

На правах рукописи



РУСИНА АЛЕНА АНДРЕЕВНА

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ВНЕДРЕНИЯ
ЭЛЕКТРОННОГО КОНТЕНТА В ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Специальность: 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» на кафедре О7 «Информационные системы и программная инженерия»

Научный руководитель: **БАЛАШОВ Виктор Михайлович,**
доктор технических наук, профессор,
заместитель генерального Конструктора по
программно-целевому развитию, АО «Научно-
производственное предприятие «Радар ммс»

Официальные оппоненты: **ЧИКРИН Дмитрий Евгеньевич,**
доктор технических наук, доцент,
директор института искусственного интеллекта,
робототехники и системной инженерии, ФГАОУ ВО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ЗАРУБИН Антон Александрович,
кандидат технических наук, доцент,
директор инновационного института искусственного
интеллекта, кибербезопасности и коммуникаций
им. А.С. Попова, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
Государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

Ведущая организация: **ООО «Специальный технологический центр»**
(Санкт-Петербург)

Защита диссертации состоится «__» декабря 2025 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета 99.0.135.02 в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова по адресу 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д.1.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и на сайте <https://voenmeh.ru/nauka/dissertaczionnye-sovety/dissertaczionnyj-sovet-99-0-135-02/>

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Смирнова Мария Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Современный этап развития экономики России характеризуется особой актуальностью решения задач импортозамещения, технологического лидерства за счет использования ресурсосберегающих технологий, информационно-измерительных и управляющих систем, средств автоматизации, автономных технологий и беспилотных транспортных платформ.

С 1 января 2024 года запущен национальный проект «Беспилотные авиационные системы» для формирования в Российской Федерации перспективной самостоятельной отрасли экономики, связанной с созданием и использованием гражданских беспилотных летательных аппаратов. В структуру национального проекта входят федеральные проекты по перспективным технологиям для беспилотных авиационных систем, кадрам для БАС, разработке, стандартизации и серийном производстве БАС и комплектующих, в показателях фигурируют объемы российского рынка БАС с учетом потребности в рамках услуг, достигнутый уровень технологической независимости отрасли БАС.

В Указе Президента Российской Федерации от 18 июня 2024 г. № 529 в перечень приоритетных направлений научно-технологического развития России включены «Интеллектуальные транспортные и телекоммуникационные системы, включая автономные транспортные средства» и указаны важнейшие наукоемких технологий, в частности, критические технологии: транспортные технологии для различных сфер применения (море, земля, воздух), в том числе беспилотные и автономные системы, а также мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды и изменения климата (в том числе районов Мирового океана, морей России, Арктики и Антарктики), технологии предупреждения и снижения рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, негативных социально-экономических последствий.

При организации исследований в части экологического мониторинга, поиска полезных ископаемых в связи с интенсивным развитием беспилотных воздушных судов нарастающее использование получают информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения, позволяющие оперативно, комплексно и без ущерба для экологии исследовать большие площади, в том числе в регионах со сложными природно-климатическими условиями и в отсутствии развитой инфраструктуры.

Информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения включают в свой состав автономную транспортную платформу (беспилотный авиационный носитель), реконфигурируемый (в соответствии с задачами мониторинга) комплект приборной продукции, программно-аппаратный комплекс управления авиационным носителем, программные средства обработки поступающей информации, аппаратуру приема/передачи телеметрической и сигнальной информации и ряд дополнительных устройств, обеспечивающих в своей совокупности эффективные решения поставленных задач.

Областями применения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения являются магниторазведка, гравиразведка, различные модификации электроразведочных методов, гамма-спектрометрия, геохимические методы (газовые и аэрозольные съемки), тепловая съемка и некоторые другие задачи.

Для повышения эффективности съемочных работ приоритетное значение приобретает модернизация алгоритмического и программного обеспечения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения на основе внедрения электронного контента, включающего справочные материалы, инструкции по эксплуатации приборной продукции, нормативные материалы по проведению исследований и обработке полученных результатов и многое другое.

Расширение функциональных возможностей информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения за счет внедрения указанного электронного контента предъявляет новые требования к уровню и качеству подготовки операторов таких систем.

Однако, внедрение электронного контента в алгоритмическое и программное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения объективно несет риски снижения качества съемочных работ.

Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью учета рисков снижения качества аэрогеофизических исследований за счет внедрения электронного контента в состав алгоритмического и программного обеспечения информационно-измерительных аэрогеофизических систем и эмпирическим характером указанного внедрения в настоящий момент.

Предлагаемые в работе методики и алгоритмы рассматриваются как совокупность модели оценки вышеприведенных рисков и алгоритмов непосредственного управления ими.

Степень разработанности темы диссертационной работы определяется результатами следующих исследований:

- направление развития совокупности логико-математических и алгоритмических моделей управления жизненным циклом пространственно-распределенных и мобильных систем, разработанных в трудах Б. Боэма, К. Кернса, Г.В. Анцева, В.А. Липатникова, Н.В. Хованова, П.В. Филиппова, Р.М. Юсупова, А.Л. Ронжина, и др. Методы и основные принципы этого направления дали возможность обосновать унифицированную меру оценки рисков внедрения электронного контента в информационное обеспечение аэрогеофизических информационно-измерительных систем;

- методики анализа и развития соответствующих сложных программных и информационных систем, изложенные в результатах исследований Ф. Брукса, А.Н. Печникова, А.П. Блинова, А.Я. Подколызина, С.П. Ксенза и др., и позволившие выработать интегральный подход к рассмотрению процессов оценки и локализации рисков внедрения электронного контента в программно-технические и информационные средства аэрогеофизических систем;

- методы управления рисками, предложенные в работах Т. ДеМарко, М.Круи, К.Кернса, В.Я. Онищенко, В.Н. Фунтова, Н.Н. Вершинина и др., составившие теоретическую основу методик повышения качества информационного обеспечения аэрогеофизических работ.

Цель работы – расширение функциональных возможностей информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Научная задача – разработка метода управления рисками внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения для расширения их функциональных возможностей.

Объект исследования – информационно-измерительная система аэрогеофизического назначения.

Предмет исследования – алгоритмическое и программное обеспечение информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Задачи исследования:

1. Анализ принципов автоматизации информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения;
2. Разработка модели оценки рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения;
3. Обоснование и разработка алгоритмов прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения;
4. Оценка эффективности предложенных и разработанных научно-технических решений в рамках диссертационного эксперимента.

Научные результаты, выносимые на защиту:

1. Модель итеративной оценки рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения [1, 5];
2. Алгоритм снижения рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения [2, 3, 4];
3. Алгоритм прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент [5, 6, 7].

Указанные научные результаты в своей совокупности образуют новый метод управления рисками интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения.

Методы исследований: при проведении диссертационного исследования использованы методы системного анализа, риск-менеджмента, квалиметрии, аналитического планирования, а также научно-методический аппарат оценки процессов подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Научная новизна результатов исследования заключается в следующем:

1. Модель итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения обеспечила развитие научно-методического аппарата проектирования, создания и совершенствования указанных систем за счет иерархического структурирования, что, в конечном итоге, повысило результативность выявления значимости и контроля каждого из рисков.
2. Алгоритм сокращения рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения позволил, в отличие от известных методов, распространить базовые методы риск-менеджмента на предметную область применения электронного контента за счет дополнения технологии их интеграции приемами аналитического планирования.
3. Алгоритм локализации рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения обеспечил рост достоверности принимаемых решений по созданию средств подготовки специалистов, за счет применения систематизированных баз ранее разработанных визуальных программных компонент.

Обоснованность и достоверность научных результатов определяется:

- тем, что учет итеративности оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения осуществляется без искажений и упрощений современной методологии оценки рисков и риск-менеджмента;
- отсутствием противоречий с базовыми способами и процедурами хеджирования рисков интеграции в различных технических и организационно-технических системах;
- базированием на общих методах локализации рисков разработки программных и информационных средств поддержки процессов обучения и подготовки.

