

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России

На правах рукописи



Остудин Никита Вадимович

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ
ПОДДЕРЖКИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

Научный руководитель:
кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы
Российской Федерации
Антюхов Валерий Иванович

Санкт-Петербург – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ	10
1.1 Общий анализ предметной области.....	10
1.2 Модель выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.....	21
1.3 Модель совершенствования системы ЦУКС.....	34
1.4 Общая постановка задачи совершенствования системы ЦУКС с позиции теории активных систем.....	40
Выводы по первой главе	44
2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	45
2.1 Модель анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС	46
2.2 Модель выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки.....	54
2.3 Моделирование процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.....	64
2.4 Математическая модель процесса выбора рациональной модели представления знаний	79
2.5 Модель принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления.....	85
Выводы по второй главе.....	89
3 АЛГОРИТМЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЦУКС МЧС РОССИИ	90
3.1 Алгоритм процесса информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России	91
3.2 Алгоритм выбора рациональной модели представления знаний	93
3.3 Алгоритм разработки системы информационно-аналитической поддержки	95
3.4 Алгоритм принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления.....	96
Выводы по третьей главе	101
4 РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЦУКС МЧС РОССИИ	102

4.1 Продукционная и нечеткая модель информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях	102
4.2 Программная реализация системы информационно-аналитической поддержки	112
4.3 Экономический эффект	114
4.4 Оценка полученных результатов	117
Выводы по четвертой главе	119
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	120
Список сокращений и условных обозначений	122
Список литературы.....	123
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	137
Результаты визуальных отображений разработанных систем (Приложение А)	137
Результаты формализации процесса информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС (Приложение Б).....	140
Расчетные значения математической (комбинированной) модели процесса выбора рациональной модели представления знаний (Приложение В)	142
Результаты моделирования деятельности должностных лиц ЦУКС при функционировании системы информационно-аналитической поддержки (Приложение Г).....	147
Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ (Приложение Д).....	151
Акты внедрения результатов работы (Приложение Е)	155

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Успешное прогнозирование и ликвидация чрезвычайных ситуаций (ЧС), расчет состава сил и средств (СИС), своевременная и качественная помощь пострадавшим при ЧС природного и техногенного характера достигается за счет эффективной организации деятельности органов управления МЧС России.

Задачи организации управления в МЧС России возложены на Единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС). Для контроля функционирования подсистем и звеньев РСЧС, а также осуществления оперативного управления в пределах имеющихся полномочий существуют органы повседневного управления РСЧС.

В деятельности органов повседневного управления существуют проблемы, связанные с качеством и оперативностью принимаемых решений, негативно влияющие на исход ЧС, могут привести к дополнительным материальным затратам и плохо прогнозируемым последствиям.

Одна из проблем связана с тем, что должностные лица центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) различных уровней управления МЧС России регулярно решают вопросы оперативного реагирования на происшествия и чрезвычайные ситуации в условиях нехватки личного состава подразделений или наличия начинающих специалистов.

Качество и объем получаемой информации о ЧС остаются недостаточными для принятия рационального и обоснованного решения. Это связано с получением противоречивой информации, при которой полезность информации соответствует отрицательному значению или когда ценность полученной информации равна нулю, что мешает лицу, принимающему решение (ЛПР), оценить сложившуюся ситуацию, и усложняет возможность эффективно управлять процессом ликвидации чрезвычайной ситуации.

Существует также большое число вариантов действий при принятии решений в условиях риска, из которых нужно выбрать рациональное.

Происходит постепенная ликвидация межрегионального звена управления, что неизбежно приведет к переходу на децентрализованную структуру управления при ликвидации межрегиональной ЧС.

Проблемы возможно решать, применяя соответствующие системы поддержки принятия решений на основе разработки моделей и алгоритмов процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС. Сокращение времени на принятие решений за счет внедрения систем поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС возможно путем автоматизации составляющих данного процесса.

Актуальность работы подтверждается основными приоритетами научно-технического и информационного обеспечения управления деятельностью РСЧС (определены приказом МЧС России от 05.08.2009 г. № 457) и актуальными задачами по развитию ЦУКС (определены решением коллегии МЧС России № 15 от 5.12.2014 г. «О концепции развития системы управления МЧС России до 2030 года») по пунктам:

- научно-методическое обеспечение совершенствования системы управления в кризисных ситуациях, создание и совершенствование технологического, математического, программного и информационного обеспечения автоматизированных систем управления в чрезвычайных ситуациях;

- совершенствование информационно-технологического обеспечения деятельности ЦУКС МЧС России, оснащение ЦУКС современными информационно-техническими и программно-аппаратными средствами с целью повышения эффективности функционирования.

Актуальность работы обусловлена тем, что в условиях оптимизации системы управления МЧС России возникает необходимость эффективно распределять финансовые ресурсы и производить кадровые сокращения в органах управления, что оказывает негативное влияние на эффективность функционирования органов, поэтому предлагается часть функциональных обязанностей возложить на системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.

Степень разработанности темы. Существенный вклад в развитие вопросов управления структурными подразделениями МЧС России и применения систем поддержки принятия решений в различных сферах человеческой деятельности можно выявить в работах Еникеевой К.Р., Евграфова П.М., Абрамова А.П., Ямалова И.У., Вильчика С.И., Топольского Н.Г., Андиевой Е.Ю., Даниленко А.Н., Ноженковой Л.Ф., Брушлинского Н.Н. в которых рассмотрены вопросы

практического применения аппарата теории принятия решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, использования процедур информационной поддержки при мониторинге и оценке рисков ЧС.

Анализ современного состояния вопросов применения систем поддержки принятия решений в деятельности должностных лиц органов управления МЧС России позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день отсутствуют научно-методические средства применения систем информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, практически не проработан вопрос выявления рациональной модели представления знаний для задач информационно-аналитической поддержки, не решены вопросы анализа информационной потребности должностных лиц органов управления МЧС России. Вопросы перехода на децентрализованную структуру управления также нуждаются в детальной проработке.

Цель исследования – повышение эффективности системы повседневного управления МЧС России путем разработки моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

- анализ системы повседневного управления МЧС России;
- анализ информационной потребности должностных лиц, принимающих решения в кризисных ситуациях;
- разработка структур баз данных;
- разработка моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях на базе продукционных и нечетких моделей;
- программная реализация разработанных алгоритмов и создание системы информационно-аналитической поддержки.

Объект исследования – система повседневного управления МЧС России.

Предмет исследования – модели и алгоритмы информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях.

Научная новизна. В процессе выполнения диссертационной работы впервые получены новые научные данные:

– разработана модель принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления, а также нечеткая и продукционная модель информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях. Отличительной особенностью является процедура выбора рационального варианта представления информации, а также поиск значения комбинаторной энтропии при ликвидации межрегиональной ЧС. Разработана онтологическая модель баз данных, отражающая структуру хранения информации при использовании системы информационно-аналитической поддержки;

– разработаны алгоритмы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Отличительной особенностью является разработанный алгоритм принятия решений при децентрализованной структуре управления, содержащий минимизацию целевых функций и расчёт комбинаторной энтропии. Представлены алгоритмы информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России и разработки соответствующей системы, позволяющие детально представить все этапы перехода к информационно-аналитической поддержке антикризисного управления. Предложен алгоритм выбора рациональной модели представления знаний, повышающий точность проектирования и разработки системы информационно-аналитической поддержки;

– разработана онтологическая модель базы данных, а также система информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС и система анализа информационной потребности. Отличительной особенностью является автоматизация этапов проектирования соответствующей системы и процедуры выдачи консультации, либо готового документа должностным лицам ЦУКС на основе разработанных продукционных и нечетких правил.

Теоретическая и практическая значимость работы:

– предложены модели и алгоритмы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, сочетающие основные принципы системного подхода и инженерии знаний и позволяющие автоматизировать элементы информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России и процессы, связанные с проектированием и разработкой вспомогательных компонентов;

– полученные результаты используются для поддержки принятия решений должностных лиц ЦУКС МЧС России различных уровней, что позволяет повысить оперативность и производительность выполнения поставленных задач и отработки соответствующей документации.

Методология и методы исследования основаны на теории вероятности и математической статистики, теории принятия решений, методах системного анализа, декомпозиции, инженерии знаний, теории эффективности, теории управления в организационно-технических системах.

Основные результаты, выносимые на защиту:

1. Формализованная модель системы повседневного управления МЧС России с использованием информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях, на основе продукционных и нечетких логических моделей, включая в качестве элементов: модель выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС, модель анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС, аналитическую модель процесса выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС, концептуальную модель системы информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС, комбинированную модель процесса выбора рациональной модели представления знаний, продукционную и нечеткую модель информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях, модель принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления.

2. Алгоритмы информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях на базе продукционных и нечетких моделей, обеспечивающие повышение эффективности деятельности должностных лиц ЦУКС.

Степень достоверности основных полученных результатов обеспечивается корректной постановкой задачи, корректностью использования аппарата инженерии знаний, проверкой непротиворечивости результатов научного исследования результатам, полученным другими авторами и подтвержденных практическим применением, а также широкой апробацией на научных конференциях и семинарах.

Апробация результатов. Основные результаты, полученные в процессе проведенных исследований, обсуждались и получили одобрение на: VII Международной научно-практической конференции «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях» (Санкт-Петербург, сентябрь 2015), Юбилейной международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015», посвященной 25-летию Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (Санкт-Петербург, ноябрь 2015), Юбилейной международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016» (Санкт-Петербург, декабрь 2016), XXI Санкт-Петербургской ассамблеи молодых ученых и специалистов (Санкт-Петербург, декабрь 2016), XVI Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире» (Санкт-Петербург, декабрь 2016), XIX Международной конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы» (Москва, апрель 2017).

Реализация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы внедрены в научную деятельность Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, учебный процесс Академии ГПС МЧС России, практическую деятельность должностных лиц ЦУКС Северо-Западного регионального центра МЧС России и ЦУКС Главного управления МЧС России по Псковской области. Внедрение результатов диссертационного исследования подтверждается соответствующими актами.

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 научная работа, 6 – в научных журналах, 5 – в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК Минобрнауки РФ, 4 программы для ЭВМ зарегистрированы в системе Роспатент.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа содержит введение, четыре главы с выводами, заключение, список сокращений и использованной литературы из 142 наименований, приложения (22 страницы); изложена на 160 страницах (с учетом приложений), включает 55 рисунков, 50 таблиц.

1 АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ

1.1 Общий анализ предметной области

Для эффективного управления силами и средствами в МЧС России созданы центры управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России [113]. ЦУКС функционирует в рамках автоматизированной информационно-управляющей системы (АИУС), обеспечивает ведение баз данных (БД) статистической и плановой информации в области защиты населения и территорий на уровнях органов повседневного управления РСЧС (рис. 1). Органы повседневного выполняют комплекс мер по обеспечению эффективного функционирования системы управления при предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обеспечении пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах с учетом особенностей регионов [47].

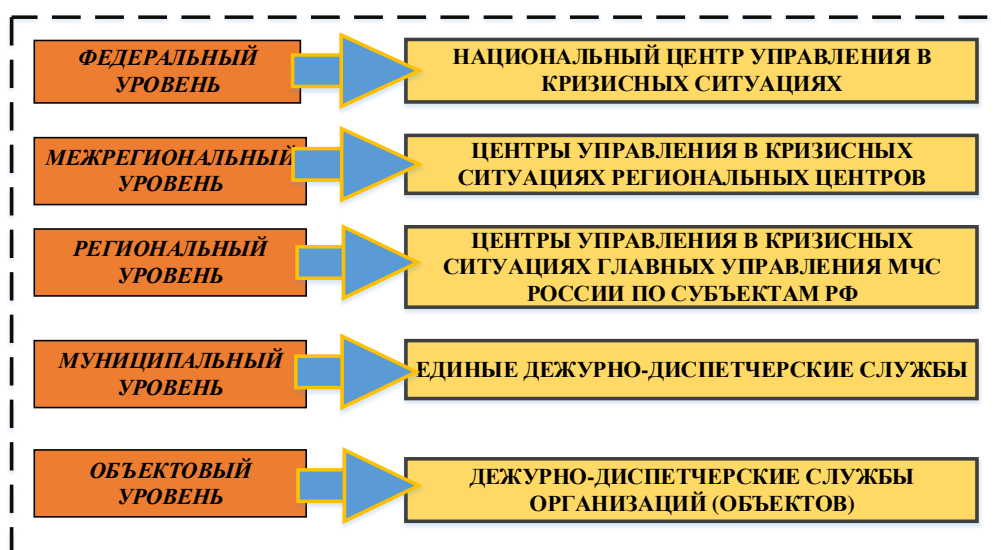


Рисунок 1 – Органы повседневного управления РСЧС

В первую очередь для обеспечения эффективного функционирования системы управления МЧС России необходимо осуществлять анализ и синтез составляющих данной системы, организовывать процедуру выявления проблемных вопросов в системе, а также совершенствовать различные виды обеспечения (организационное, техническое, программное, математическое и другие виды обеспечения [38]) автоматизированной информационно-управляющей системы МЧС России.

Основные исследования в области развития вопросов совершенствования системы управления МЧС России ведутся в Академии ГПС МЧС России, Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России и других образовательных и научно-исследовательских организациях МЧС России.

В научных работах большое внимание уделено актуальной проблеме МЧС России – принятию оперативного, обоснованного и рационального решения в кризисных ситуациях. Успех ликвидации чрезвычайной ситуации зависит от эффективности принимаемых решений и своевременно принятой, обработанной и переданной информации. Повышение эффективности принимаемых решений достигается путем разработки систем поддержки принятия решений, направленных на снижение длительности управленческого цикла за счет автоматизации составляющих данного процесса. В то же время высокие темпы развития информационных технологий заставляют МЧС России вносить коррективы в существующую систему управления. В Министерстве создана «Концепция развития системы управления МЧС России до 2030 года» [47].

В соответствии с концепцией целью развития системы управления МЧС России является создание сбалансированной, территориально распределенной, усовершенствованной системы, решающей задачи управления силами и средствами МЧС России [47].

Одним из возможных способов достижения цели является повышение эффективности функционирования подразделений ЦУКС МЧС России путем разработки моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки, что и выступает целью диссертационного исследования.

Современные достижения в области информационных систем позволяют человеку решать задачи своевременно, качественно, при этом, затраты на использование минимальны [92]. Особенно это становится актуальным в сферах человеческой жизни, где от качества и оперативности решаемых задач и принимаемых решений зависит жизнь и здоровье граждан.

