</p>	<p>Поскольку процесс управления рисками в ПП ассоциирован с управлением рисками задач, расписания и ресурсов проекта, необходимо отметить, что Open Proj предоставляет мощную базу знаний, которая позволяет автоматически выделять рискованные области проекта.</p>

Окончание таблицы Б.1

<p>Программный продукт</p>	<p>Идентификация</p>	<p>Качественный и количественный анализ</p>	<p>Вычисление рейтинга (ранга)</p>	<p>База данных</p>	<p>Примечания</p>
<p>Программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с использованием алгоритмов нечеткой логики</p>	<p>На первом шаге идентификации определяются риски проекта. Далее пользователю предоставляется возможность отбора факторов риска по категориям: команда проекта, потребитель, управление технологией разработки, продукт и управление продуктом; при идентификации рискообразующих факторов ведется реестр рискообразующих факторов, в котором сохраняется следующая информация: проект, менеджер проекта, риск-менеджер проекта, название фактора, описание условий и последствий проявления.</p>	<p>Для каждого рискообразующего фактора риск-менеджер оценивает вероятность проявления, близость наступления, силу воздействия на риски проекта. Для оценивания характеристик фактора используются настраиваемые шкалы оценивания. Предлагается использование качественных шкал оценивания, градации которых связываются с лингвистическими перемными.</p>	<p>Рейтинг рискообразующих факторов вычисляется на основании качественных оценок критичности и близости наступления фактора. Для вычисления используется механизм нечеткого вывода, база правил которого определяется пользователем. Шкала оценивания рейтинга настраивается пользователем ПП с учетом отношения (толерантности) организации к риску, и может иметь от трех до шести градаций.</p>	<p>Существует база данных рискообразующих факторов, присущих этапам жизненного цикла программных продуктов и сервис, предоставляющий возможности ее расширения.</p>	

Приложение В (справочное) ERD-модель



**Приложение Г
(справочное)**

Когнитивная матрица взаимовлияния рисков и рискообразующих факторов

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,7 & 0,7 & 0 & 0 & 0,8 & 0,7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,7 & 0,7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,6 & 0 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0,3 & 0,7 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,7 & 0,7 & 0 & 0 & 0,8 & 0,8 & 0 & 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2 & -0,3 & -0,3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»



СВЕРЖДАЮ
Проректор
и профессор
Пурьгин Ю.А.
2017 г.

АКТ
о внедрении результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Пермяковой Натальи Викторовны

Комиссия в составе председателя Гриценко Ю.Б., начальника инновационного управления, членов: Журавлевой Н.Л., начальника отдела организации и планирования НИОКР, Бараксанова Д.Н., начальника центра веб-технологий и информационных ресурсов, составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Пермяковой Н.В. «Нечеткие модели, алгоритмы и программное обеспечение оценки рисков и рискообразующих факторов на этапах жизненного цикла программного продукта» использованы лабораторией ТУСУРа «Центр веб-технологий и информационных ресурсов» при оказании услуг по адаптации и внедрению в вузы и техникумы России «Сервиса электронного расписания». Используются следующие результаты диссертационной работы:

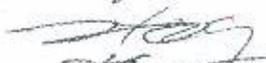
- методика оценки рейтинга рискообразующих факторов;
- база данных рисков и рискообразующих факторов;
- программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики.

Это позволяет руководителям лаборатории на стадии заключения договоров отбирать из базы данных множество возможных рискообразующих факторов с учетом особенностей учебного заведения; получать числовое выражение рейтинга рискообразующих факторов, основанное на качественных экспертных оценках близости наступлений и критичности факторов; ранжировать их по степени критичности влияния на сроки оказания услуги, выделяя факторы, требующие особого внимания.

Председатель комиссии

 Гриценко Ю.Б.

Члены комиссии:

 Журавлева Н.Л.
 Бараксанов Д.Н.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
и инновациям
канд. техн. наук
Рулевский В.М.
18» 06 2018 г.

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Пермяковой Натальи Викторовны

Комиссия в составе председателя Гриценко Ю.Б., начальника инновационного управления; членов: Журавлевой Н.Л., начальника отдела организации и планирования НИОКР; Ехлакова Ю.П., заведующего кафедрой автоматизации обработки информации, научного руководителя проекта, подтверждают, что результаты диссертационной работы Пермяковой Н.В. «Нечеткие модели, алгоритмы и программное обеспечение оценки рисков и рискообразующих факторов на этапах жизненного цикла программного продукта» использованы при выполнении государственного задания ТУСУРа № 3653 на 2015-2016 гг. (номер государственной регистрации АААА-А15-115120910054-7) «Модели, алгоритмы и программное обеспечение поддержки принятия решений по управлению рисками в социально-экономических и производственно-технологических системах». В состав заключительного отчета по теме вошли следующие результаты, полученные лично Пермяковой Н.В.:

- «Методика формализованного описания рискообразующих факторов» (глава 2);
- «Модели, алгоритмы и программное обеспечения принятия решений при управлении рисками программных проектов» (глава 4).

Председатель комиссии

 Гриценко Ю.Б.

Члены комиссии:

 Журавлева Н.Л.

 Ехлаков Ю.П.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента образования
д-р техн. наук профессор
Троян П.Е.