Значимость результатов исследования для науки состоит в:

- упрощении процедур оценки рисков интеграции сложных программно-информационных систем;
- улучшении качества и расширении возможностей актуализации более полного знания о хеджировании рисков при разработке информационного обеспечения;
- расширении возможностей по локализации рисков разработки информационных систем подготовки специалистов, исключении цикличности выработки соответствующих проектных решений.

Практическая значимость заключается в:

- развитии научно-методического аппарата оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения;

- дополнении процедур контроля и анализа рисков снижения качества информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения соответствующим инструментарием сокращения таких рисков;

- исключении необоснованной цикличности процесса разработки информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения на базе современного электронного контента;

- поддержании цифровизации отечественного инженерного образования на качественно новом этапе его развития;

- снижении затрат на развитие средств информационной поддержки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

Личный вклад автора состоит в непосредственной разработке модели итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения. Автором самостоятельно разработаны алгоритмы локализации и сокращения соответствующих рисков. Все научные результаты, выносимые на защиту, получены лично автором. Автор самостоятельно реализовала апробацию и публикацию научных результатов исследования.

Реализация работы: Научные результаты диссертационного исследования использованы при создании информационно-измерительных систем и программно-аппаратных комплексов, что подтверждается актами внедрения в АО «Концерн «Моринформсистема–Агат» (г. Москва), АО «Радиоавионика» (г. Санкт-Петербург), АО «НПФ «Диполь» (г. Санкт-Петербург). Научные результаты также внедрены в образовательный процесс ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» (г. Санкт-Петербург). Также результаты диссертационной работы нашли применение при выполнении научно-исследовательской работы НИР О7-4218 «Разработка программно-информационного обеспечения оценки рисков в сложных производственно-технологических комплексах».

Апробация. Научные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 2 международных, 3 Всероссийских научных и научно-практических конференциях, научных семинарах.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 работ, из них: 7 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК Минобрнауки РФ, 2 – без соавторов.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы, содержащего 108 наименований, и 5 приложений. Основной текст диссертации представлен на 121 странице, включая 8 таблиц и 26 рисунков. Общий объем диссертационной работы с учетом приложений составляет 145 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность тематики диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи работы, уточнены научная новизна полученных результатов, значимость для практики, область применения результатов исследования, приведены сведения об апробации работы и основные положения, выносимые на защиту.

В Первой главе представлен анализ области исследования с позиций контроля рисков снижения качества информационного обеспечения (ИО) информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения от интеграции в их состав различных ранее разработанных прикладных программных компонент и цифрового контента.

Определены принципы и текущие тенденции развития информационного обеспечения информационно-измерительных систем на современном этапе развития, актуализированные в свете нарастающего применения аэрогеофизических технологий исследования земной и морской поверхности.

Выявлено, что текущее состояние предметной области ИО процесса и систем подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения (ИИС АН) характеризуется: как лавинообразным ростом номенклатуры авиароботехники, используемой в

народном хозяйстве России и трудно прогнозируемым снижением уровня начальной подготовленности потенциальных операторов, так и необходимостью обеспечить более предметный уровень подготовки инженерно-обслуживающего персонала изделий авиаробототехники. При этом ужесточены требования по увеличению интенсивности подготовки, констатируется рост номенклатуры осваиваемых вопросов и дефицит времени на разработку специализированного электронного контента обучения.

Рост объемов потребного высокотехнологичного информационного обеспечения подтвержден проводимыми по инициативе Министерства промышленности и торговли Российской Федерации с 2019 года ежегодными конкурсами «Кадры для цифровой промышленности». Законченные проектно-конструкторские решения по направлению «Эксплуатация беспилотных авиационных систем», реализацией программ повышения квалификации и переподготовки в рамках федерального проекта «Кадры для БАС». В рамках указанных проектов в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, как и в других образовательных учреждениях, разработаны образовательные модули и программы обучения для оперативного удовлетворения потребностей в средствах информационного обеспечения подготовки операторов беспилотной авиаробототехники через широкую интеграцию электронного контента (ЭК) в соответствующие образцы информационного обеспечения информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения (рис.1). Именно этот методологический путь решения задачи быстрого и эффективного методического обеспечения подготовки операторов ИИС АН позволил обеспечить массированное получение электронного контента для учебных мероприятий в сочетании с оперативным учетом развития конструктивных и программных решений авиаробототехники. Таким образом, фактически осуществлено частичное и избирательное объединение информационного обеспечения систем подготовки операторов управления ИИС АН изделий авиаробототехники.

Анализируемые (сравниваемые) временные периоды	Предмет анализа (номенклатура вопросов подготовки по ИИС АН)		
	Специальности программ подготовки, связанные с применением ИИС АН	Номенклатура БАС	Тематические блоки вопросов профессиональной подготовки
Декаб' 2021 - Янв' 2023	22	53	6
Февр' 2023 - Янв' 2025	39	118	14

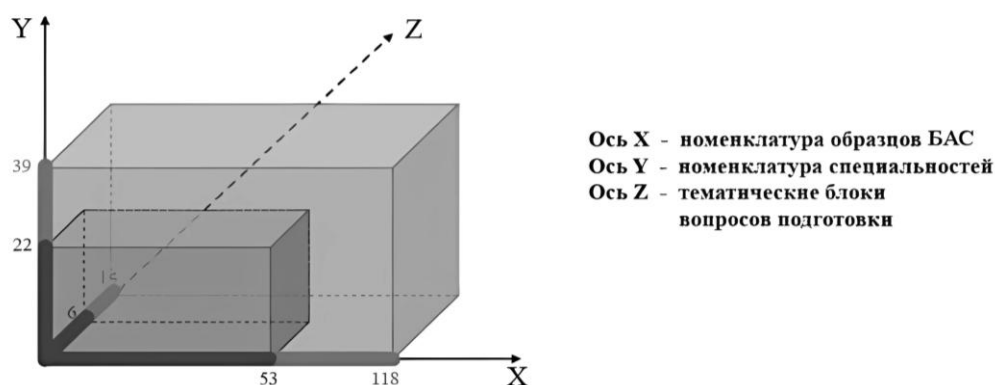


Рисунок 1 – Рост объемов потребного высокотехнологичного информационного обеспечения систем подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения

При всех очевидных достоинствах решения задачи быстрого и всестороннего обеспечения процесса подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения качественными средствами ИО для формирования соответствующих знаний и первичных умений, навыков, за счет эффективного использования контента уже разработанных средств электронного контента для указанных изделий, существуют объективные риски

неэффективности такого решения. Однако такие риски могут быть выявлены, оценены и локализованы.

Риск снижения качества ИО систем подготовки операторов ИИС АН от интеграции в их состав электронного контента определяется как факт недостижения целей мероприятий подготовки операторов ИИС АН с использованием автоматизированных систем обучения.

Таким образом существует объективная необходимость разработки комплексного научно-методического инструментария оценки, хеджирования и локализации рисков снижения качества, указанного ИО от такой интеграции. Он позволит реализовать контроль и снижение описываемых рисков в сочетании с обеспечением оперативного учета развития конструктивных и программных решений авиаробототехники в указанном ИО.

Вторая глава посвящена разработке модели оценки рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение ИИС АН, детализации её логико-математического аппарата. Модель оценки рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН предложено разрабатывать как модель итеративной оценки. Приближенно-рамочный характер риск-анализа в таком варианте оценки компенсируется многократностью проведения процедур оценки указанных рисков над одними и теми же элементами информационного обеспечения, базами визуальных программных компонент (компонентами кода) соответствующего средства подготовки операторов ИИС АН, в процессе их проектирования, разработки, валидации и верификации, а значит, с ориентацией на её использование в базовой технологии разработки средств указанного обеспечения.