Вопросы внедрения систем интеллектуальной поддержки в деятельность МЧС России рассматривал Абрамов А.П. в работе «Разработка моделей поддержки управленческих решений при тушении пожаров на основе прецедентного подхода» [1]. Основной целью исследования являлось повышение эффективности управленческих решений на основе разработанных моделей и

алгоритмов, позволяющих аккумулировать боевой опыт для последующего использования при чрезвычайной ситуации. При этом в работе недостаточно внимания уделено процедуре поиска задач, подлежащих решению с использованием средств информационно-аналитической поддержки, не представлены возможные способы выявления рациональной модели представления знаний и последующего хранения в базе знаний, не осуществлена программная реализация полученных моделей и алгоритмов. В работе Абрамова А.П. получены результаты для поддержки руководителей тушения пожара (РТП). Представляемая диссертация посвящена информационно-аналитической поддержке должностных лиц ЦУКС МЧС России, деятельность которых принципиально отличается от задач, возложенных на РТП.

Применение средств интеллектуальной поддержки при разработке паспортов безопасности рассматривала Еникеева К.Р. в работе «Интеллектуальная информационная поддержка принятия решений в процессе разработки паспортов безопасности промышленных объектов» [45]. Целью работы являлась разработка интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при проведении анализа риска опасных промышленных объектов для повышения эффективности процесса создания паспортов безопасности. В работе предложен подход, основанный на применении продукционной модели представления знаний при разработке паспорта безопасности. Не рассмотрены вопросы формирования соответствующей базы данных, морфологического анализа разрабатываемой системы. В диссертационном исследовании Еникеева К.Р. также не затрагивает вопросы интеграции полученных результатов с деятельностью должностных лиц МЧС России. В представляемой диссертации затрагиваются вопросы применения фреймовой модели представления знаний при разработке паспортов безопасности, проведен морфологический анализ разрабатываемой системы и представлена процессно-ориентированная карта знаний, позволяющая оценить вопросы, связанные с формализацией знаний. Полученные результаты используются в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, которые имеют непосредственное отношение к вопросам анализа рисков опасных промышленных объектов.

Вопросы, связанные с формированием баз фактов и правил рассматривал Вильчик С.И. в работе «Формирование баз знаний для интеллектуальной системы по предупреждению и ликвидации ЧС на промышленном предприятии» [29]. Целью работы являлось извлечение, систематизация и формализация знаний для соответствующей системы, связанной с ликвидацией ЧС. В отличие от исследований Вильчика С.И. в представляемой диссертации проработан вопрос выбора рациональной модели представления знаний для органов повседневного управления РСЧС и осуществлена автоматизация данного процесса.

В работе Евграфова П.М. «Разработка алгоритмов интеллектуальной поддержки в системах социального управления (на примере ГПС)» затронуты вопросы повышения эффективности существующих алгоритмов интеллектуальной поддержки и разработаны алгоритмы интеллектуальной поддержки решений по направлениям синтеза новых решений, анализа принятых ранее решений и обучения принятию решений [43]. В представленной же диссертации разработаны алгоритмы выявления рациональной модели представления знаний и разработки системы информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России, которые позволили автоматизировать процессы проектирования и разработки системы.

Глобальные работы в области разработки информационных систем активно ведутся в Институте вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Под руководством заведующего отделом прикладной информатики доктора технических наук, профессора Ноженковой Л.Ф. разработана экспертная геоинформационная система ЭСПЛА по ликвидации химических аварий [81]. Интеллектуальная система ЭСПЛА-ПРО позволяет моделировать последствия различных природных и техногенных ЧС, формировать рациональные решения по ликвидации и предупреждению. Система также интегрирована с ЦУКС Межрегионального и Регионального уровней. Отличием программ, полученных в представленной диссертации, будет то, что автоматизированы не только процессы, связанные непосредственно с ликвидацией ЧС, но и процессы проектирования системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, что чрезвычайно важно в условиях нехватки сотрудников, владеющих основами программирования и инженерии знаний.

Анализ существующих работ позволил сделать вывод о том, что в настоящее время методы и средства интеллектуальной и информационно-аналитической поддержки в деятельности органов повседневного управления РСЧС практически не используются, отсутствуют подходы и алгоритмы выбора рациональной модели представления знаний, не автоматизированы процессы, связанные с проектированием и разработкой систем информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Результаты, полученные в представленной диссертации, позволят решить выделенные проблемы, не загружая должностных лиц ЦУКС МЧС России и не затрачивая на то больших ресурсов (кадровых, финансовых, материально-технических и др.).

Информационно-аналитическая поддержка антикризисного управления сводится к поддержке деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Определим, что в работе понимается под понятием информационно-аналитическая поддержка деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России (табл. 1).

Таблица 1 – Интерпретация понятия информационно-аналитическая поддержка

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЦУКС МЧС РОССИИ	
Информационно-аналитическая поддержка	Деятельность должностных лиц ЦУКС МЧС России
<i>Сущность предлагаемых понятий</i>	
Информационно-аналитическая поддержка - это процедура выдачи должностному лицу органа управления МЧС России знаний о семантике и правилах решения задачи с использованием соответствующей системы информационно-аналитической поддержки	Деятельность должностных лиц ЦУКС МЧС России – это перечень функций, выполняемых задач, а также соответствующих документов в режиме повседневной деятельности и ЧС, соответствующих локальным актам «Об оперативном реагировании» постоянно действующего органа РСЧС [113]

Система информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России является подсистемой ЦУКС МЧС России, которая является частью системы управления МЧС России, интегрированной с АИУС МЧС России (рис. 2). Под системой ЦУКС в работе понимается совокупность органов повседневного управления РСЧС на Федеральном, Межрегиональном и Региональном уровнях [113]. ЦУКС рассматривается как социальная система, основным элементом которой являются люди – должностные лица, осуществляющие деятельность в соответствии с наставлением по службе ЦУКС. Роль системы в суперсистеме – активная.

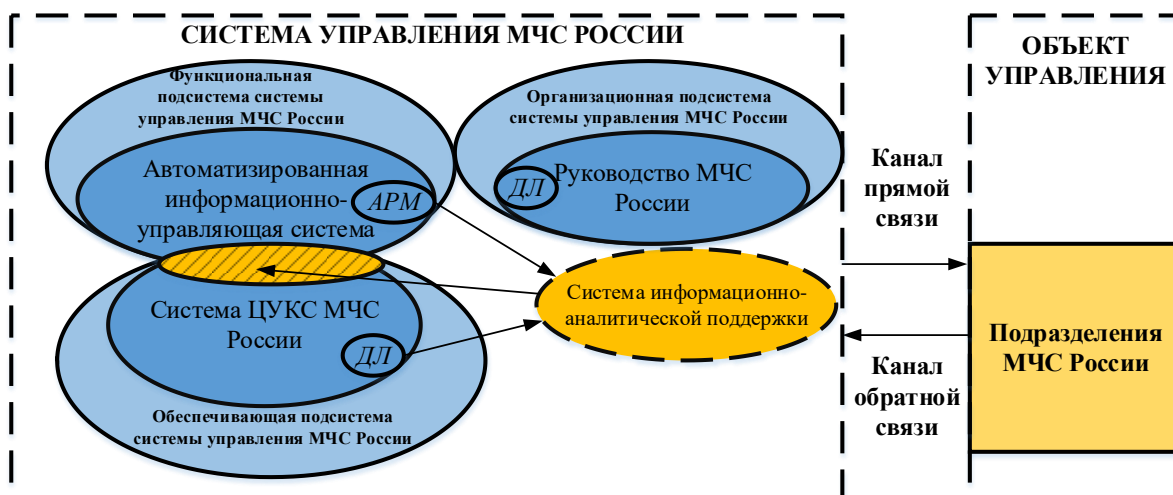


Рисунок 2 – Место системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России в суперсистеме (АРМ – автоматизированное рабочее место, ДЛ – должностное лицо)

Предполагается, что система информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России должна быть составной частью подсистемы поддержки принятия решений автоматизированной информационно-управляющей системы (рис. 3).

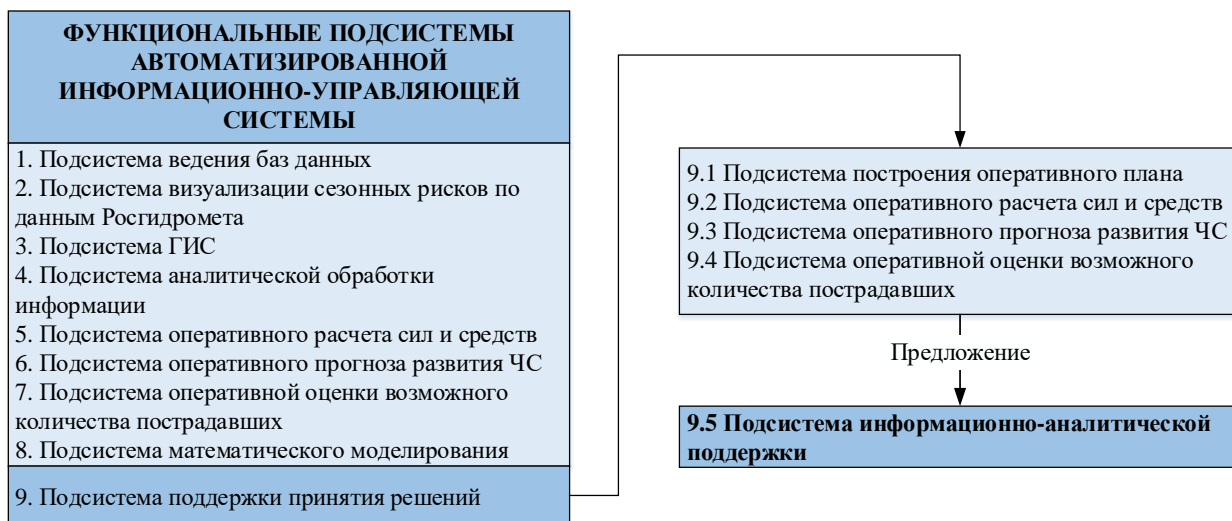


Рисунок 3 – Место системы информационно-аналитической поддержки в АИУС

Назначением системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России считается решение или оказание помощи в решении задач, содержащих знания, формирование в интересах должностных лиц соответствующей базы знаний, а по накопленным знаниям формирование выводов в соответствии с запросами [92, 93, 96, 98, 99].

Этапы совершенствования системы управления МЧС России до 2030 года [47] и функции системы информационно-аналитической поддержки представлены на рис. 4.

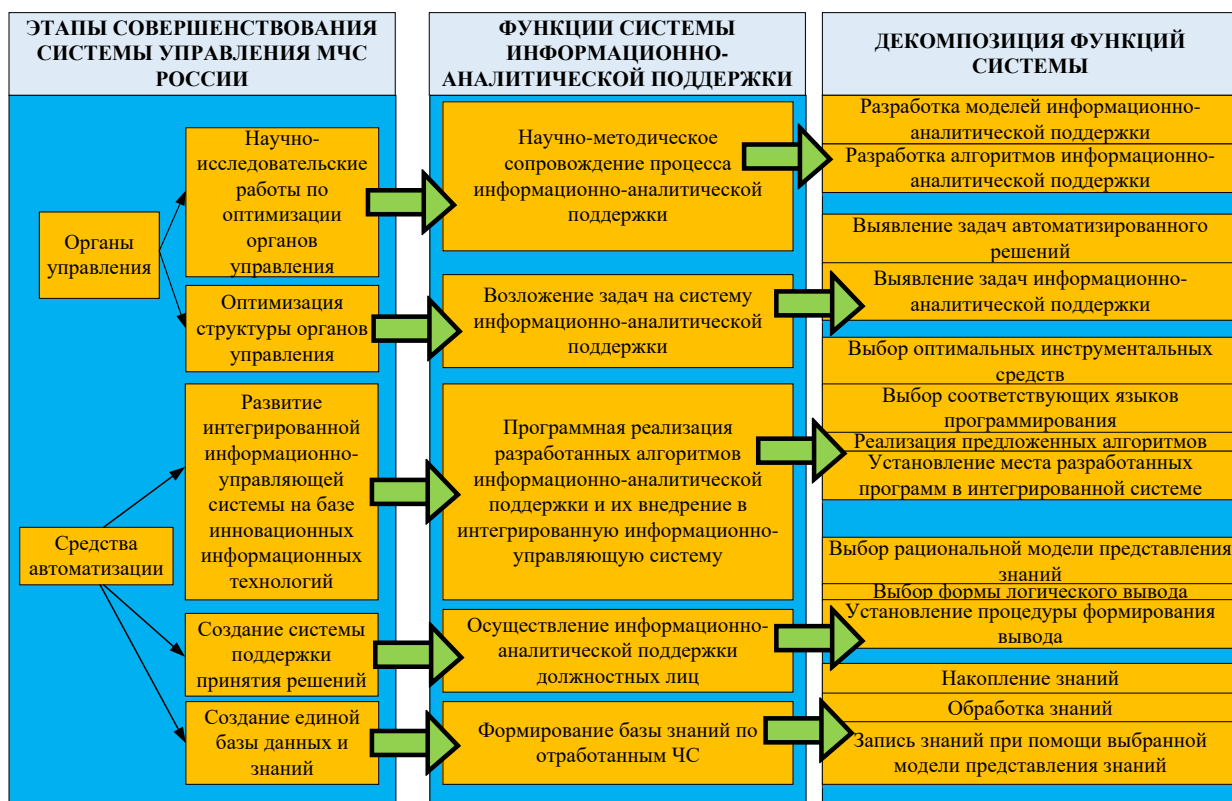


Рисунок 4 – Определение функций системы и их декомпозиция

В работе проведен анализ ограничений, накладываемых на процесс управления подразделениями ЦУКС МЧС России [6]. Ограничения оцениваются по трем свойствам: оперативность, состав, нагрузка (табл. 2). Эти свойства являются определяющими для оценки эффективности функционирования органов управления МЧС России в повседневной деятельности и в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций. Для выявления проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России в работе разработана модель, подтверждающая необходимость применения средств информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС в практической деятельности сотрудников МЧС России.

Таблица 2 – Определение структуры ограничений системы

№	Свойства	Показатели	Условия ограничений на показатель	Математическое обозначение	Взаимосвязь
1.	Оперативность	Время выполнения задач	Ограничено регламентом выполнения задач	t	-
2.	Состав	Общее количество подразделений ЦУКС МЧС России	Определено департаментом кадровой политики МЧС России	$Q_{подр.}$	$t \sim \frac{1}{Q_{подр.}}$
3.		Общее количество должностных лиц ЦУКС России	Определено номером разряда соответствующего ЦУКС	$Q_{дл.}$	$t \sim \frac{1}{Q_{дл.}}$
4.	Нагрузка	Количество задач, возложенных на подразделения и должностные лица ЦУКС МЧС России	Установлено локальными актами «Об оперативном реагировании»	$P_{зад.}$	$t \sim P_{зад.}$

Полученные результаты сигнализируют о том, что уменьшение числа подразделений ЦУКС МЧС России и числа должностных лиц ЦУКС, равно как и увеличение числа задач, возложенных на подразделения ЦУКС МЧС России, ведет к увеличению времени на решение соответствующих задач. Это подтверждается проведенным анализом решений коллегии МЧС России [46, 47], по результатам которого сделаны следующие выводы (рис. 5):

- происходит реорганизация межрегионального уровня органов повседневного управления РСЧС за счет укрупнения региональных центров МЧС России с последующим исключением данного звена из цикла управления МЧС России;

- происходят кадровые сокращения в МЧС России с целью реструктуризации структуры министерства;

- главные управления МЧС России наделяются дополнительными функциями и задачами в связи с модернизацией структуры управления МЧС России.