«21» 06 2019 г.

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Пермяковой Натальи Викторовны
в учебном процессе

Комиссия в составе председателя Сенченко П.В., декана факультета систем управления, членов: Сидорова А.А., зав. кафедрой автоматизации обработки информации (АОИ), Потаховой И.В., заместителя заведующего кафедрой АОИ по учебно-методической работе, подтверждают, что результаты диссертационной работы Пермяковой П.В. «Нечеткие модели, алгоритмы и программное обеспечение оценки рисков и рискообразующих факторов на этапах жизненного цикла программного продукта» используются в учебном процессе кафедры АОИ при организации занятий по следующим дисциплинам:

- «Управление программными проектами» — по направлению 09.03.04 — «Программная инженерия»;
- «Организация бизнеса на рынке программных продуктов» по направлению 09.04.04 — «Программная инженерия».

Председатель комиссии

Сенченко П.В.

Члены комиссии:

Сидоров А.А.

Потахова И.В.

ООО «Паравеб»
ИНН 7017421754 КПП 701701001
ОГРН 1177031069214
Адрес: 634009, г.Томск, пр. Ленина, 94, пом.5001
Тел.: 8(3822) 700-275
E-mail: hi@paraweb.me

АКТ
о внедрении результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Пермяковой Натальи Викторовны

Компания «Паравеб» предоставляет услуги по разработке и внедрению интернет-приложений. Ключевыми особенностями реализуемых компанией IT-проектов являются малый период реализации (до 6 месяцев) и немногочисленный коллектив исполнителей.

Комиссия в составе председателя Ахтямова Э.К., директора ООО «Паравеб», членов: Юдиной К.В., аккаунт-директора ООО «Паравеб», Голованёва А.Е., руководителя проектов ООО «Паравеб», составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Пермяковой Н.В. «Нечеткие модели и программное обеспечение поддержки принятия решений при оценке рискообразующих факторов программного продукта» прошли экспериментальную апробацию в ООО «Паравеб» при разработке и внедрении Web-портала высоконагруженного интернет-магазина.

При этом использовались: методика оценки рейтинга рискообразующих факторов; база данных рисков и рискообразующих факторов; программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики; нечеткая когнитивная модель поддержки принятия решений при реализации плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов. В процессе экспериментальной апробации на этапах анализа предметной области и проектирования; прототипирования; разработки визуальной части; разработки основной программно-аппаратной части; тестирования и внедрения были выделены следующие риски: срыв плановых сроков разработки; увеличение бюджета проекта; критические отклонения при реализации функциональных требований; критические отклонения при реализации требований к качеству, идентифицировано и оценено руководством компании 16 рискообразующих факторов, потенциально влияющих на возможное наступление рисков, рассчитаны альтернативные варианты планов мероприятий по снижению влияния критически важных рискообразующих факторов.

Полученные рекомендации были включены в календарный план работ по созданию web-портала интернет-магазина. Компания и в дальнейшем планирует использовать в своих проектах результаты Пермяковой Н.В. для оценке рисков и рискообразующих факторов.

Председатель комиссии

Ахтямов Э.К.

Члены комиссии:

Юдина К.В.

Голованёва А.Е.



[Handwritten signature]
[Handwritten signature] 30.05.2019
[Handwritten signature]



Генеральный директор


Корниенко Е.В.

02.10.2019

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Пермяковой Натальи Викторовны

Настоящий документ свидетельствует о том, что результаты диссертационной работы Пермяковой Н.В. «Нечеткие модели, алгоритмы и программное обеспечение оценки рисков и рискообразующих факторов на этапах жизненного цикла программного продукта» использованы ООО «МАГ Девелопмент» при сопровождении распределенной ERP-системы в группе компаний «КДВ».

В процессе сопровождения заняты специалисты отдела разработки и службы поддержки конечных пользователей, основной задачей которых является развитие и модификация функций информационной системы в соответствии с поставленными бизнес-задачами и запросами пользователей, а также изменением нормативно-правовой базы, касающейся хозяйственной деятельности компании. Успешное проведение работ по сопровождению связано с рядом проблем, ключевыми из которых являются отсутствие или задержка своевременного реагирования на запросы и предложения бизнес-пользователей, нарушение целостности и работоспособности системы при ее модификации.

В организации процесса сопровождения специалистами компании использованы следующие результаты диссертационной работы:

- база данных рисков и рискообразующих факторов;
- методика оценки рейтинга рискообразующих факторов;
- комплекс семантических моделей управления рисками;
- нечеткая когнитивная модель поддержки принятия решений при реализации плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов;
- программный комплекс формализованного описания рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики.

Это позволило специалистам службы поддержки систематизировать процесс управления риском, связанным с нарушением работоспособности функционала при модернизации ERP-системы, отбирать из базы данных множество рискообразующих факторов с учетом специфики проблем сопровождения; рассчитывать рейтинги каждого из факторов, выделять факторы, требующие особого внимания, формировать планы по реагированию на возможные проявления отобранных рискообразующих факторов и принимать решения в случае возникновения внештатных ситуаций в работе системы управления предприятием.

Генеральный директор



Корниенко Е.В.

Начальник отдела разработки
и сопровождения ПО



Герасименко В.В.

Ведущий программист



Никитина Л.В.