Модель итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения является инструментом оперативного анализа причин высокого уровня интегрального риска и выявления аномалий программно-информационного обеспечения соответствующих мероприятий подготовки.

Структурно модель включает в себя пять функционально выделенных логических блоков, реализующих соответствующие процедуры итеративной оценки (рис. 2):

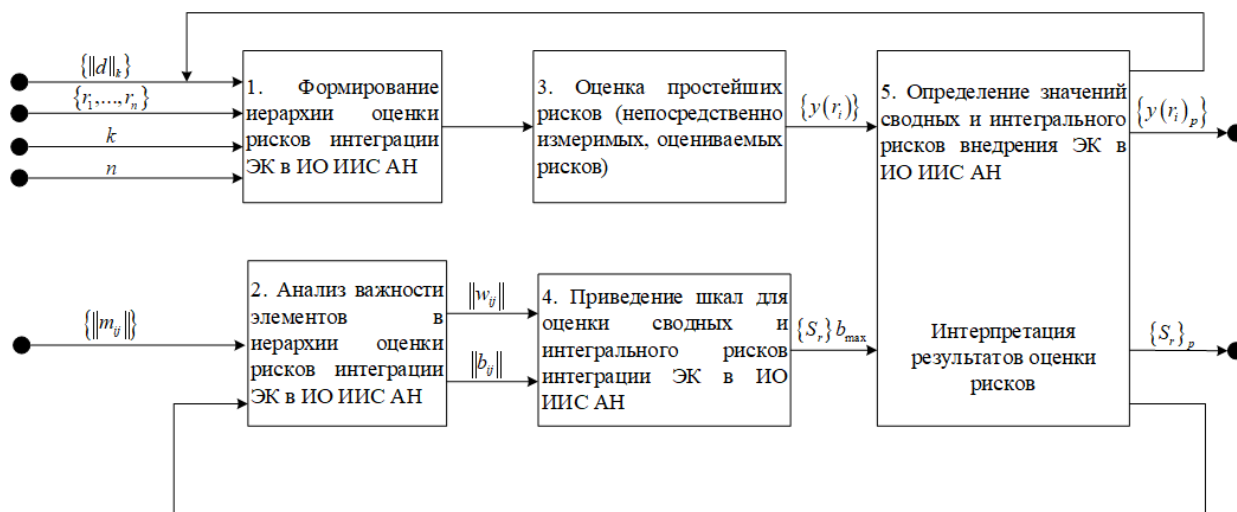


Рисунок 2 – Модель итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в информационное обеспечение ИИС АН

В основу процедур формирования и анализа иерархической системы показателей оценки рисков использования данных ЭК в ИО подготовки операторов положена реализация процесса синтеза древовидной иерархии риск-показателей оценки интеграции ЭК в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения в различных формах логико-математического представления. Тогда риск-оценка снижения качества подготовки операторов ИИС АН за счет интеграции в их состав ЭК, является заключением вероятности наступления неприемлемых последствий и потенциального ущерба. Показатели риск-оценки определяются по итеративной процедуре через агрегирование значений более простых показателей, входящих в их

состав. Большое число уровней такого агрегирования и ведет к синтезу иерархии риск-показателей. На начальном уровне размещаются непосредственно оцениваемые или непосредственно измеряемые риски, составляющие семейство «простейших рисков» - $\{r_i\}$. Такой непосредственно оцениваемый риск – это риск недостижения цели решения частной, элементарной, т.е. не представимой в виде агрегирования других, более простых подзадач, функциональной задачи процесса подготовки оператора ИИС АН, реализации простейшей функции разрабатываемого средства ИО на базе соответствующего ЭК. На более высоких уровнях древовидной иерархии показателей для риск-оценки размещаются интегрально-сложные, сводные риск-показатели $\{r_{ij}\}$, представляющие собой объединения $i...j$ риск-показателей из состава семейства простейших показателей, а также других сводных показателей. Корнем иерархического дерева показателей оценки является интегральный (объединяющий сводные показатели $\{r_{ij}\}$) риск-показатель R_0 – показатель риска снижения качества обеспечения систем подготовки операторов ИИС АН за счет интеграции электронного контента в их состав.

Мера доминантного агрегирования любого показателя r_i для расчета значения интегрального риск-показателя R_0 будет разной. Для численного представления удельной важности каждого риск-показателя r_i , в агрегационном объединении ближайшего сводного риск-показателя согласно структуре древовидной иерархии оценки применяются локальные коэффициенты доминантного агрегирования w_i . Расчетная формула определения оценки W имеет вид

$$W' = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n v_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left(\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n v_{ij}} \right)}, \quad (1)$$

где n – размерность матрицы парных сравнений,

v_{ij} – экспертная оценка попарной важности включения i -го риск показателя перед j -м

Коэффициенты доминантного агрегирования риск-показателей r_i для расчета значения интегрального риск-показателя R_0 в работе определены как глобальные b_m^* . На базе значений локальных коэффициентов w_i доминантного агрегирования в каждой текущей композиции агрегирования сложного риск-показателя рассчитываются значения глобальных коэффициентов агрегирования b_m^* в интегральный риск-показатель путем мультипликативной свертки и специализированного нормирования:

$$b_i = \prod_{i=1}^T w_{ij}; b_i'' = \frac{b_i \times n_i''}{p}; b_m^* = \frac{b_i''}{\sum_i b_i''}, \quad (2)$$

где T – число уровней стратифицированной древовидной иерархии показателей между i -ым риск-показателем и интегральным риск-показателем снижения качества информационного обеспечения систем подготовки операторов ИИС АН за счет интеграции электронного контента в их состав.

Иерархическая система показателей оценки риска снижения качества ИО формируется с использованием математического аппарата мягких вычислений и шкал оценки простейших (непосредственно измеряемых) рисков, а также приведением шкал для оценки сводных и интегрального рисков интеграции ЭК в ИО систем подготовки операторов.

Оценка по каждому простейшему риск-показателю r_i интеграции ЭК в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения заключается в обоснованном построении матрицы оценки риска. По указанным входным параметрам в матрице оценки риска определяется соответствующий элемент этой матрицы u_{ij} – уровень риска r_k для реализации проекта разработки рассматриваемых средств с использованием данных из ЭК по текущему k -му риск-показателю r_k . В рамках модели предложенной оценки рисков обоснованы и разработаны шкалы градуирования составляющих простейших рисков: p_{ij} и u_{ij} , представленные в табличных формах.

Каждый элемент u_{ij} риск-матрицы, в рамках предложенной модели, логически увязан с соответствующим планом хеджирования и/или стратегией локализации рисков интеграции ЭК в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения. В рамках

предложенной модели каждый уровень риска принято идентифицировать не только численно, но и цветом, как правило, в следующей гамме – от наиболее интенсивного цвета (наибольший риск) к прозрачному (наименьший риск). Количество таких идентифицируемых уровней риска определяется существом самого исследования рисков.

В предложенной модели реализована пятиуровневая шкала градуирования уровней риска снижения качества ИО с цветовой идентификацией по интенсивности серого цвета: от черного (наибольший риск) к белому (наименьший риск). Эта шкала показана и пояснена в таблице 1.

Таблица 1 – Шкала градуирования уровней риска снижения качества ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения

	Название уровней риска и их идентификационное обозначение	Описание отличительного существа, соответствующих граничных признаков	Быстрая цветовая идентификация, условное обозначение термина лингвистической переменной
1.	Критически опасный, аварийный $r_k(u_{ij})$: « АВАРИЙНЫЙ »	Требуется незамедлительных и массированно-решительных корректирующих воздействий с привлечением всех доступных ресурсов (от руководителей подготовки до разработчиков средства ИО подготовки специалистов ИИС АН).	
2.	Опасный, требующий срочного реагирования $r_k(u_{ij})$: « ОПАСНЫЙ »	Требуется срочных корректирующих воздействий с частичным и плановым привлечением внешних ресурсов, а также информирования разработчиков средства ИО, для устранения недостатков.	
3.	Контролируемый, управляемо-компенсируемый $r_k(u_{ij})$: « КОНТРОЛИРУЕМЫЙ »	Требуется плановых корректирующих воздействий с частичным привлечением дополнительных ресурсов, а также проработки полноты реализации всех функциональных возможностей средства ИО боевой подготовки специалистов БАС ВН, заложенных в него разработчиком.	
4.	Локализуемый, низкий $r_k(u_{ij})$: « НИЗКИЙ »	Хеджируется и/или локализуется в рамках типовых схем повседневного функционирования, ущерб предотвращается в объеме планово-обязательных процедур индивидуализации подготовки	
5.	Незначимый, не влияющий $r_k(u_{ij})$: « НЕЗНАЧИМЫЙ »	Контролируется периодически с целью своевременного выявления фактов изменений, несоответствий, ошибок и пр.	