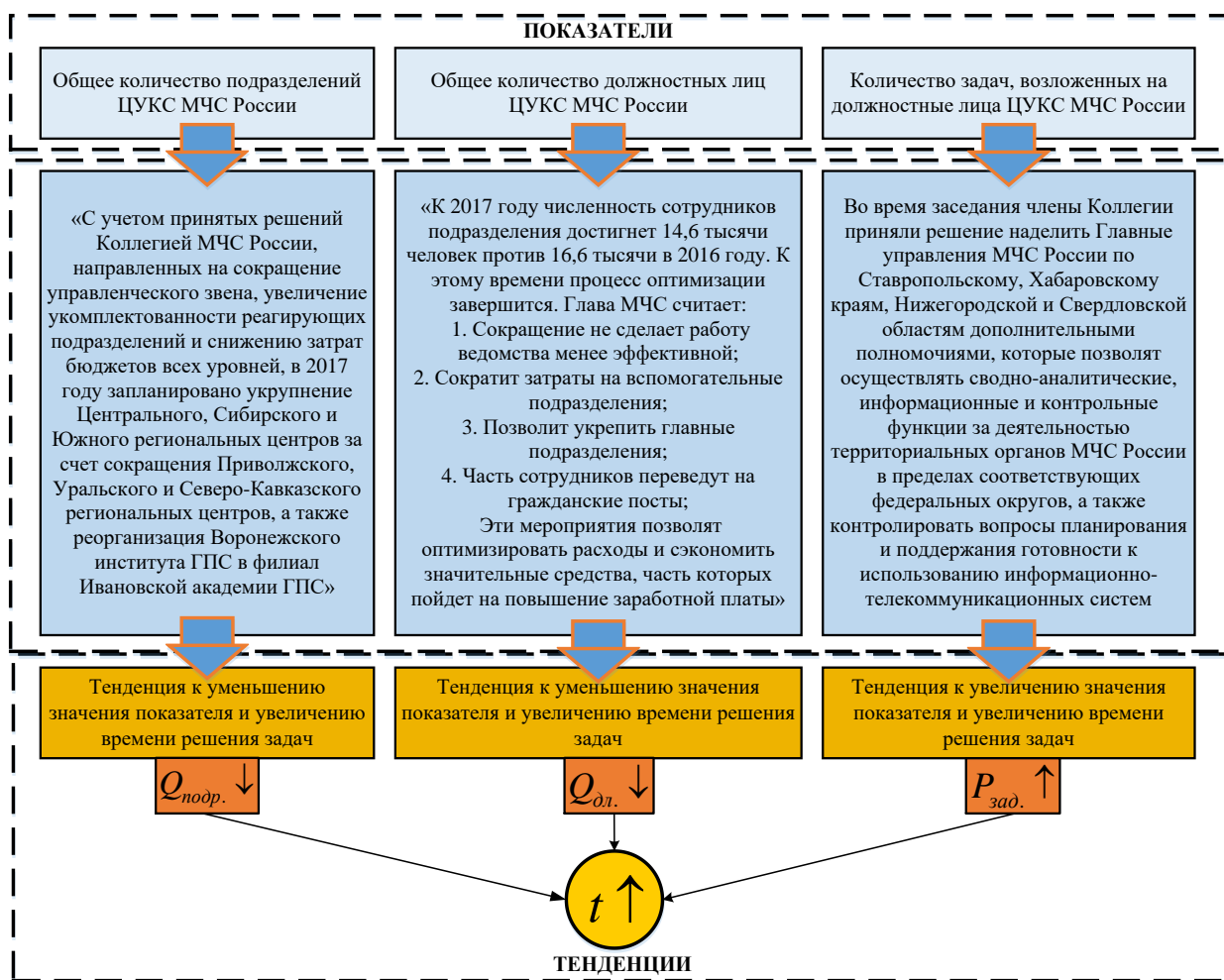


Рисунок 5 – Тенденции к изменению выявленных показателей

Из проведенного анализа ограничений системы по выявленным показателям можно сделать вывод, что система ЦУКС МЧС России представляется нестабильной, поскольку показатель «Время выполнения задач» подвержен влиянию со стороны остальных показателей. А увеличение времени решения задач непременно понесет различные отрицательные последствия. Поэтому предлагается компенсировать существующие потери за счет разработки системы информационно-аналитической поддержки.

Система информационно-аналитической поддержки может осуществлять функционирование в следующих режимах: режим повседневной деятельности, режим повышенной готовности, режим чрезвычайной ситуации.

А также на следующих стадиях жизненного цикла системы (рис. 6):

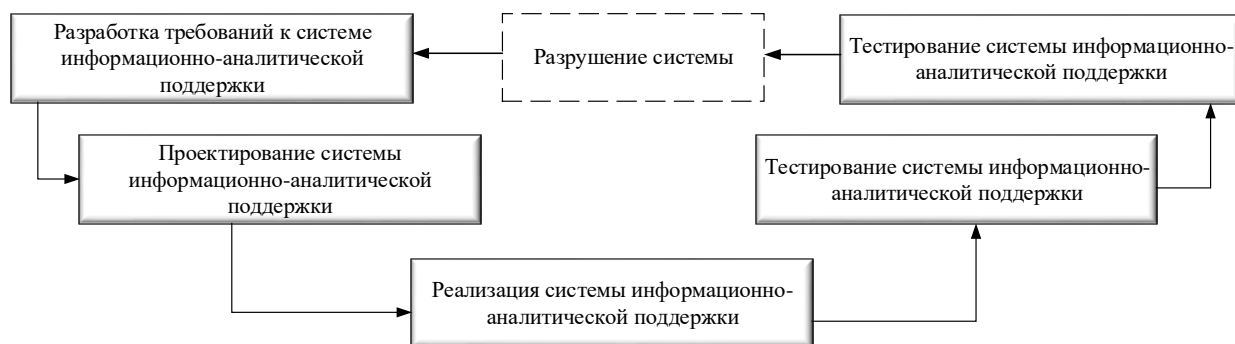


Рисунок 6 – Стадии жизненного цикла системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

По результатам проведенного анализа предметной области сформированы предпосылки к разработке и внедрению методов и средств информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России в практическую деятельность этих органов (рис. 7). Предпосылки обоснованы существующим состоянием системы управления МЧС России и существующими проблемами в рамках данной системы.



Рисунок 7 – Предпосылки к созданию системы информационно-аналитической поддержки

Для решения задач управления кризисными ситуациями в работе представлена формализованная модель системы повседневного управления МЧС России с применением средств информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях на основе продукционных и нечетких логических моделей (рис. 8).

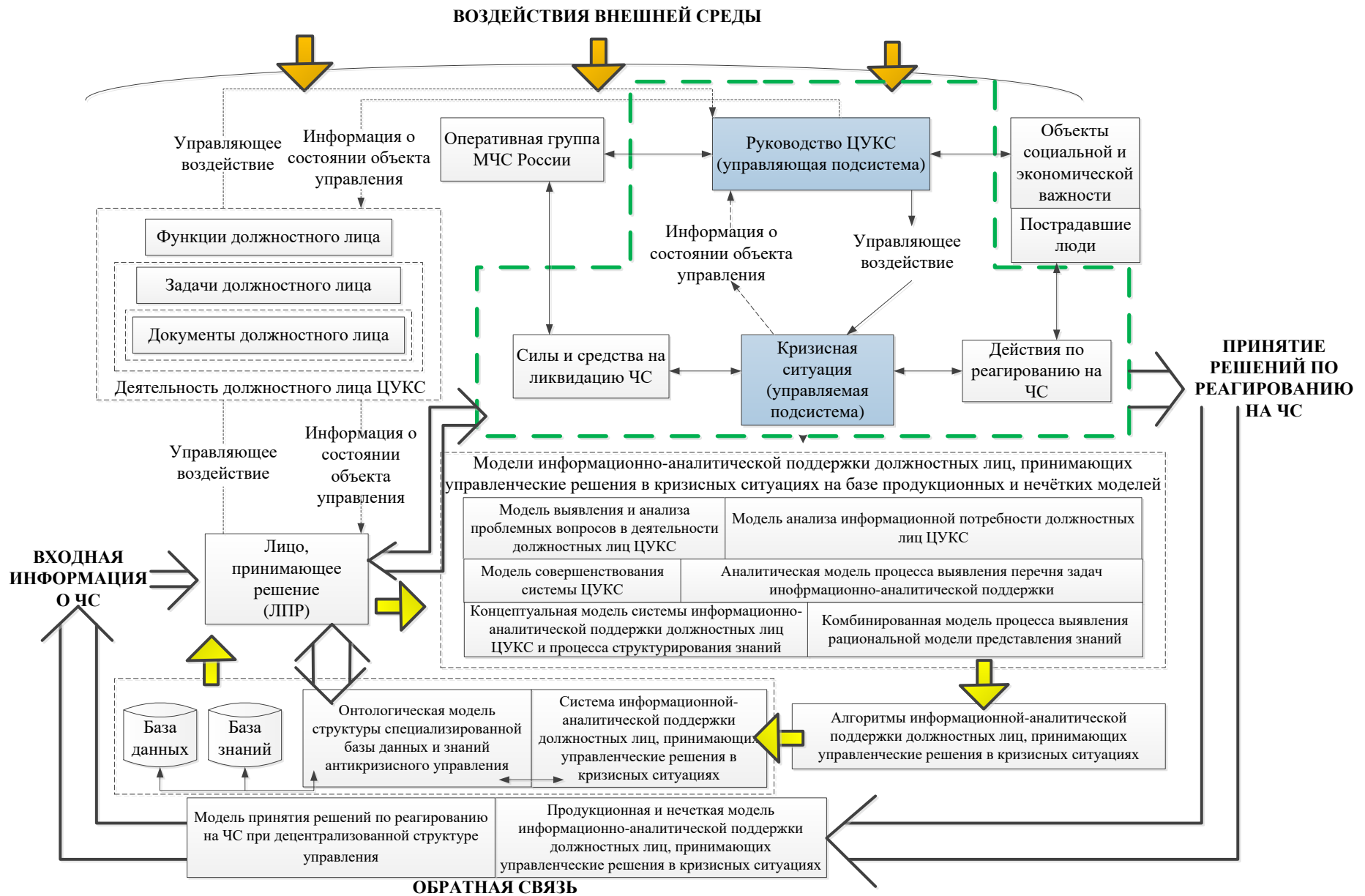


Рисунок 8 – Формализованная модель системы повседневного управления МЧС России с применением средств информационно-аналитической поддержки должностных лиц

1.2 Модель выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

Выявление и анализ проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России достигается путем разработки соответствующей модели [83], которая включает 3 основных составляющие (табл. 3).

Таблица 3 – Основные разделы разработки модели выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС

Составляющие модели	Декомпозиция составляющих
1. Анализ предметной области	1.1 Определение области исследований и анализ системы ЦУКС МЧС России
	1.2 Определение существующего положения дел по вопросу оценки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России
	1.3 Установление существующего организационного, обеспечивающего и функционального уровней деятельности должностных лиц ЦУКС
2. Структурный синтез системы выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц	2.1 Постановка задачи
	2.2 Выявление структуры разрабатываемой системы
	2.3 Определение функциональных подсистем системы выявления проблемных вопросов
3. Формирование предложений по применению разработанной методики	3.1 Установление круга пользователей и состава базы данных
	3.2 Установление технологии сбора и обработки данных
	3.3 Установление принципов формирования запросов к базе данных
	3.4 Определение технологии анализа полученных данных и представления соответствующих результатов руководству ЦУКС

Выявление и анализ проблемных вопросов в деятельности ЦУКС МЧС России осуществляется на трех уровнях, соответствующих органам повседневного управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС) [113].

Данные уровни имеют схожее техническое, информационное и программное обеспечение, что позволяет выработать единый подход и разработать универсальную систему для ЦУКС различных уровней.

Для анализа предметной области определения свойств, присущих подразделениям, а также выявления закономерностей функционирования подразделений ЦУКС, вводится понятие системы ЦУКС [83].

Система ЦУКС является сложной организованно-технической системой, имеющую ряд взаимосвязанных подсистем (рис. 9), гомоморфной относительно органов повседневного управления РСЧС и вводится как вспомогательное средство оценки деятельности должностных лиц подразделений ЦУКС на разных уровнях. Если структурными подразделениями ЦУКС являются управления, отделы, отделения, группы, оперативно-дежурная смена и др., то в системе ЦУКС выделены уровень подразделений и уровень должностных лиц. Функционирование системы ЦУКС связано с выполнением должностными лицами функциональных обязанностей [83].

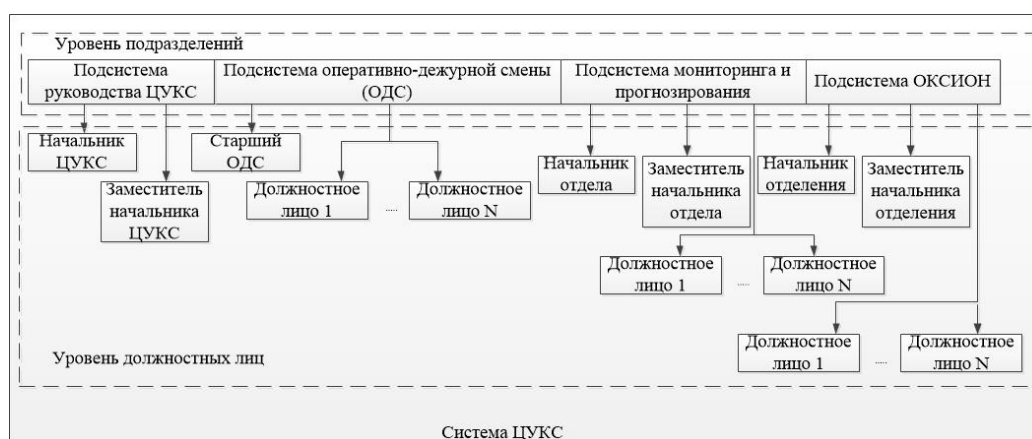


Рисунок 9 – Структура системы ЦУКС

Для определения свойств, соответствующих системе ЦУКС и показателей качества выполнения должностными лицами ЦУКС МЧС России функциональных обязанностей, предлагается анализ системы ЦУКС как системы с управлением. В соответствии с [6-8] при оценивании качества систем с управлением целесообразным признают введение нескольких уровней свойств, проранжированных в порядке возрастания сложности. Среди эмпирических уровней свойств, таких как управляемость, помехоустойчивость, устойчивость, способность, самоорганизация в модели рассматривается свойство «способность», отражающее специфику представляемого исследования (рис. 10). Систему ЦУКС можно оценить по данному свойству, отражающему цель функционирования и характерные черты деятельности должностных лиц. Способность – это свойство системы, определяющее возможности по достижению требуемого результата на основе имеющихся ресурсов в заданный период времени. Данное свойство характеризуется такими под свойствами разных уровней, как ресурсоемкость (своевременность, оперативность) и результативность (производительность, мощность) [83].

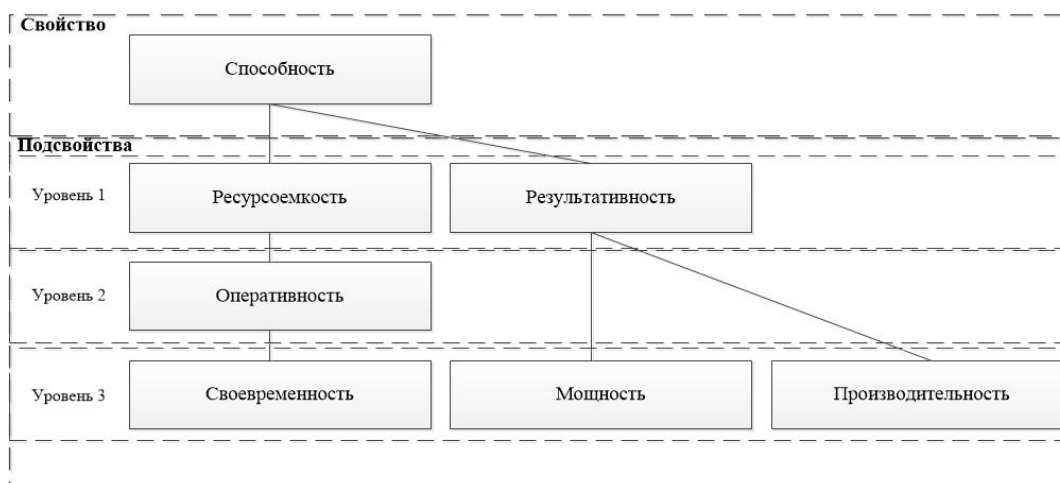


Рисунок 10 – Дерево подсвойств свойства «способность» для системы ЦУКС

Для определения показателей качества выполнения должностными лицами ЦУКС должностных обязанностей в предлагаемой методике выбираются 3 подсвойства уровня 3 дерева свойств (рис. 10). Показатели качества и сущность подсвойств уровня 3 представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Показатели качества системы ЦУКС для подсвойств уровня 3

Подсвойство	Сущность подсвойства	Показатель качества
Своевременность	Выполнение должностными лицами ЦУКС своих функциональных обязанностей в соответствии с регламентом	Время t выполнение задачи, не превышающее допустимое значение показателя качества
Мощность	Максимально возможное количество задач, которое может выполнить должностное лицо за смену	Максимальное количество задач, выполняемое должностным лицом за смену
Производительность	Объем выполненных задач должностным лицом за смену	Количество задач, выполненных должностным лицом за смену

Установление несоответствия между существующими и требуемыми значениями выделенных показателей качества системы ЦУКС позволяет провести фиксацию факта существования проблемы [83].

Работа органов ЦУКС – процесс объемный и многогранный. В подразделениях ЦУКС МЧС России, как и в любой сложной организованной системе, проблемы действительно существуют и оказывают влияние на функционирование системы в целом. Проблемам соответствуют причины возникновения и последствия от существования проблем. К настоящему времени проблемные вопросы в деятельности должностных лиц ЦУКС формируются на интуитивном уровне, исходя из опыта определенного должностного лица подразделения ЦУКС. Показан пример

выявления проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России на интуитивном уровне, с использованием технологии системного анализа, соответствующие причины возникновения, а также последствия от существования проблем (табл. 5). Такое выявление проблемы позволяет сформулировать следующие недостатки:

- необоснованность проблемных вопросов;
- актуальная проблема, присущая подразделению, может быть не замечена;
- невозможность в полной мере оценить целостную картину функционирования подразделений ЦУКС МЧС России и работы должностных лиц;
- потребность в высоком уровне квалификации должностных лиц подразделений и другие.

Таблица 5 – Возможные проблемы в деятельности ЦУКС разных уровней, причины возникновения и последствия от существования проблем [83]

Проблемы
<ul style="list-style-type: none"> - нарушение регламента выполнения функциональных обязанностей должностными лицами ЦУКС; - снижение качества выполнения отчетных документов; - снижение надежности функционирования связи и видеоконференцсвязи; - нарушение свойств полноты отчетных документов; - искажение информации о происшествии; - необъективная оценка информации о происшествии и другие
Причины
<p><i>1) организационные причины:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточный уровень подготовки (начинающих) специалистов; - разнородность информации и используемого математического обеспечения, в зависимости от региона, в котором расположено подразделение; - необъективность и разнородность информации о ЧС; <p><i>2) функциональные причины:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - рутинность работ, выполняемых должностными лицами ЦУКС различного уровня МЧС России; - большой перечень выполняемых работ при ограниченном времени, установленном для их исполнения; - значительный объем аналитической работы - существенный объем формальных и содержательных преобразований; <p><i>3) обеспечивающие причины:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточное использование современных достижений в области программного обеспечения; - сокращение финансового обеспечения (в условиях экономического кризиса); - сокращение кадрового обеспечения (в условиях оптимизации личного состава в МЧС России); - малая доля использования интеллектуального программного обеспечения; <p><i>4) прочие причины:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточный уровень автоматизации процессов управления; - отсутствие процесса автоматизации приобретения, накопления и представления знаний
Последствия
<ul style="list-style-type: none"> - несвоевременное оказание помощи пострадавшим; - увеличение материального ущерба; - увеличение числа погибших и пострадавших; - неорганизованные действия подразделений, прибывших к месту ЧС; - принятие неправильного решения лицом, принимающим решение; - неоптимальный расчет сил и средств; - неоптимальные расходы огнетушащих веществ и прочих ресурсов

Вопросы выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц чрезвычайно актуальны. Безусловно, существуют методики оценки деятельности должностных лиц, которые затрагивают не все критерии, присущие деятельности подразделений ЦУКС МЧС России. На настоящий момент вопросу выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности ЦУКС МЧС России, да и вообще процессу оценки деятельности, уделяется недостаточно внимания. Вопросы, связанные с автоматизацией оценки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России на сегодняшний день находятся исключительно в стадии рассмотрения и обсуждения и нуждаются в дальнейшем анализе и проработке. Автоматизация оценки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России позволит выявлять и анализировать проблемные вопросы и осуществлять фиксацию полученных результатов без привлечения дополнительных должностных лиц, что в рамках оптимизации личного состава МЧС России является необходимым фактором.

Анализ последствий существования проблем (табл. 5) сигнализирует о целесообразности введения в деятельность должностных лиц ЦУКС МЧС России автоматизированной методики выявления и анализа проблемных вопросов [83].

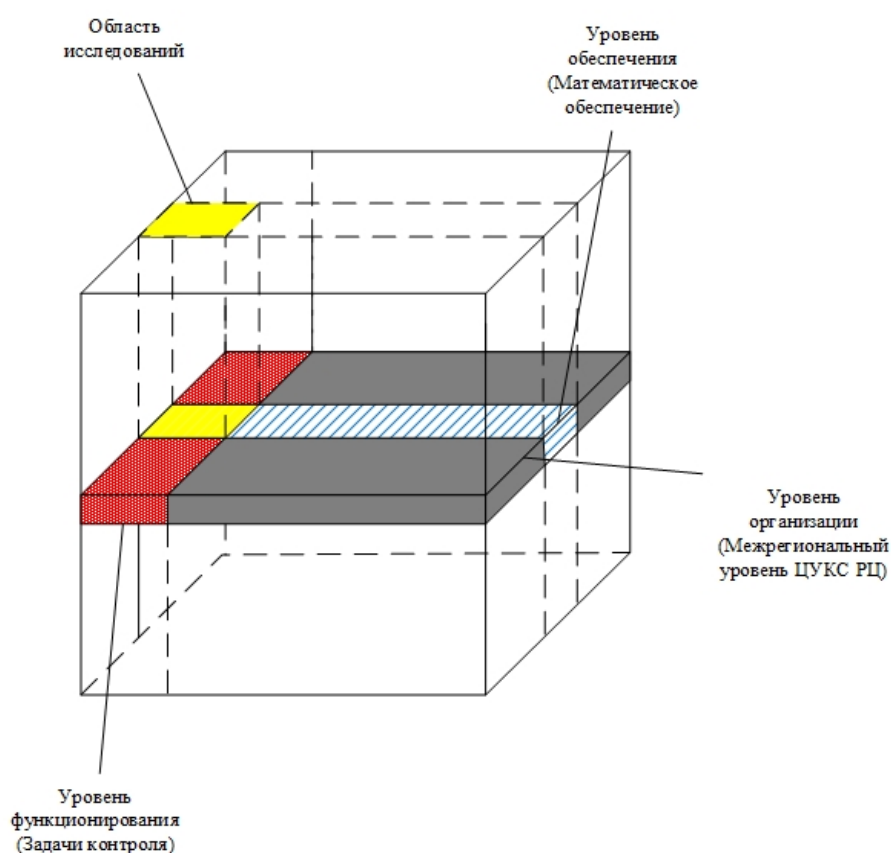


Рисунок 11 – Пример выделения уровней и определения области исследований

Достижению цели способствует системная методология, позволяющая четко определить место выявления проблемных вопросов путем фиксации трех уровней системного представления:

- уровень органов повседневного управления РСЧС (уровень организации);
- уровень функций управления и решаемых в интересах функций задач (уровень функционирования);
- уровень видов обеспечения деятельности должностных лиц (уровень обеспечения).

Рассмотренное представление системы ЦУКС позволяет выявить место проблемы в модели выявления и анализа проблемных вопросов, и провести фиксацию области исследования проблемных вопросов (рис. 11).

Представляемое исследование будет проводиться преимущественно на следующих подуровнях:

- Федеральном, Межрегиональном и Региональном подуровнях уровня организации;
- задачах контроля, планирования и оперативного управления для уровня функционирования;
- математическом, программном и научном обеспечении для уровня обеспечения.

В результате анализа предметной области для модели выявления и анализа проблемных вопросов получены следующие исходные данные:

- структура системы ЦУКС (рис. 9);
- соответствующие показатели качества системы ЦУКС (табл. 4);
- возможные проблемы в деятельности ЦУКС, выявленные на интуитивном уровне, причины возникновения этих проблем и последствия от существования проблем (табл. 5);
- существующее положения дел по вопросу выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС;
- существующие функциональный, организационный и обеспечивающий уровни.

Требуется: разработать модель выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.

Повышение эффективности деятельности органов повседневного управления РСЧС возможно за счет автоматизации процесса выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, в том числе с применением средств информационно-аналитической поддержки деятельности [83].

Для анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России используется абстрактная система выявления и анализа проблемных вопросов, включающая подсистемы:

- оценки выполнения обязанностей должностными лицами ЦУКС;
- выявления проблемы;
- анализа проблемы.

Каждая подсистема содержит элементы функциональных подсистем. Элементы функциональных подсистем соответствуют поэтапному выполнению процесса выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности ЦУКС МЧС России [83].

Практическое применение разрабатываемой модели осуществляется с применением реляционных баз данных. Базы данных состоят из реляционных отношений и создаются для хранения информации о должностных лицах ЦУКС, а также содержат сведения по задачам, решаемым должностными лицами в ходе выполнения функциональных обязанностей. Выявление и анализ проблемных вопросов сводится к формированию запросов к базе данных и оценке, полученных из базы данных о выполнении должностным лицом ЦУКС МЧС России обязанностей, связанных с решением определенных задач. Направлением дальнейших исследований также является синхронизация создаваемых реляционных отношений с существующими базами данных органов повседневного управления РСЧС различных уровней [83].

Для детализации создаваемых реляционных отношений предлагается выполнение следующих этапов:

- определение круга пользователей базы данных;
- определение состава объектов предметной области, сведения о которых накапливаются и обрабатываются в базе данных (инфологическое проектирование).

Круг пользователей реляционных баз данных ограничивается руководителями структурных подразделений ЦУКС, а также начальником исследуемого ЦУКС.

Структура БД, технология информационного взаимодействия пользователей БД и пример выделения кортежей представлены в [83].

Каждое реляционное отношение в БД соответствует одной сущности, в которое вносятся атрибуты сущности. Для каждого отношения определяются ключевые атрибуты, которые имеют непосредственное значение для дальнейшего выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Реляционные отношения представлены в табл. 6 [83].

Таблица 6 - Реляционные отношения

Объекты	Обозначения отношений	Атрибуты
Подразделения	П	УО \neq , ТСП \neq , НП \neq
Должностные лица	ДЛ	ФИО \neq , ЛН, СЗ, О \neq , Д \neq
Задачи	З	НЗ \neq , ПЗ \neq , СЗ \neq , ПКЗ, СВЗ, ТЗПК \neq , СЗПК \neq

Символом \neq обозначаются ключевые атрибуты, УО - уровень организации, ТСП - тип структурного подразделения, НП - наименование структурного подразделения, ФИО - фамилия имя отчество должностного лица, ЛН - личный номер, СЗ - специальное звание, О - опыт, Д - должность, НЗ - наименование задачи, ПЗ - приоритет задачи, СЗ - сложность задачи, ПКЗ - показатели качества выполнения задачи, СВЗ - свойства выполнения задачи, ТЗПК - требуемые значения показателей качества, СЗПК - существующие значения показателей качества [84].

С помощью операции реляционной алгебры формируются запросы к базе данных на α -языке, в зависимости от требований запрашивающих лиц.

Основными атрибутами для выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России будут требуемые значения показателей качества системы, принадлежащие отношению «Задачи», для которых запрос представляется в следующем виде:

$$v1[TЗПК\neq] / v1 \in Д\neq) \wedge \exists (v2 \in ДЛ) \wedge v1[НП\neq] = v2 [НП\neq] \wedge (v2[Д\neq] = НЗ\neq)$$

Результаты полученных запросов подвергаются сравнительному анализу. При выявлении и анализе проблемных вопросов осуществляется оценка существующих значений показателя качества выполнения задачи и сравнение с требуемыми значениями показателей (табл. 7).

Таблица 7 – Сравнение требуемых и фактических значений показателей

№ п/п	Вариант сравнения	Формируемый вывод
1.	$Q_{\text{треб.}} > Q_{\text{фактич.}}$	Проблема существует и нуждается в решении
2.	$Q_{\text{треб.}} = Q_{\text{фактич.}}$	Возможно возникновение проблемы
3.	$Q_{\text{треб.}} < Q_{\text{фактич.}}$	Задача выполняется качественно. Проблемы нет

$Q_{\text{треб.}}$ - требуемое значение показателя качества;

$Q_{\text{факт.}}$ - фактическое значение показателя качества.