Именно на базе этой шкалы становится возможным сопоставить каждому простейшему риск-показателю матрицу последствий и вероятностей оценки рисков, а также добиться градуирования уровней всех сводных $\{r_{ij}\}$ и интегрального R_0 риска с соответствующим дифференциально-цветовым представлением для целей итеративной оценки рисков интеграции ЭК в информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения. В результате выше описанных преобразований древовидная иерархия риск-показателей оценки интеграции ЭК в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения приводится к итоговой форме логико-математического представления, позволяющего производить расчет значений сводных и интегральных показателей качества, на основании не инструментальных измерений (непосредственных экспертных оценок) выше указанных составляющих p_{ij} и u_{ij} для каждого из простейших рисков. Существо указанных преобразований древовидной иерархии риск-показателей оценки исследуемой интеграции показано на рисунке 3.

Необходимость математической свертки значений простейших рисков в значения u_{ij} сводных r_k и интегрального R_0 риск-показателей оценки исследуемой интеграции в соответствии со структурой древовидной иерархии (рисунок 3. б), определила потребность в количественном выражении указанных градаций составляющих риска p_{ij} и u_{ij} на основе применения алгебры лингвистических переменных, использующей теорию нечетких множеств. Для этого на базе

числовых значений шкал градуирования составляющих исследуемого риска, т.е. шкал уровней вероятности p_{ij} и потенциального ущерба u_{ij} от снижения качества ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения из-за интеграции в их состав материалов ЭК, заданы соответствующие лингвистические переменные:

$$L_1 = \langle \text{вероятность снижения качества контента ИО} \rangle; \quad (3)$$

$$L_2 = \langle \text{ущерб от снижения качества контента ИО} \rangle. \quad (4)$$

Значения термов этих лингвистических переменных задаются как функции принадлежности μ_T^L в форме (L-R)-функций. Произведение указанных лингвистических переменных (2) и (4) позволяет осуществить последовательное нечеткое шкалирование сводных r_k и интегрального R_0 риск-показателей, согласно правил умножения нечетких чисел в соответствии с выражением (3), а также получать значения оценок r_k и R_0 в виде значения лингвистической переменной:

$$L_{ij}^* = \langle \text{значение оценки по данному риск показателю} \rangle. \quad (5)$$

Параметры функций принадлежности μ_T^L , в которых график функций:

$$\mu_T^L(U) = \exp(-a(T-U)^2), \quad \text{где} \quad a = 4Ln \frac{0,5}{b^{\wedge^2}} \quad (6)$$

где T – срединное значение терма для μ_T^L равной единице, применительно к шкалам переменных L_1 и L_2 ; a – согласующий коэффициент; $b^{\wedge}$ – расстояние между точками перегиба – точками, в которых μ_T^L принимает значение 0,5.

Параметры расчета терм-граций лингвистических переменных L_1 и L_2 сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные параметры расчета терм-граций лингвистических переменных L_1 и L_2

№ п/п	Термы для L_1	Значение при $\mu_T^{L1}=1$	Термы для L_2	Значение при $\mu_T^{L2}=1$	Уточненный вид аналитического расчета функции принадлежности термов, согласно (7)
1	Отсутствие вероятности	0	Отсутствие ущерба	0	$\mu_T^L(U) = 1-2U$
2	Крайне редко	1	Сверхмалый	1	$\mu_T^L(U) = e^{-13,1(1-U)^2}$
3	Маловероятно	3	Видимый	3	$\mu_T^L(U) = e^{-1,46(1-U)^2}$
4	Ожидаемо	5	Средний	5	$\mu_T^L(U) = e^{-0,35(1-U)^2}$
5	Очень вероятно	7	Сильный	7	$\mu_T^L(U) = e^{-0,27(1-U)^2}$
6	Непременно	9	Оч. сильный	9	$\mu_T^L(U) = e^{-0,16(1-U)^2}$

Параметры расчета являются результатом введения градуированной шкалы оценки рисков, а также положения центра терма и ширины терма в диапазоне значимых значений для каждого лингвистического уровня.

Значения оценок по сводным и интегральному риск-показателям определяются с использованием уровневых множеств.

При интерпретации результатов оценки рисков возможны 2 случая наложения функции принадлежности оценки риска на шкалу термов: 1) значение оценки риска превышает один шкалированный уровень, но меньше другого; 2) оцениваемый вариант интеграции имеет количественные характеристики рядом стоящих термов, определяемые пересечением рассчитанной кривой функции принадлежности с ними, например,

$$L_{ij}^* = \{ \text{"ОПАСН"}/0,4; \text{"КОНТРОЛЬ"}/0,9 \}. \quad (7)$$

Также проведено обоснование области применимости разработанной модели итеративной оценки исследуемых рисков применительно к моделированию задач поиска и обнаружения

объектов при применении использовании информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

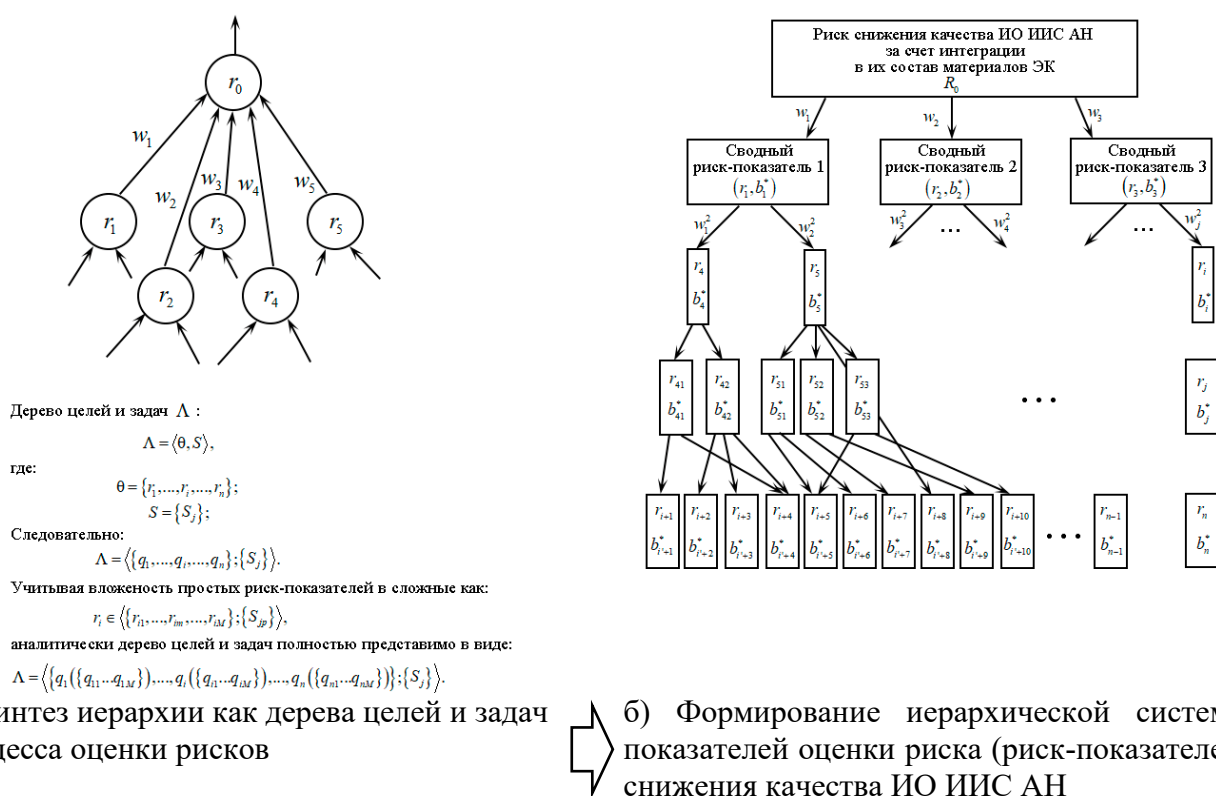


Рисунок 3 – Древоподобная модель оценки риск-показателей в различных формах ее логико-математического представления