Анализируя сформулированные выше предложения по применению модели анализа и выявления проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС, можно сделать вывод, что для эффективной оценки деятельности подразделений ЦУКС МЧС России модель выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России должна содержать следующие основные этапы:

- 1) выбор должностного лица, подлежащего проверке;
- 2) анализ задач, возложенных на должностное лицо;
- 3) выбор задачи, по которой будет осуществлена оценка;
- 4) выбор свойства, по которому будет осуществлена оценка.
- 5) выбор показателя, по которому будет осуществлена оценка;
- 6) формирование запросов к базе данных;
- 7) анализ полученных данных;
- 8) представление результатов руководству ЦУКС.

Наряду с выявлением проблемных вопросов также актуальной становится проблема анализа. Для этого необходимо найти среднее значение показателей качества и организовать вычисление соответствующих отклонений (рис. 12) и построение соответствующих графиков (рис. 13). Предлагается фиксировать результаты анализа в табличном виде при помощи редактора Microsoft Office Excel.

С какого числа	По какое число	Уровень организации	Разряд ЦУКС	Соответствующее подразделение	Структурное подразделение
20.01.2017	20.02.2017	Региональный	ЦУКС III разряда	ЦУКС ГУ МЧС России по Псковской области	Оперативно-дежурная смена
Фамилия И.О.	Должность	Звание	Функция	Задача	Документ
Яковлев И.П.	АРМ-5.Специалист по анализу и подготовке оперативных данных(по паспортам территории)	майор в.н.сл	Организация работы с паспортами территорий в круглосуточном режиме	Контроль уровня наполненности паспортов территории	Рапорт по выявленным недостаткам
	Уровень функционирования		Показатель качества		Режим функционирования
	Задачи контроля		Оперативность		Режим повседневной деятельности
День проверки	Существующее значение показателя качества	Требуемое значение показателя качества	Среднее значение показателя качества	Отклонение от требуемого значения	Отклонение от среднего значения
1	14	15	15,66666667	1	1,66666667
2	12	15	15,66666667	3	3,66666667
3	15	15	15,66666667	0	0,66666667
4	20	15	15,66666667	-5	-4,33333333
5	25	15	15,66666667	-10	-9,33333333
6	17	15	15,66666667	-2	-1,33333333
7	18	15	15,66666667	-3	-2,33333333
8	14	15	15,66666667	1	1,66666667
9	15	15	15,66666667	0	0,66666667
10	16	15	15,66666667	-1	-0,33333333
11	17	15	15,66666667	-2	-1,33333333
12	18	15	15,66666667	-3	-2,33333333
13	19	15	15,66666667	-4	-3,33333333
14	12	15	15,66666667	3	3,66666667
15	20	15	15,66666667	-5	-4,33333333
16	21	15	15,66666667	-6	-5,33333333
17	20	15	15,66666667	-5	-4,33333333
18	17	15	15,66666667	-2	-1,33333333
19	16	15	15,66666667	-1	-0,33333333
20	14	15	15,66666667	1	1,66666667
21	13	15	15,66666667	2	2,66666667
22	12	15	15,66666667	3	3,66666667
23	10	15	15,66666667	5	5,66666667
24	11	15	15,66666667	4	4,66666667
25	12	15	15,66666667	3	3,66666667
26	13	15	15,66666667	2	2,66666667
27	14	15	15,66666667	1	1,66666667
28	15	15	15,66666667	0	0,66666667
29	16	15	15,66666667	-1	-0,33333333
30	14	15	15,66666667	1	1,66666667
31	16	15	15,66666667	-1	-0,33333333

Рисунок 12 – Фиксация результатов выявления и анализа проблемных вопросов

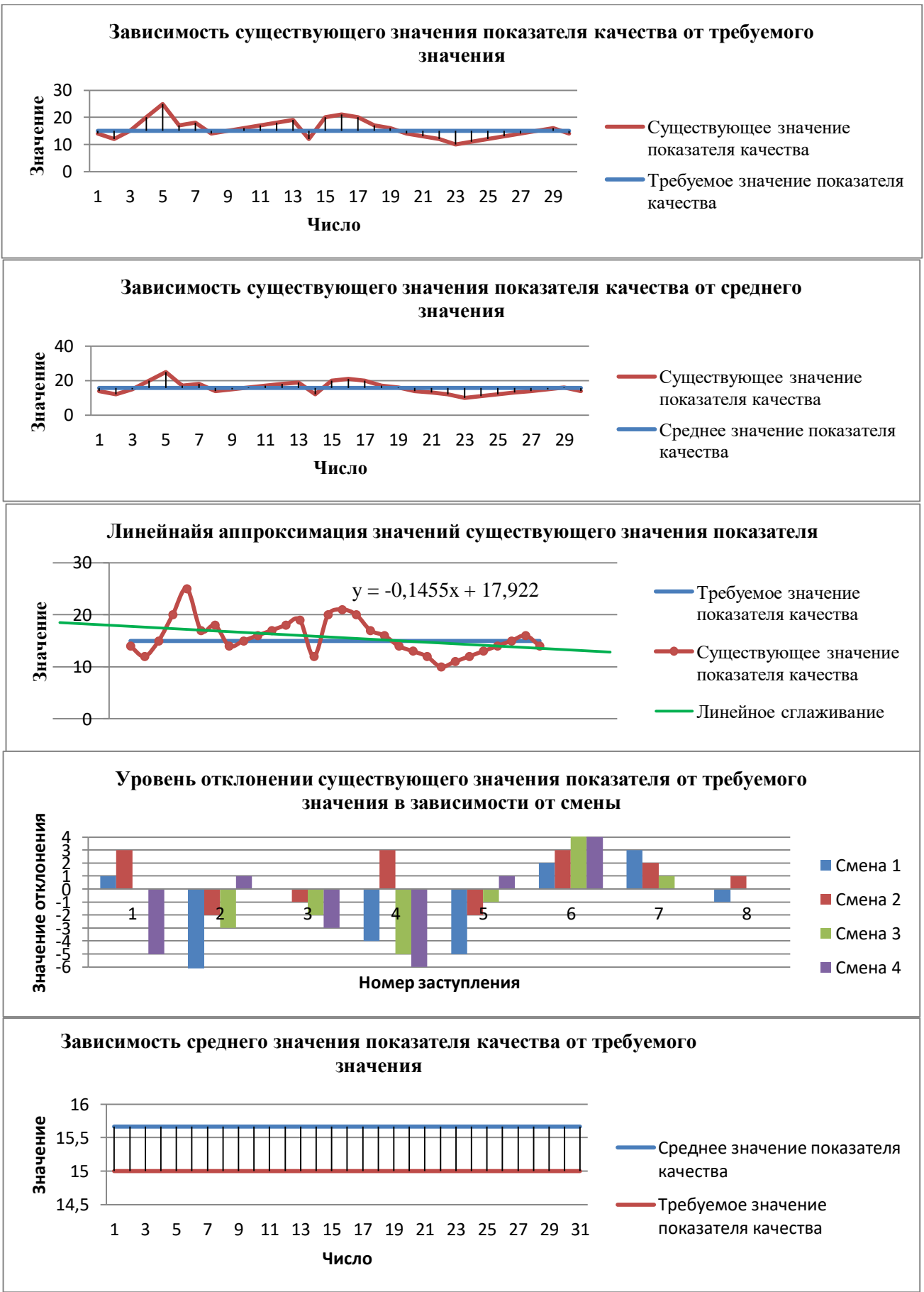


Рисунок 13 – Графическая интерпретация анализа проблемных вопросов

Анализ проблемных вопросов позволит получать следующие данные:

- визуальное подтверждение существования проблемы;
- тенденцию к развитию проблемы;
- время существования проблемы;
- величину отклонения существующих значений от требуемых значений;
- величину отклонения существующих значений от среднего значения;
- линейную аппроксимацию существующего значения показателя качества;
- уровни отклонений от среднего и от требуемого значения по сменам;
- зависимость среднего значения показателя качества от требуемого значения.

Практическое применение предложенной модели осуществлялось на примере должностного лица АРМ-5 (специалист по анализу и подготовке оперативных данных, по паспортам территорий) (табл. 8, табл. 9). Оценивались свойства «своевременность» и «производительность» (рис. 10, табл. 4). Свойство «мощность» не учитывалось, поскольку непосредственно связано со свойством «производительность». По результатам применения методики сделаны следующие выводы:

1. Свойство своевременность. Значение отклонения существующего среднего значения показателя «время выполнения документа» от требуемого значения показателя равняется 1,3 мин. (или 8%).

Таблица 8 – Анализ свойства «своевременность»

День проверки	Существующее значение показателя	Требуемое значение	Значение отклонения
1	17 мин.	15 мин.	2 мин.
2	18 мин.	15 мин.	3 мин.
3	19 мин.	15 мин.	4 мин.
4	16 мин.	15 мин.	1 мин.
5	15 мин.	15 мин.	0 мин.
6	14 мин.	15 мин.	-
7	16 мин.	15 мин.	1 мин.
8	15 мин.	15 мин.	0 мин.
9	17 мин.	15 мин.	2 мин.
10	16 мин.	15 мин.	1 мин.
Среднее значение	16,3 мин.	15 мин.	1,3 мин. (8%)

2. *Свойство производительность.* Значение отклонения существующего среднего значения показателя «количество отработанных документов за единицу времени» от требуемого значения показателя равняется 2 документа (или 25%).

Таблица 9 – Анализ свойства «производительность»

День проверки	Существующее значение показателя	Требуемое значение	Значение отклонения
1	8 док.	8 док.	0 док.
2	9 док.	8 док.	-
3	7 док.	8 док.	1 док.
4	6 док.	8 док.	2 док.
5	5 док.	8 док.	3 док.
6	4 док.	8 док.	4 док.
7	3 док.	8 док.	5 док.
8	5 док.	8 док.	3 док.
9	7 док.	8 док.	1 док.
10	6 док.	8 док.	2 док.
Среднее значение	6 док.	8 док.	2 док. (25%)

Получившиеся отклонения по свойствам «своевременность» и «производительность» наглядно представлены на рис. 14.

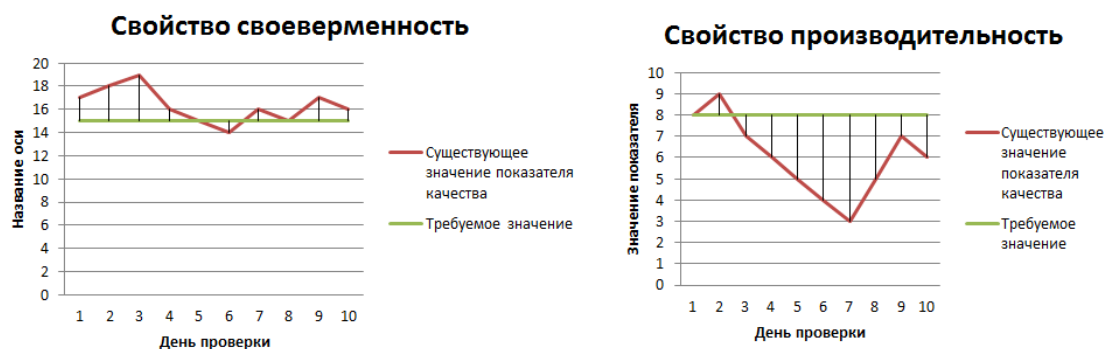


Рисунок 14 – Результаты практического применения модели

Вывод: отклонения по выявленным свойствам вызывают негативные последствия, поэтому необходимо устранять несоответствия между существующими и требуемыми значениями показателей качества, влияя на причины возникновения, а именно: рутинность работы должностных лиц, проблемы обоснованности принимаемых решений, отсутствие должностных лиц, владеющих основами автоматизации и программирования, дефицит личного состава ЦУКС.

Целевая критериальная функция повышения эффективности деятельности должностных лиц ЦУКС предусматривает изменение показателей, соответствующих свойствам «своевременность» и «производительность» (1). Повышение

эффективности достигается за счет увеличения показателя «количество обрабатываемых документов» (при снижении времени на выполнение) и уменьшение показателя «время выполнения задач» (при увеличении качества решения).

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n T \xrightarrow{f_e \rightarrow \max} \min. \\ j, e \in \overline{1, L}. \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n Q_{\text{док.}} \xrightarrow{t_k \rightarrow \min} \max. \\ i \in \overline{1, N}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где T – время выполнения задачи, f_e – качество решения задачи, $Q_{\text{док.}}$ – количество документов, t_k – время выполнения документов.

1.3 Модель совершенствования системы ЦУКС

Вопросы совершенствования системы ЦУКС необходимо начинать с анализа системы органов повседневного управления РСЧС, как сложной организационно-технической системы. Цель функционирования системы – обеспечение информационного взаимодействия между структурными подразделениями МЧС России, обеспечение управления силами и средствами при ликвидации ЧС, а также осуществление Государственной политики в области обеспечения пожарной безопасности людей и материального имущества, защиты населения и территории от ЧС природного и техногенного характера, обеспечение безопасности людей на водных объектах. Система органов повседневного управления РСЧС является подсистемой Единой Государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС, которая является подсистемой общей системы управления МЧС России (рис. 15).

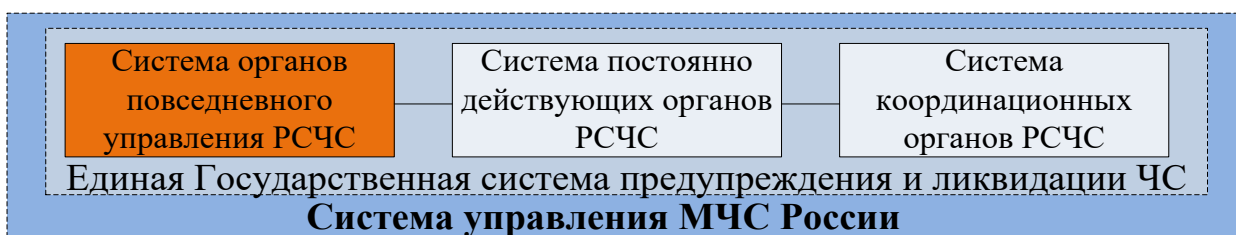


Рисунок 15 – Место системы органов повседневного управления РСЧС

Система органов повседневного управления РСЧС предлагается как абстрактная система, основными элементами которой будут (рис. 16):

1) структурная подсистема. На данном этапе определяются структура предлагаемой системы и выделяются возможные нарушения данной структуры, которые могут привести к нарушению эффективности функционирования системы;

2) информационная подсистема. На этапе проводится анализ информационных потоков в системе с целью установления вероятного уровня рутинности в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, а также определения рациональности использования информационных ресурсов;

3) аналитическая подсистема. Этап позволяет определить долю аналитической работы в деятельности должностных лиц органов повседневного управления РСЧС для анализа возможностей последующего возложения части задач, решаемых должностными лицами ЦУКС, на системы информационно-аналитической и интеллектуальной поддержки;

4) социальная подсистема. Система органов повседневного управления РСЧС и подсистемы (центры управления в кризисных ситуациях) являются социальными системами, основными элементами которых являются люди - должностные лица ЦУКС МЧС России. Необходимо анализировать возможные проблемы с точки зрения социальных аспектов;

5) управляющая подсистема. На этапе проводится анализ системы органов повседневного управления с точки зрения управляющих воздействий на объект управления с целью выявления проблемных вопросов в аспектах организации управления подразделениями, должностными лицами, силами и средствами ЦУКС МЧС России.

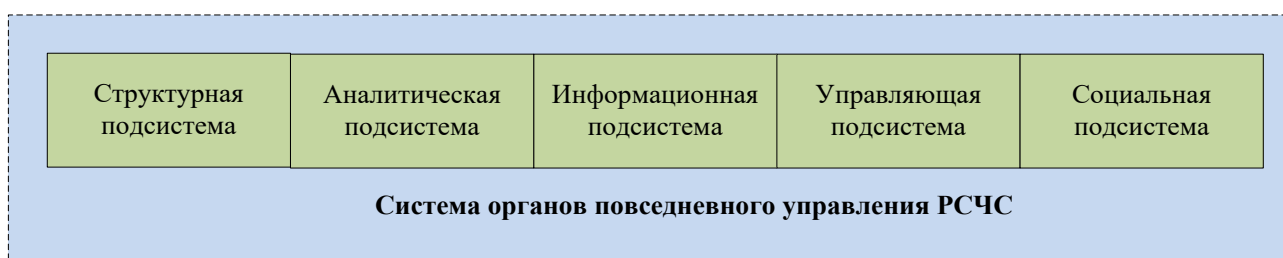


Рисунок 16 – Абстрактная система органов повседневного управления РСЧС

1. Структурная подсистема. Структура органов повседневного управления РСЧС представлена на рис. 1. Органы повседневного управления РСЧС осуществляют свое функционирование на пяти уровнях. На Федеральном, Межрегиональном и Региональном уровнях функции управления осуществляют центры управления в кризисных ситуациях. Из системы органов повседневного управления РСЧС на этих трех уровнях можно выделить еще одну систему – систему ЦУКС.

В настоящее время система ЦУКС претерпевает значительные изменения, касающиеся структуры системы, поскольку, происходит переход от существующей трехуровневой системы управления на двухуровневую систему за счет исключения межрегионального уровня из общей структуры (рис. 17). Переход осуществляется в несколько этапов, однако, это не исключает того факта, что на главные управления МЧС России по субъектам Российской Федерации возлагаются дополнительные функции и задачи, при том, что количество должностных лиц ЦУКС и соответствующих подразделений на региональном уровне остается неизменным.

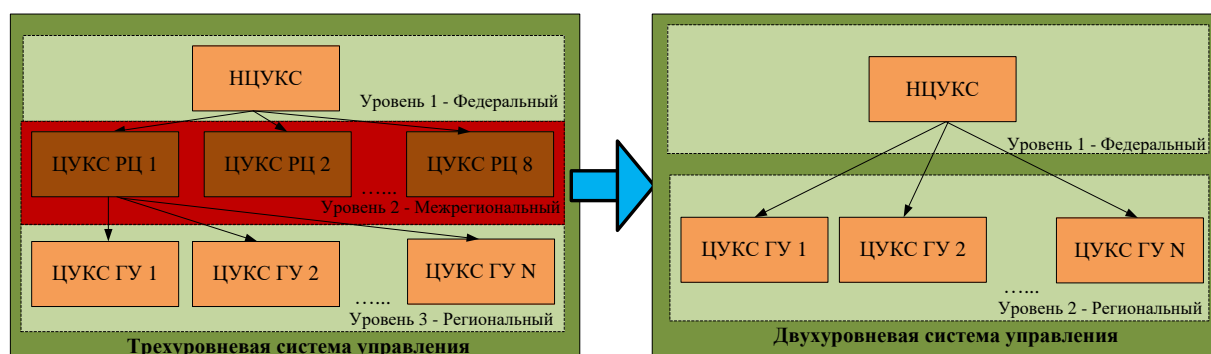


Рисунок 17 – Переход системы ЦУКС на двухуровневую систему

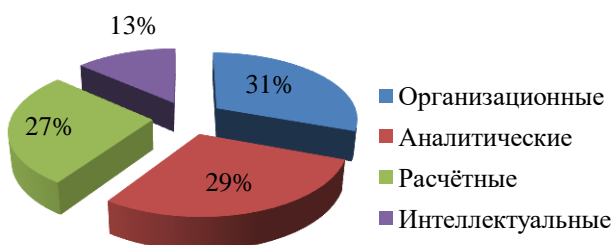
2. Информационная подсистема. Анализ информационных потоков в системе показывает, что на должностные лица возлагается значительный объем обрабатываемой документации, вследствие чего, повышается рутинность деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Информация во многих документах дублируется, а часть документации не несет значительной пользы.

3. Аналитическая подсистема. Аналитические и содержательные преобразования в большом количестве затрудняют деятельность сотрудников органов управления МЧС, и возможно допущение ошибок должностными лицами ЦУКС МЧС России. Анализ деятельности оперативно-дежурной смены ЦУКС МЧС России позволил выделить задачи [105] и провести декомпозицию (всего 170 подзадач). А также осуществить распределение задач по функциям управления (задачи контроля, учета, оперативного управления, планирования), по сущности (расчетные, аналитические, организационные, интеллектуальные) и по уровням информационной иерархии (задачи с данными, задачи с информацией и задачи со знаниями). Проведенный анализ позволил сделать следующие выводы (табл. 11, рис. 18):

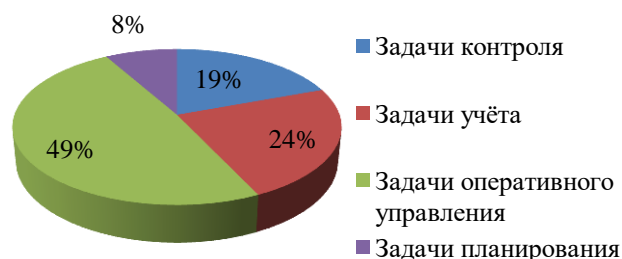
Таблица 10 – Результаты анализа задач, решаемых должностными лицами ЦУКС

№ п/п	По функциям управления		По сущности		По уровню информационной иерархии	
	Задачи	Количество	Сущность	Количество	Задачи с информацией	Количество
1.	Задачи оперативного управления	83 (49%)	Организационные	52 (31%)	Задачи с информацией	107 (63%)
2.	Задачи учета	40 (24%)	Аналитические	49 (29%)	Задачи с данными	25 (15%)
3.	Задачи контроля	33 (19%)	Расчетные	46 (27%)	Задачи со знаниями	38 (22%)
4.	Задачи планирования	14 (8%)	Интеллектуальные	23 (13%)		

Распределение задач по сущности



Распределение задач по функциям управления



Распределение задач по уровню информационной иерархии

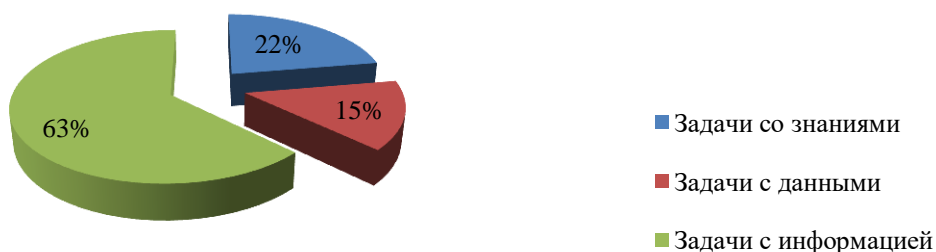


Рисунок 18 – Результаты анализа деятельности должностных лиц ЦУКС

4. Социальная система. Поскольку основным элементом системы ЦУКС являются люди, то важными становятся вопросы социального характера. В том числе проблемы управления образовательным процессом и подготовки специалистов для органов повседневного управления РСЧС. Департаментом кадровой политики не проработаны квалификационные требования для подготовки сотрудников антикризисного управления.

5. Управляющая подсистема. Управление есть процесс формирования целенаправленного поведения системы посредством информационных воздействий.

Поведение системы задает лицо, принимающее решение (должностное лицо ЦУКС МЧС России) путем установления рациональных значений управляемых характеристик системы через каналы прямой и обратной связи. Однако на лицо, принимающее решение (ЛПР), воздействует ряд внешних факторов социального, психологического, эмоционального характера, что может негативно сказаться на принятии грамотного решения в условиях риска.

Обобщая результаты проведенного анализа (табл. 11), с учетом сформированных выводов предлагается структурный и параметрический синтез разложенных элементов системы органов повседневного управления в единую усовершенствованную систему. Синтезированная модель совершенствования системы ЦУКС представлена на рис. 19.

Таблица 11 – Обобщение результатов анализа

Суть проблемы	Возможное решение
<i>Структурная подсистема</i>	
Оптимизация структуры органов повседневного управления РСЧС и переход к двухуровневой системе управления может вызвать ряд проблем, связанных с оперативностью поставленных задач	Часть задач возложить на системы информационно – аналитической поддержки
<i>Социальная подсистема</i>	
Отсутствуют квалификационные требования для ВУЗов, осуществляющих подготовку высококвалифицированных кадров для системы антикризисного управления МЧС России	Подготовить предложения по совершенствованию процесса подготовки специалистов для системы антикризисного управления МЧС России
<i>Информационная подсистема</i>	
Анализ информационных потоков показал, что в деятельности должностных лиц ЦУКС существует высокий уровень рутинности. Часть информации дублируется в разных документах, а часть документов не несет большой информационной пользы	Разработать методики и системы выявления задач, подлежащих автоматизированному решению и решению с использованием систем интеллектуальной, либо информационно-аналитической поддержки
<i>Аналитическая подсистема</i>	
Существует большое число аналитических и интеллектуальных задач в деятельности должностных лиц ЦУКС, что приводит к снижению уровня производительности и оперативности обрабатываемой документации	Часть задач возложить на системы информационно – аналитической поддержки
<i>Управляющая подсистема</i>	
Существует угроза совершения ошибок лицом, принимающим решение вследствие так называемого «человеческого фактора»	Часть задач возложить на системы информационно – аналитической поддержки

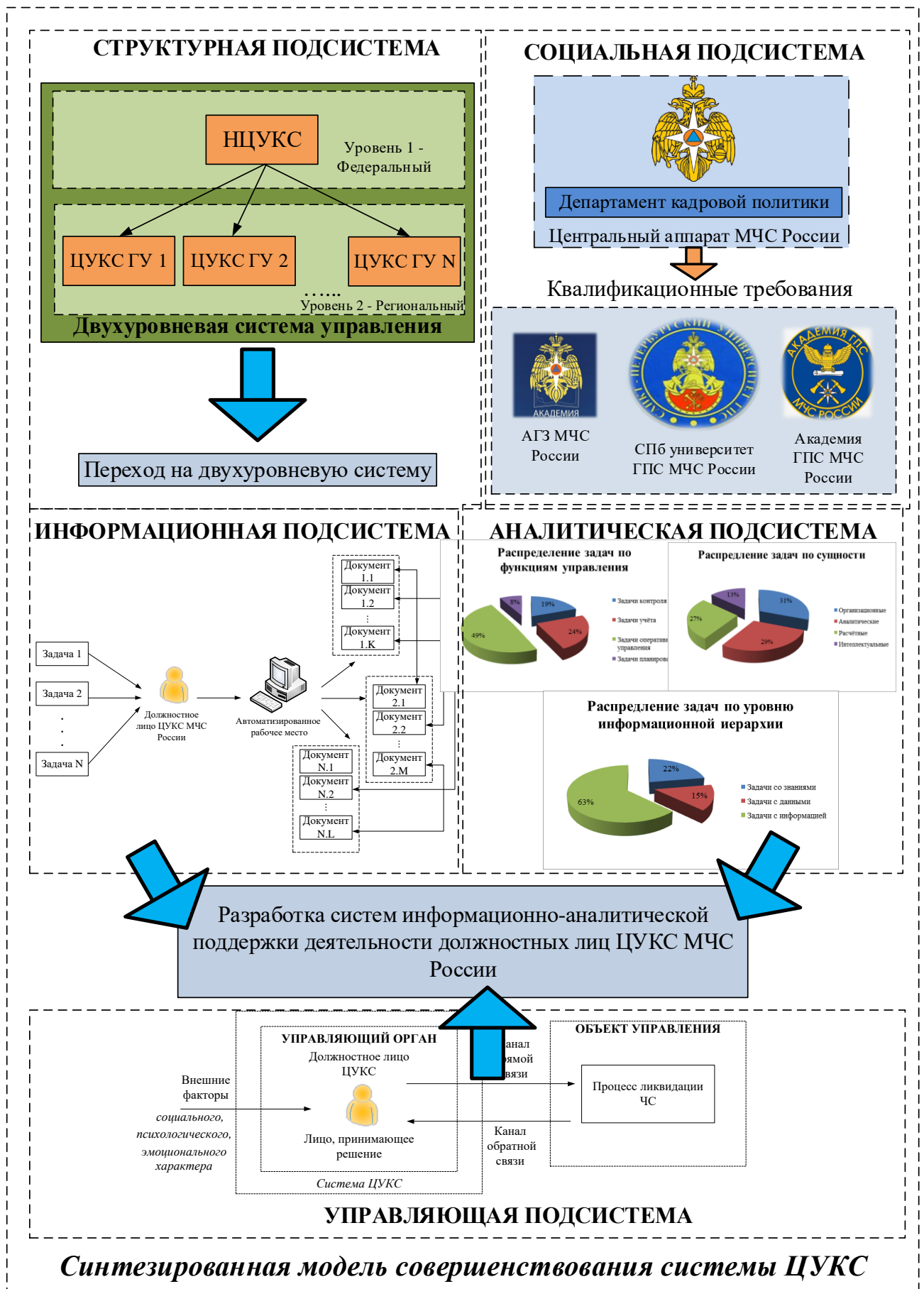


Рисунок 19 – Синтезированная модель совершенствования системы ЦУКС

1.4 Общая постановка задачи совершенствования системы ЦУКС с позиции теории активных систем

Систему ЦУКС можно рассматривать, как активную, основным элементом, которой являются активные элементы (АЭ) (подразделения ЦУКС МЧС России) с управляющим органом – руководством ЦУКС МЧС России. С позиции теории активных систем, в качестве центра активной системы и активного элемента могут выступать как отдельные люди, так и их группы или коллективы [80].

Управление со стороны центра воздействует на потребности АЭ, формирование мотивов (внешняя мотивация), процесс выбора цели и выбор задач и используемых АЭ технологий: содержания и форм, методов и средств деятельности (рис. 20). Внешняя среда может оказывать влияние на потребности, процесс формирования мотивов, целей, задач и технологий. Кроме того, воздействие внешней среды может оказаться причиной несовпадения действия АЭ и результата деятельности [80].