Предложенная модель позволяет:

- 1) синтезировать, упорядочить и количественно описать систему показателей оценки риска интеграции ЭК в состав ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения;
- 2) произвести расчет значений сводных и интегрального риск-показателей для конкретного варианта интеграции, принять решение об уровне искомого риска при его реализации;
- 3) обеспечить качественную интерпретацию результатов оценки риска интеграции в нотации термов лингвистической переменной

$$L_{ij}^* = \langle \text{значение оценки по данному риск показателю} \rangle;$$
- 4) количественно анализировать степень нечеткости получаемых оценок риска;
- 5) оперировать в работе с экспертами лингвистическими переменными.

Третья глава посвящена разработке научно-методических средств локализации рисков интеграции электронного контента в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, а именно разработке соответствующих алгоритмов.

В первую очередь, к таковым средствам отнесен алгоритм хеджирования рисков исследуемой интеграции. Хеджирование рисков снижения качества ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения – это набор организационно-технических и технологических мероприятий, который формируется на случай выявления низкого качества создаваемого средства информационного обеспечения на базе ЭК и реализации негативного сценария его использования.

Установлена целесообразность придания свойств рациональной организации процессу разработки программ хеджирования рисков интеграции электронного контента в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, таких как:

- 1) объективизация процесса хеджирования;
- 2) линейно-последовательный характер процесса хеджирования;
- 3) использование прямой и обратной разработки программы хеджирования.

Прямое направление: от текущей риск-ситуации по использованию ЭК в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения к желаемой. А обратное направление: от желаемой риск-ситуации к реальной, т.е. текущей. Взаимосвязь направлений прямой и обратной разработки программы хеджирования на базе совокупности предварительных альтернатив представлена на рисунке 4.

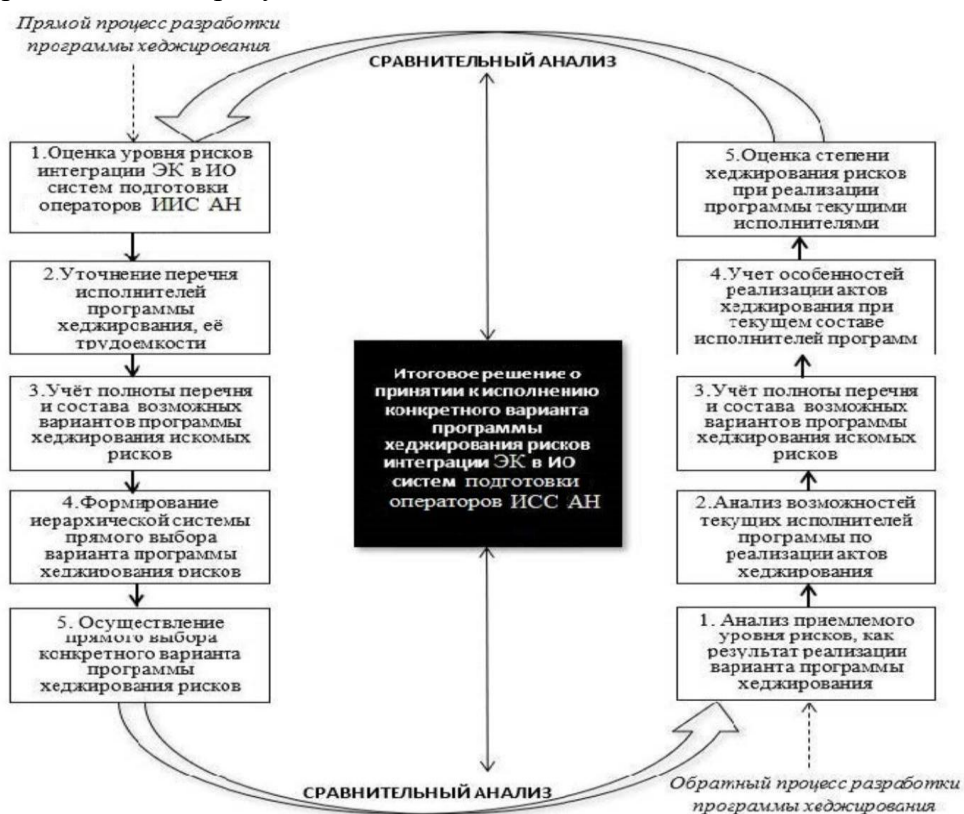


Рисунок 4 – Схема взаимосвязи прямой и обратной разработки программы хеджирования на базе совокупности предварительных альтернатив

Разработка программы хеджирования в рамках предложенного алгоритма сведена к обоснованному выбору наиболее рациональной программы хеджирования на базе совокупности предварительных альтернатив с использованием графа древовидной иерархии искомой риск-оценки, а также к дальнейшей адаптации выбранной программы к конкретным условиям реализации и возможностям группы её исполнителей.

Выбранная таким образом программа хеджирования устанавливает варианты действий разработчиков исследуемого ИО с использованием ЭК по недопущению низкого качества создаваемого средства подготовки по каждому из частных показателей риска.

Алгоритм методики хеджирования рисков исследуемой интеграции в обобщенном виде представлен на рисунке 5.

Во вторую очередь, к таким средствам отнесен алгоритм локализации рисков исследуемой интеграции.