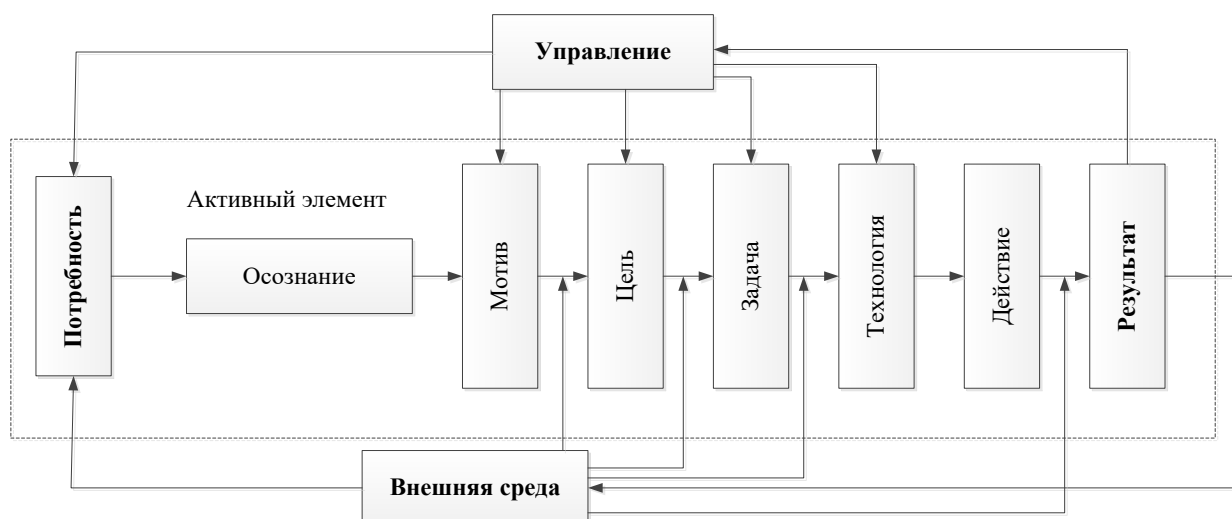


Рисунок 20 – Управление деятельностью АЭ

Рассмотрим общую (для детерминированных АС и АС с неопределенностью) постановку задачи стимулирования в активных системах в терминах целевых функций [80]. Вводятся следующие обозначения:

Функция полезности активного элемента (2):

$$u(x, z, r, S(\cdot)) = \begin{cases} S'(x, z) - c'(z, r), \\ h'(z, r) - c'(x, z), \end{cases} \quad (2)$$

где $S'(x, z)$ - функция стимулирования системы ЦУКС, $c'(z, r)$ - функция затрат системы ЦУКС, $h'(z, r)$ - функция дохода системы ЦУКС, $c'(x, z)$ - функция штрафов системы ЦУКС [80].

В качестве стимулирования системы ЦУКС предполагается дисциплинарное поощрение сотрудников, как активных элементов системы. В качестве затрат предполагается использование сил и средств на ликвидацию ЧС, а также материально-техническое обеспечение функционирования системы ЦУКС. В качестве дохода используется количество ликвидированных происшествий и ЧС, количество спасенных жизней и сохраненных материальных ценностей. В качестве штрафов – дисциплинарные взыскания сотрудников ЦУКС.

Устранение неопределенности в системе ЦУКС можно достигнуть за счет максимизации функции на основе формулы [80]:

$$\dot{y} \in P_r(S(\cdot), A) = \underset{y \in A}{\text{Arg max}} f(x, y, r, S(\cdot)). \quad (3)$$

Центр также может устранить неопределенность относительно результата деятельности активного элемента. Целевая функция в этом случае принимает вид [80]:

$$\psi(y, S(\cdot)) = \langle \Phi'(z, S(\cdot)) \rangle. \quad (4)$$

Эффективность функционирования системы ЦУКС при выборе элементом системы ЦУКС действия, которое наиболее благоприятно для центра, определяется выражением:

$$K(S, r) = \max_{y \in P_r(S(\cdot), A)} \psi(y, S(\cdot)). \quad (5)$$

Эффективность механизма стимулирования системы ЦУКС оценивается в зависимости от механизма устранения неопределенности (минимизации или максимизации целевой функции) [80]:

$$K(S) = \min_{r \in \Omega} \max_{y \in P_r(S(\cdot), A)} \psi(y, S(\cdot)), \quad (6)$$

$$K(S) = \min_{r \in \Omega} \min_{y \in P_r(S(\cdot), A)} \psi(y, S(\cdot)). \quad (7)$$

Система штрафов системы ЦУКС представляет скачкообразную функцию (8) (рис. 36) [80]:

$$C_c(x, y) = \begin{cases} 0, & y(\leq, \geq)x. \\ C, & y(<, >)x. \end{cases} \quad (8)$$

Система стимулирования системы ЦУКС представляется квазискачкообразной функцией (рис. 36) [80]:

$$C_{QC}(x, y) = \begin{cases} 0, & y = x. \\ C, & y \neq x. \end{cases} \quad (9)$$

Компенсаторная система стимулирования системы ЦУКС (10):

$$C_k(y) = \begin{cases} h(y) - [h_{\max} - C], & y \in [y^-, y^+] \\ C, & y \in [y^-, y^+] \end{cases} \quad (10)$$

где y^- и y^+ левая и правая граница множества действий, реализуемых при заданных ограничениях механизма стимулирования и квазикомпенсаторные системы стимулирования (11) [80]:

$$C_{QK}(x, y) = \begin{cases} h(y) - [h_{\max} - C], & y = x. \\ C, & y \neq x. \end{cases} \quad (11)$$

Для успешной реализации направлений и путей решения проблемных вопросов, выявленных в ходе исследования, разработано дерево целей процесса разработки системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России (рис. 21).

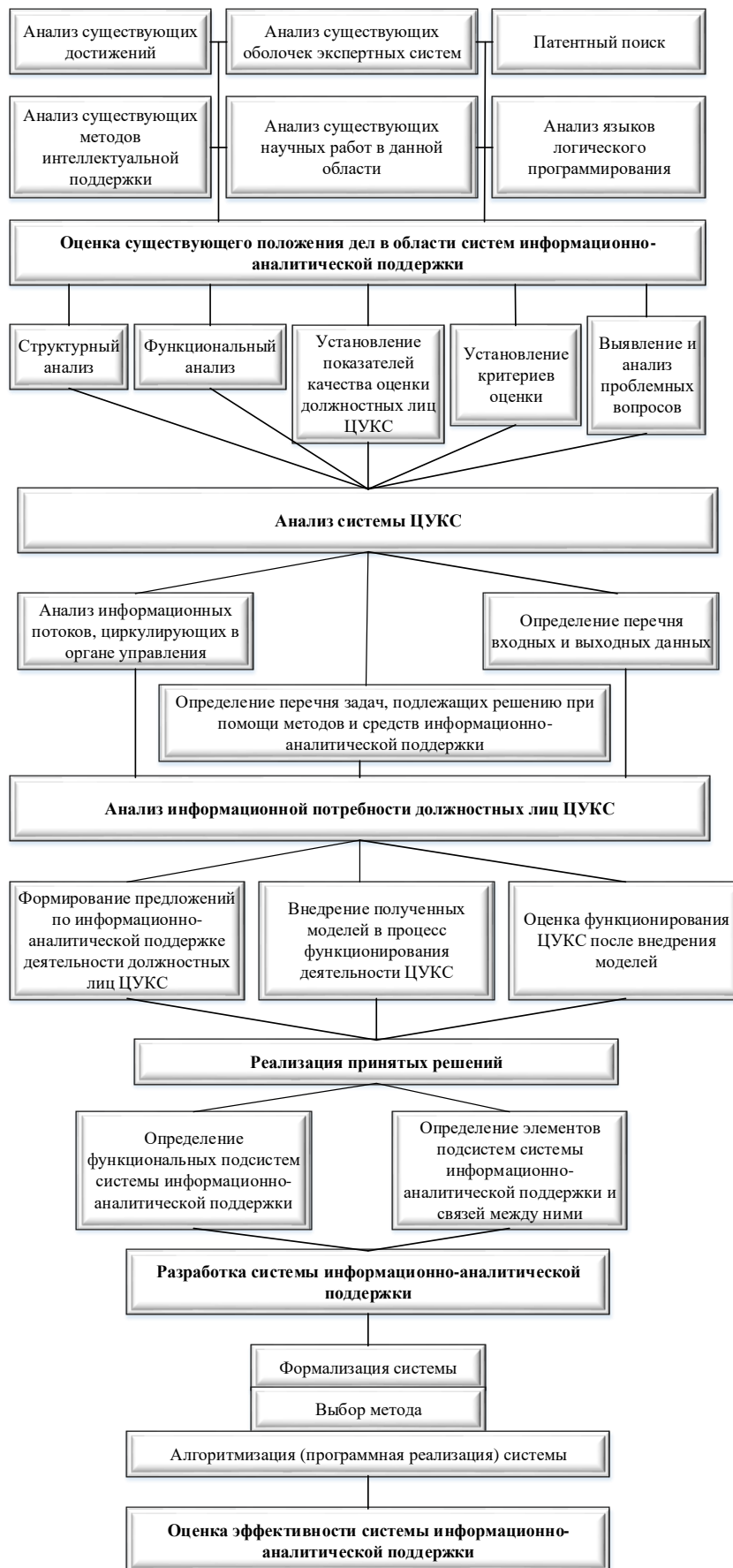


Рисунок 21 – Дерево целей процесса разработки системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

Выводы по первой главе

1. Проведен анализ предметной области, сформированы цели диссертационного исследования, проанализированы имеющиеся работы по теме исследования.

2. Сформулированы функции анализируемой системы, проведена декомпозиция функций, выявлены ограничения, накладываемые на исследуемую систему, проанализированы тенденции к нарушению структуры исследуемой системы.

3. Сформулированы стадии жизненного цикла анализируемой системы, сформированы предпосылки к внедрению методов и средств информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России в практическую деятельность сотрудников.

4. Разработана формализованная модель системы повседневного управления МЧС России с применением средств информационно-аналитической поддержки должностных лиц, содержащая основные элементы проводимого исследования.

5. Разработана модель выявления и анализа проблемных вопросов, результатом применения которой явились соответствующие проблемы в исследуемой системе, характеризующиеся расхождением между требуемыми и существующими значениями показателей качества «оперативность» (расхождение на 7,98%), «производительность» (расхождение на 25%). Анализ осуществлялся на примере должностного лица АРМ-5 (специалист по анализу и подготовке оперативных данных, по паспортам территорий) ОДС ЦУКС.

6. Проанализирована существующая система повседневного управления. На основе проведенного анализа разработана модель совершенствования системы ЦУКС, предполагающая в качестве решения проблемных вопросов разработку системы информационно-аналитической поддержки.

7. Сформулирована общая постановка задачи совершенствования системы ЦУКС с позиции теории активных систем.

8. Разработано дерево целей процесса разработки системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Для установления целесообразности применения систем информационно-аналитической поддержки в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, необходимо разработать подход к анализу задач, решаемых должностными лицами ЦУКС МЧС России. Актуальным вопросом остается выделение задач, в которых возможно осуществление информационно-аналитической поддержки, из общего перечня задач. Такие задачи имеют место там, где, при решении задачи, должностное лицо использует некоторые знания. В диссертационном исследовании предполагается использование модели, которая предполагает выделение четырех уровней информационной иерархии (данные, информация, знания, мудрость), где каждый уровень добавляет определенные свойства к предыдущему.

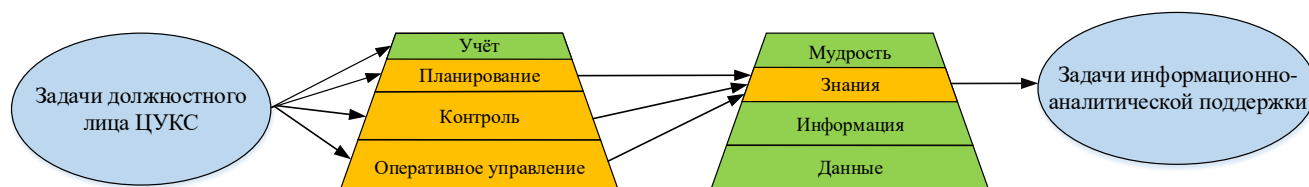


Рисунок 22 – Выделение задач информационно-аналитической поддержки

Подход (рис. 22) предполагает выделение задач, решаемых должностными лицами, проведение декомпозиции задач, установление уровня функционирования, а также выделение уровня информационной иерархии, применяемой при решении задач. В случае если в выделенной подзадаче выделяется уровень «знания», необходимо подтверждение данного вывода путем выявления соответствующего свойства (внутренняя интерпретируемость, структурированность, связность, семантическая метрика, активность).

Проведенный анализ задач позволяет сделать вывод о том, что в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России есть возможность для применения методов и средств информационно-аналитической поддержки при решении поставленных задач. Принципиальной задачей является разработка моделей, позволяющих отразить концепцию развития системы повседневного управления РСЧС и научно обосновать выбор задач, подлежащих автоматизированному решению и решению при помощи систем информационно-аналитической поддержки. Для достижения поставленных целей разработано две модели:

1) модель анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС МЧС России;

2) модель выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России.

2.1 Модель анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС

Одной из проблем существующей в системе ЦУКС является рутинность деятельности должностных лиц, что негативно влияет на своевременность выполнения функциональных обязанностей. Рутинность проявляется в том, что одна и та же информация может повторяться в разных документах, в результате чего нерационально расходуется служебное время. Проблему предлагается решать при помощи анализа информационной потребности, путем построения матричных моделей [105].

Под анализом информационной потребности понимается анализ задач, циркулирующих в управляющем органе, для выявления задач, подлежащих автоматизированному решению. Модель включает три основные составляющие:

- определение перечня задач по функциям управления, подлежащих автоматизированному решению;
- определение перечня потоков (входных, промежуточных и выходных документов, используемых при решении должностными лицами задач управления);
- определение перечня задач, которые могут быть решены автоматически, т.е. без участия должностного лица ЦУКС.

Поскольку количество должностных лиц ЦУКС МЧС России достигает от 20 до 120 человек, содержание модели рассматривается применительно к одному сотруднику ЦУКС МЧС России – специалисту по анализу и подготовке оперативных данных, по паспортам территорий (АРМ-5). В случае положительных результатов по применению модели (рис. 23), предлагается применённые должностным лицам ОДС ЦУКС [105].