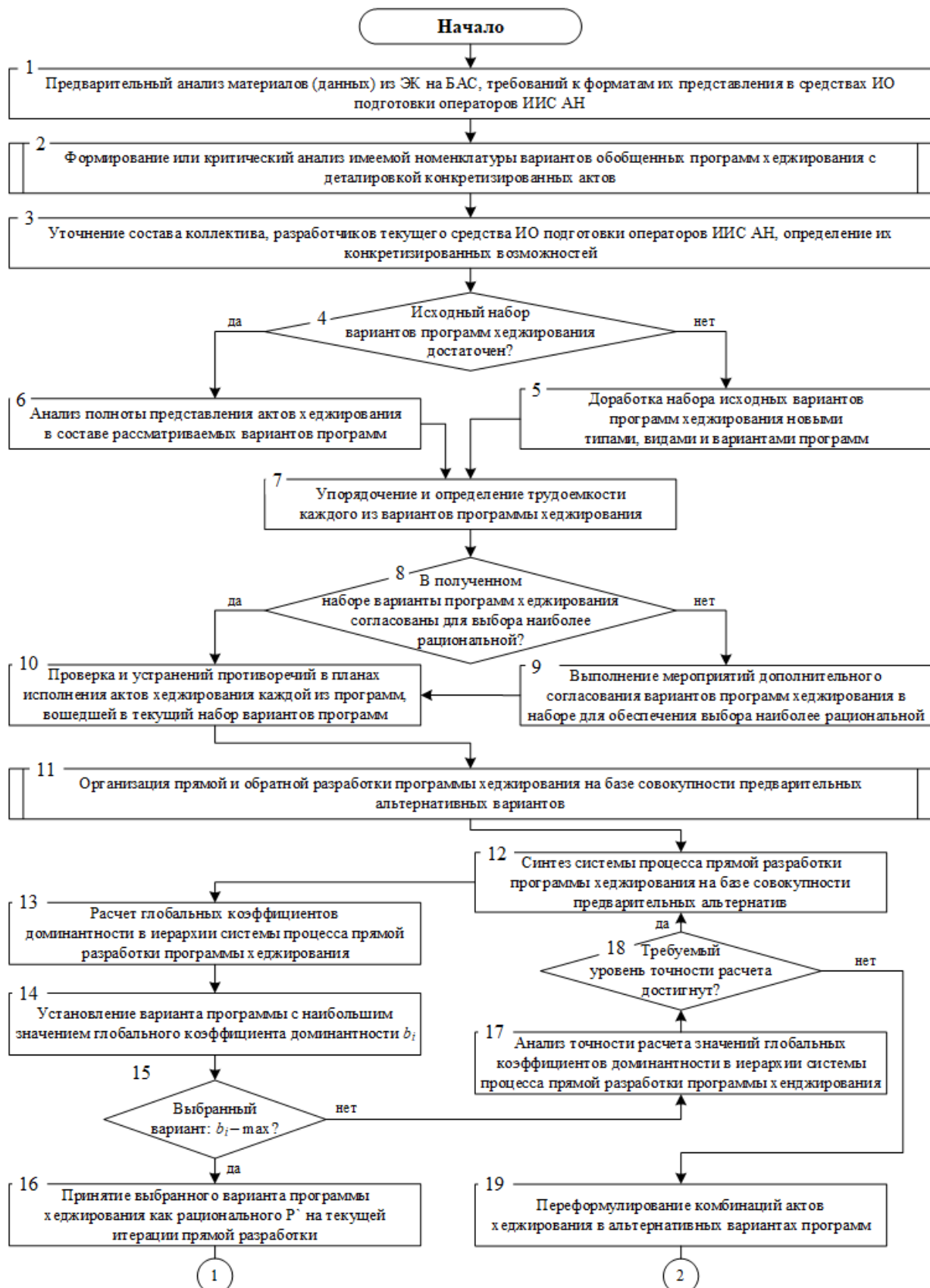


Рисунок 5 – Алгоритм хеджирования рисков интеграции ЭК в ИИС АН (начало)

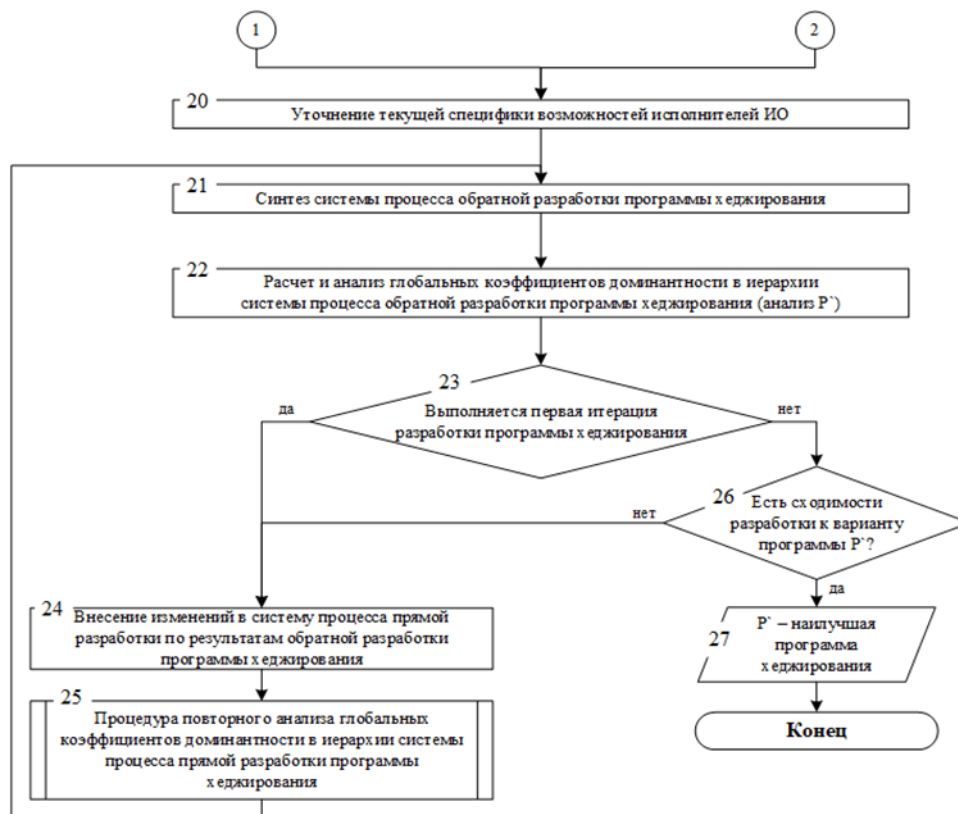


Рисунок 5 – Алгоритм хеджирования рисков интеграции ЭК в ИИС АН (окончание)

В работе по трем критериальным показателям (вид контента, программная технология реализации и предметная область) выполнено системное упорядочивание совокупности визуальных программных компонент повторного использования кода, что позволило определить единое технолого-информационное пространство таких компонент, в рамках которого и осуществляется быстрый и системный поиск элементов верифицированного кода для эффективной локализации рисков интеграции ЭК в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения. Логическое существо такого пространства визуальных программных компонент для локализации рисков показано на рисунке 6.

Установлено, что сводный процесс локализации рисков интеграции ЭК в ИО информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент следует разделить на подпроцессы: анализа цифрового контента, предназначенного для включения в исследуемое ИО, синтеза средств исследуемого ИО с использованием компонент повторно используемого программного кода. Предложенный алгоритм позволяет осуществлять накопление, классификацию и повторное использование ранее разработанного, апробированного, верифицированного и валидированного программного кода. Т.е. он выступает не только научно-методическим средством быстрого устранения недостатков тех или иных конкретных средств рассматриваемого ИО, но и инструментом создания соответствующей программно-технологической «инфраструктуры» – единого технолого-информационного пространства визуальных программных компонент для локализации рисков исследованной интеграции. В работе приведены листинги элементов программного обеспечения, разработанных для верификации предложенных алгоритмов. Алгоритм локализации рассматриваемых рисков приведен на рисунке 7.

В главе приведены экспериментальные результаты оценки эффективности предложенных модели и алгоритмов, осуществленных в рамках соответствующего вычислительного эксперимента с использованием математического аппарата теории биматричных игр. При этом процесс интеграции ЭК в состав средств ИО систем подготовки операторов ИИС АН рассмотрен как неантагонистическая игра. Участники эксперимента: 1) разработчик (руководитель группы разработчиков; инженер системотехник–разработчик и т.п.), ответственный за быстрое и

качественное создание некоторого средства ИО подготовки операторов ИИС АН; 2) организатор (руководитель курса подготовки, организатор процесса ускоренной подготовки операторов ИИС АН и т.п.) процесса указанной подготовки с использованием электронных средств соответствующего ИО. Суть эксперимента заключается в противопоставлении интересов его участников в вопросе трудозатрат на полноценную организацию эффективного процесса подготовки операторов ИИС АН.

Предметные области:

- Конструкция
- Тактика применения
- Технологии ремонта
- Комбинированная и др.

Виды представляемого контента:

- Мультимедиа комбинация
- Анимационный ролик
- Видеоролик
- Аудиозапись
- Точный чертеж
- Фотоизображение
- Интерактивное описание с гиперссылками и др.

Программные технологии реализации:

- Компоненты визуального программирования (VCL компоненты)
- Компоненты динамически подключаемой библиотеки (DLL компоненты)
- Компоненты, подключаемой функциональности (ActiveX-компонент)
- Фреймворки, Классы прикладной функциональности (SOA-компонент)
- Объекты – конкретный экземпляр классов (SOAP, JSON)
- Сервисы (SOAP, JSON-объекты)
- Агенты и др.

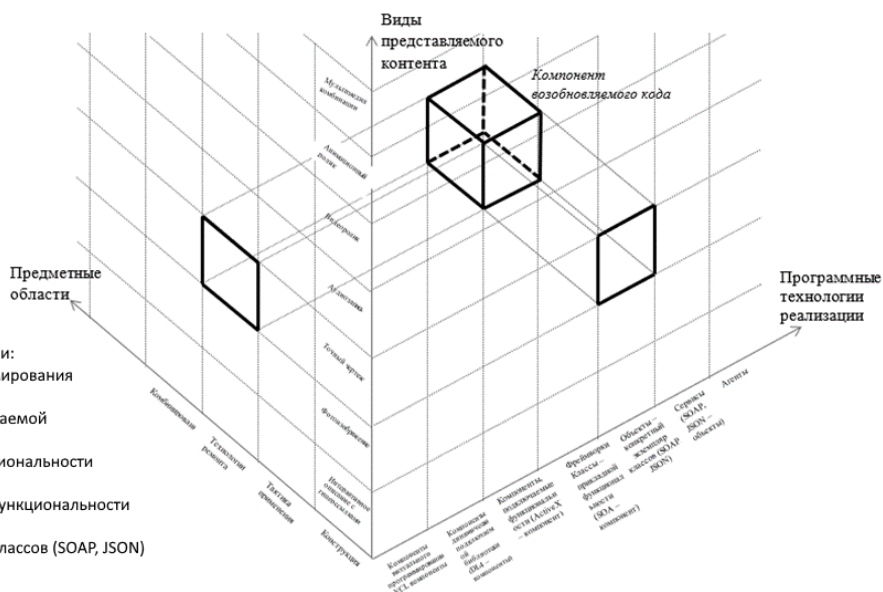


Рисунок 6 – Единое технологическое-информационное пространство визуальных программных компонент повторно используемого (возобновляемого) кода программных компонент

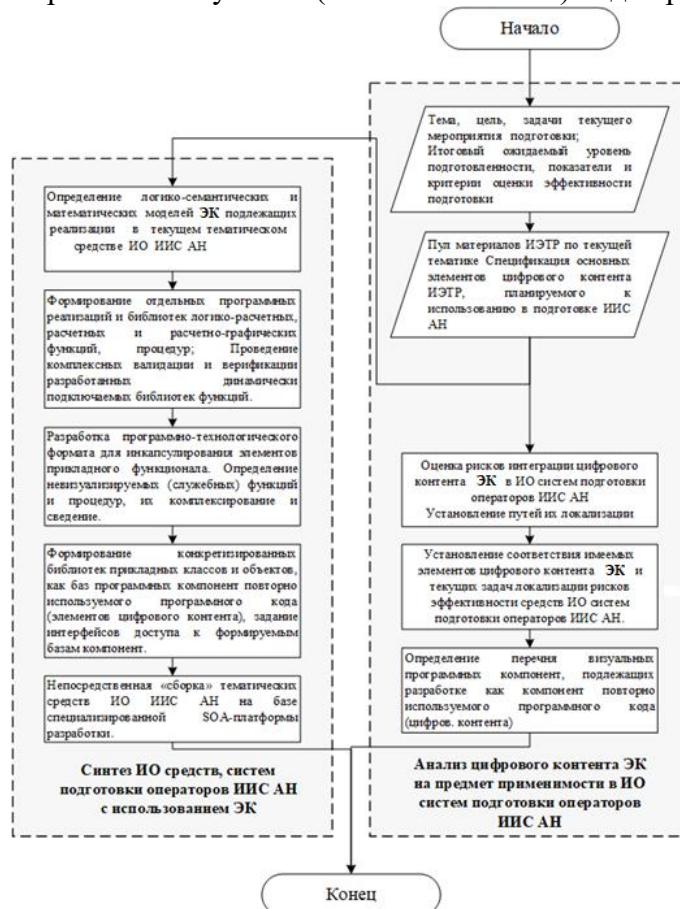


Рисунок 7 – Алгоритм локализации рисков интеграции ЭК в ИО ИИС АН за счет баз визуальных программных компонент

Результатом эксперимента является значение комплексного показателя v_{ij} :

$$v_{ij} = \omega_1 \tau_i + \omega_2 \tau_j; \quad (8)$$

где: τ_i – оценка трудоемкости разработчиков ИО подготовки операторов ИИС АН; τ_j – оценка трудоемкости подготовки операторов ИИС АН; ω_1, ω_2 – коэффициенты вариальности, варьируемые от 0,1 до 0,9.

Выполненный вычислительный эксперимент имеет седловую точку, в которой результат эксперимента определяет набор стратегий участников, а наличие средств контроля и хеджирования рисков интеграции материалов ЭК в средства рассматриваемого ИО у разработчика позволяет ему выбрать стратегию, максимизирующую результат эксперимента. Разница в результате эксперимента с использованием предложенного инструментария хеджирования рисков и без него составляет эффект от использования разработанного метода. Эффект от применения метода проанализирован по всем матрицам, рассмотренным в качестве вариантов учета важности оценок из (8). Диаграммы, подтверждающие эффект использования разработанного метода показаны на рисунке 8.

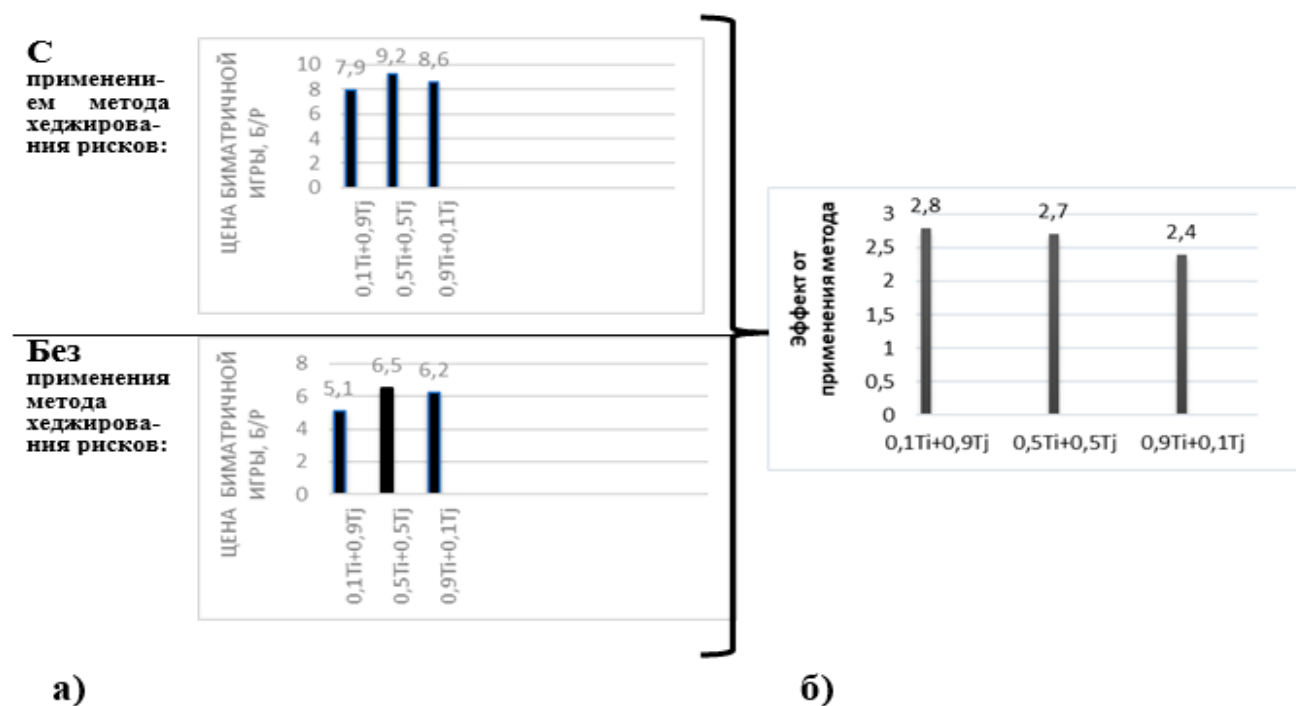


Рисунок 8 – Диаграммы результатов эксперимента для различного соотношения важности компонент τ_i и τ_j : а) Сравнительное представление; б) Значения эффекта от использования метода

Анализ полученных значений эффекта от использования метода (рис.8б) подтвердил статистическую значимость полученных результатов.

В **Заключении** представлены результаты диссертационного исследования, а также определены перспективные направления дальнейших исследований по данной тематике.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В работе предложены и обоснованы следующие научные и практические результаты:

1. Модель итеративной оценки рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения;
2. Алгоритм снижения рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения;
3. Алгоритм прогнозирования и локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения за счет баз визуальных программных компонент.

Указанные научные результаты в своей совокупности образуют новый метод управления рисками интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения.

Степень достоверности и новизны полученных положений, выносимых на защиту, определяется результатами анализа предметной области разработки информационного обеспечения, позволившей расширить функциональные возможности информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения, а также итогами практического внедрения и широкой апробации указанных положений.

Дальнейшая реализация результатов работы включает следующие направления:

1) Применение предложенного метода, как научно-методической основы для синтеза прикладных программных средств при решении задач эффективного выявления, оценки и снижения рисков недостаточного качества подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения.

2) Широкое внедрение метода в процессы разработки и совершенствования информационных систем подготовки специалистов, ориентированных на практическое применение и техническое развитие средств авиационной робототехники.

Выносимые на защиту научные результаты – научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны.

Внедрение результатов в процесс разработки информационно-измерительных систем и программно-аппаратных комплексов в АО «Концерн «Моринформсистема–Агат» (г. Москва) при разработке тренажерных комплексов подготовки операторов спутниковой и инерциальной навигационных подсистем мостиковых систем, АО «Радиоавионика» (г. Санкт-Петербург) при разработке аппаратуры управления автономными транспортными платформами, АО «НПФ «Диполь» (г. Санкт-Петербург) при разработке программно-аппаратного комплекса управления приборостроительным производством «Купол», а также в образовательный процесс в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, дало практические результаты в виде роста показателей надежности, практической результативности и временной эффективности процессов создания указанных комплексов, что подтверждается соответствующими актами. Предложенный метод и созданные на его основе технологические средства позволили добиться снижения различных страхующих непрофильных запасов и непроизводственных затрат на 10-20%, а как следствие, добиться общего роста на 15-20% эффективности процесса создания специализированных программно-технических комплексов подготовки операторов информационно-измерительных систем.

Результаты диссертационной работы нашли применение при выполнении научно-исследовательской работы НИР О7-4218 «Разработка программно-информационного обеспечения оценки рисков в сложных производственно-технологических комплексах». Разработанное программное обеспечение поддерживает формирование иерархии рисков, автоматизированную обработку экспертных оценок, построение и актуализацию баз визуальных программных компонент для быстрой интеграции модулей. Система реализует сервис-ориентированную архитектуру, позволяет адаптировать новые компоненты без значительных затрат и повторно использовать проверенный код, снижая вероятность ошибок и ускоряя процесс разработки.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Статьи в рецензируемых научных изданиях:

1. Русина А.А. Информационное обеспечение систем подготовки операторов аэрогеофизической приборной продукции / А.А. Русина, Е.Г. Семенова, В.М. Балашов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2025. – вып. 1. – С. 81-90.
2. Русина А.А. Базовые направления развития аэрогеофизических приборов / В.Г. Анцев, А.А. Русина, Е.Г. Семенова // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2025. – вып. 1. – С. 72-76.
3. Русина А.А. Риски модернизации информационного обеспечения подготовки операторов беспилотных авиационных систем / А.А. Русина, В.М. Балашов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2025. – вып. 1. – С. 77-81.
4. Русина А.А. Прогнозирование рисков внедрения электронного контента в информационное обеспечение беспилотных авиационных систем // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 1 (121). – С. 224-237
5. Русина А.А. Разработка модели итеративной оценки рисков интеграции электронного контента в информационно-измерительные системы / В.М. Балашов, А.А. Русина, Е.Г. Семенова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2025. – вып. 2. – С. 94-102.
6. Русина А.А. Представление и оценка рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения на базе мягких вычислений // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2025. – Т. 26, № 2. – С. 202–214.
7. Русина А.А. Алгоритм локализации рисков внедрения электронного контента в информационно-измерительные системы аэрогеофизического назначения / А.А. Русина, Е.Г. Семенова, М.С. Смирнова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2025. – №. 3. – С. 138-151.

Статьи и доклады:

8. Русина А.А. Информационное взаимодействие интегрируемых компонент и модулей при разработке программно-информационных средств подготовки операторов информационно-измерительных систем аэрогеофизического назначения // Сборник статей по итогам работы Международного научного форума НАУЧНЫЙ ДИАЛОГ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА. (Москва, 10 апреля 2025 г.) Том 27. Отв. Ред. Д.Р. Хисматуллин. Москва: изд-во Инфинити. С. 178-184.
9. Русина А.А., Анцев В.Г., Базовые методы аэрогеофизических исследований // Пятая конференция молодежного научно-инженерного центра для студентов, аспирантов и молодых учёных. – СПб, Издательство Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2025. – 260с. – Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», №124. С. 76-78.
10. Русина А.А., Мажайцев Е.А. Риски использования информационных средств при подготовке операторов беспилотных авиационных систем // Молодёжь. Техника. Космос: труды семнадцатой общероссийской молодёжной науч.-техн. конф. в 4 т. Т. 3. СПб, Издательство Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2025. – 247 с. – Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», № 110. С. 283-285.
11. Русина А.А., Семенова Е.Г., Смирнова М.С. Классификация программных продуктов для подготовки операторов аэрогеофизической приборной продукции // Сборник тезисов докладов III Всероссийской молодёжной научной конференции «Информационные технологии в высокотехнологичных производствах (ВТП)». СПб, Издательство Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2025. С. 28-30.

12. Мажайцев Е.А., Семенова Е.Г., Русина А.А. Исследование возможностей и путей совершенствования структуры информационно-измерительных и управляющих систем в условиях цифровой трансформации // Развитие науки и образования в условиях глобализации и цифровой трансформации: Международная научная конференция. Кыргызстан. г. Бишкек, Издательство Кыргызский Национальный университет им. Ж. Баласагына, 2025. – 247 с. – Библиотека журнала «Вестник КНУ», № 10. С. 165-169.
13. Яковлев А.А., Русина А.А., Киршина А.А. Левихин А.А. Системный подход к подготовке высококвалифицированных кадров» // Всероссийский образовательный форум «Инженерное образование 2024», Санкт-Петербург. 2024.
14. Русина А.А., Бородавкин В.А., Охочинский М.Н., Щеглов Д.К. Формирование компетентностно-ориентированной среды для профессиональной подготовки // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Седьмые Уткинские чтения», 2016. С. 242-251.
15. Русина А.А., Соловьева Н.Л. Регламентирование деятельности организаций высшего образования по проектированию и формированию компетентностно-ориентированных образовательных программ // Управление качеством в образовательных и учебных организациях. СПб.: Изд-во ИМЦ «НВШ-СПб», 2015. С 131-135.
16. Русина А.А., Шалыгин А.С., Петрова И.Л. Распознавание и классификация морских объектов //Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. Т. 1. № 6. С. 304-305.
17. Петрова И.Л., Русина А.А. Интеллектуальные системы в баллистике БПЛА // Мат.докл. Международной конференции «Шестые Окуневские чтения». Том III. СПб., БГТУ, 2008. С. 189-193.

Издательство Балтийского государственного технического университета
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д.1.
Формат 60х90/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии БГТУ.
190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1