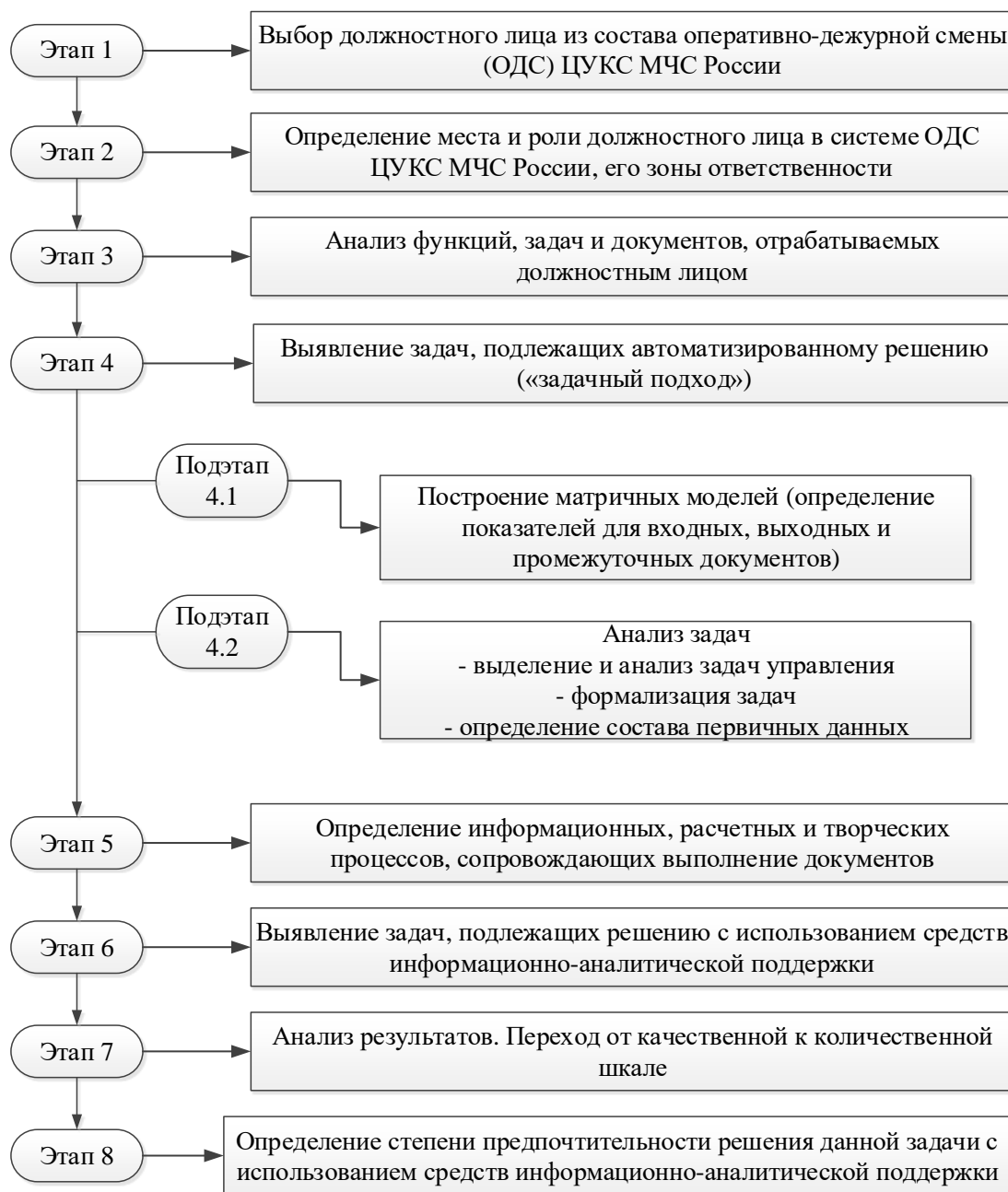


Рисунок 23 – Содержание модели анализа информационной потребности

Первая составляющая модели. Определение перечня задач по функциям управления, подлежащих автоматизированному решению.

Ставится задача провести анализ информационной потребности должностного лица – специалиста по анализу и подготовке оперативных данных, по паспортам территорий (должностное лицо АРМ-5) [105].

Должностное лицо АРМ-5 является сотрудником оперативно-дежурной смены (ОДС) ЦУКС МЧС России (рис. 24), который отвечает за сбор, анализ и подготовку оперативных данных, передачу данных вышестоящему руководству, а также за сбор, анализ и проверку паспортов территорий [105].



Рисунок 24 – Место должностного лица АРМ-5 в системе ЦУКС

Исходными данными для определения информационной потребности должностного лица АРМ-5 являются выполняемые функции в соответствии с должностными инструкциями (функциональными обязанностями). На основе этих данных, согласно модели, определяются перечень задач (уровень задач) и перечень потоков (уровень документов) (рис. 25) [105].

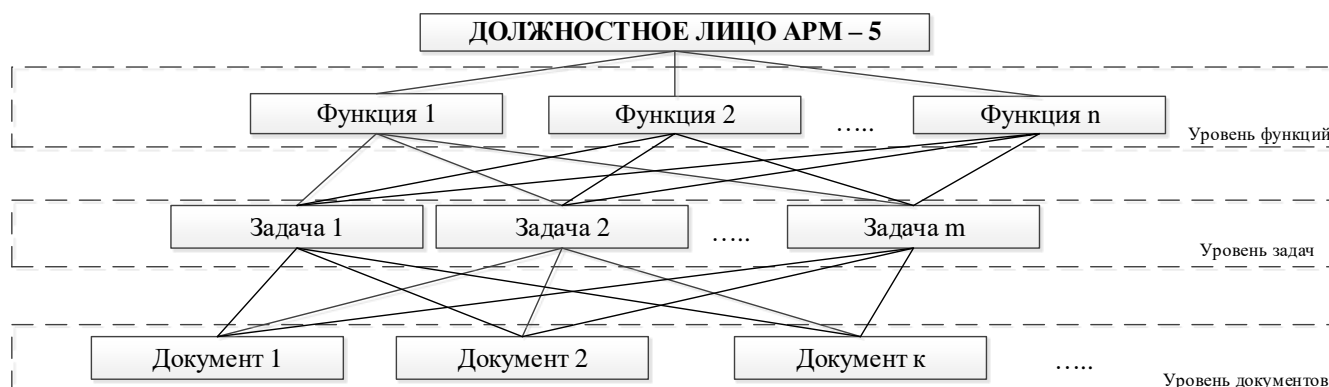


Рисунок 25 – Уровни определения информационной потребности

Деятельность должностного лица АРМ-5 по функциям управления раскрыта в [105].

Перечень задач, подлежащих автоматизированному решению в интересах должностного лица АРМ-5, является открытым и может быть расширен по мере уточнения функциональных обязанностей должностного лица [102].

Вторая составляющая модели. Определение перечня потоков.

Основным видом отчетности должностного лица (АРМ-5) являются обрабатываемые документы, т.е. управляющее воздействие орган управления направляет на обработку документов [102].

Анализ документов, которые обрабатывает должностное лицо АРМ-5 при решении задач в режиме ЧС и в режиме повседневной деятельности, с помощью матричной модели (табл. 12) представлен в [105].

Метод построения матричных моделей сводится к последовательному сбору документов, циркулирующих в системе, пополнению недокументированными сведениями, представлению содержания документов в матричном виде и анализу полученных сведений [105].

Матричная модель (табл. 12) представляет таблицу, определяющую информационную потребность должностного лица АРМ-5 и позволяющая выявить пересекающиеся задачи и документы по используемой информации. Строкам модели ставятся в соответствие документы (D_i), а столбцам – показатели документов (P_j), соответственно: входные, промежуточные и выходные [105].

Таблица 12 – Матричная модель анализа документов должностного лица АРМ-5

Документы D_i	Показатели P_j														
	входные					промежуточные						выходные			
	P_1^B	P_2^B	P_3^B			$P_1^П$	$P_2^П$			$P_3^П$	$P_4^П$	$P_1^{Вых}$	$P_2^{Вых}$	$P_3^{Вых}$	$P_4^{Вых}$
		P_{31}^B	P_{32}^B	P_{33}^B		$P_{21}^П$	$P_{22}^П$	$P_{23}^П$							
Сведения по анализу паспортов территорий энергоснабжения	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Сведения по проверке паспортов территорий	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Рапорт по проверке паспортов	+	+				+						+	+	+	+
Ведомость выявленных недостатков при проверке паспортов территорий	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+			

P_1^B – количество проверенных паспортов территории, P_2^B – наименование паспортов территории, P_3^B – кто разработал паспорт территории, P_{31}^B – фамилия, P_{32}^B – имя, P_{33}^B – отчество, $P_1^П$ – наименование районов, городских округов, городских поселений, сельских поселений, населенных пунктов, потенциально опасных объектов и объектов с массовым пребыванием людей, $P_2^П$ – кем проверен паспорт территории, $P_{21}^П$ – фамилия, $P_{22}^П$ – имя, $P_{23}^П$ – отчество, $P_3^П$ – когда проверен паспорт территории, $P_4^П$ – вид проверки, $P_1^{Вых}$ – недостатки, $P_2^{Вых}$ – сроки устранения

недостатков, $\Pi_3^{\text{Вых}}$ – общая оценка за паспорт территории (количественная), $\Pi_4^{\text{Вых}}$ – качественная оценка паспорта территории

Процесс функционирования должностного лица АРМ-5 может быть представлен в виде еще одной матричной модели, позволяющей провести анализ выделенных задач (рис. 26).

a_i ↓
 z_i ↘
 b_k → z_r

0	0	0	1	a_1										
1	0	1	0	a_2										
0	1	0	1	a_3										
z_1	z_2	z_3	z_4		$z_1(z_2)$	$z_1(z_3)$	$z_1(z_4)$	$z_2(z_3)$	$z_2(z_4)$	$z_3(z_4)$				
1	1	0	0	b_1	1	0	0	0	0	0				
1	1	1	1	b_2	1	1	1	1	1	1				
1	1	1	1	b_3	1	1	1	1	1	1				
0	1	1	1	b_4	0	0	0	1	1	1				

Рисунок 26 – Взаимосвязи задач по документам

В верхнем квадранте матрицы на рис. 36 отражаются сведения об использовании исходных данных для решения конкретных задач (a_i); в нижнем левом квадранте – сведения о результатах решения каждой задачи (b_j); в нижнем правом квадранте – сведения о взаимосвязях задач (z_s). Информационная потребность (количество входных или выходных документов, используемых в задачах z_i) может быть определена с использованием соотношения (12):

$$N = |a_i \cup b_j|. \quad (12)$$

Пусть должностное лицо решает следующие четыре задачи:

z_1 – управление процедурой сбора данных по проверке паспортов территорий;

z_2 – контроль уровня наполненности паспортов территории;

z_3 – контроль устранения выявленных недостатков по паспортам территории;

z_4 – управление проведением проверок и оценок состояния паспортов территорий в ходе учений и тренировок;

a_i – исходные данные к задачам z_1, \dots, z_4 .

Выходными документами по результатам решения этих задач являются:

b_1 – сведения по анализу паспортов территорий энергоснабжения;

b_2 – сведения по проверке паспортов территорий;

b_3 – рапорт по проверке паспортов;

b_4 – ведомость выявленных недостатков при проверке паспортов территорий.

При использовании входных данных a_i в задаче z_s и наличии в качестве выходных данных при решении задачи z_s документа b_j в матричную модель (рис. 36) заносится «1», в противном случае – «0».

Например, для решения задачи управления процедурой сбора данных по проверке паспортов территорий используются документы b_1, b_2, b_3 .

Соответственно в первый столбец левого квадранта заносится три единицы. В правый квадрант матричной модели заносятся сведения о взаимодействии задач (т.е. какие идентичные входные данные и выходные документы используются в разных задачах) [105].

Например, задачи z_1 и z_2 взаимодействуют друг с другом (имеют идентичные выходные документы) через документы b_1, b_2, b_3 (рис. 27).

	$z_1(z_2)$
b_1	1
b_2	1
b_3	1
b_4	0

Рисунок 27 – Взаимодействие задач z_1 и z_2

Из анализа информационной потребности видно, что входные и выходные документы повторяются в ряде задач, поэтому целесообразно часть задач решать автоматизировано [102].

Таким образом, в результате применения предложенной модели анализа информационной потребности должностного лица АРМ-5 ЦУКС МЧС России определяются перечень задач, подлежащих автоматизированному решению (это преимущественно задачи оперативного управления и задачи планирования) и соответствующие этим задачам входные и выходные документы (потoki) [105].

Третья составляющая модели. Определение перечня задач, которые могут быть решены автоматически, т.е. без участия должностного лица ЦУКС.

Содержанием модели является также определение круга задач, которые должностное лицо сможет выполнять с использованием средств информационно-аналитической поддержки.

Отработка любого документа включает три вида процессов:

- информационные процессы (формальные преобразования);
- расчетные процессы (содержательные преобразования);
- творческие процессы.

Информационно-аналитическая поддержка при решении задач предполагает реализацию преимущественно информационных процессов и в небольшой степени – расчетных процессов.

Анализ задач, решаемых должностным лицом АРМ-5, показывает, что информационные процессы занимают до 80% времени, расчетные – до 15%, а творческие – не более 5%.

Если возложить исполнение информационных процессов и частично расчетных процессов, выполняемых должностными лицами АРМ-5 на средства информационно-аналитической поддержки, то высвобождается время для решения творческих задач [105].

Оценку возможности решения задач с использованием средств информационно-аналитической поддержки в модели предлагается проводить с помощью экспертного метода парных (бинарных) сравнений. Данные методы предполагают привлечение экспертов. Однако, на практике возможна ситуация, при которой экспертная группа не может быть сформирована, либо нагрузка должностных лиц ЦУКС не позволит учувствовать в экспертной оценке. Для этого все составляющие предлагаемой модели автоматизированы в виде системы анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС МЧС России [Приложение Д]. Если экспертная группа может быть сформирована, то предложения по составу этой группы будут рассмотрены в модели выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России [105].

Для каждой задачи, решаемой должностным лицом АРМ-5, определяется общая и частные цели решения. В модели проводится оценка общих и частных целей C_1, C_2, \dots, C_n решения задачи (табл. 13).

Согласно методу парных (бинарных) сравнений осуществляются парные сравнения целей в возможных сочетаниях [28]. В каждой паре выделяется наиболее предпочтительная цель. Предпочтение выражается с помощью оценки по шкале. Обработка матрицы оценок позволяет найти вес целей, характеризующий относительную важность. Возможная модификация метода состоит в следующем [105]:

– составляется матрица бинарных предпочтений, в которой предпочтение целей выражается с помощью булевых переменных;

– определяется цена каждой цели путем суммирования булевых переменных по соответствующей строке матрицы.

Таблица 13 – Анализ целей решения задач

Задача	Общая цель решения	Частные цели
z_1 – управление процедурой сбора данных по проверке паспортов территорий	C_1 – сбор данных по проверке паспортов территории	$ЧЦ_{11}$ – анализ паспортов территории $ЧЦ_{12}$ – выявление недостатков выявленных в ходе проверки паспортов $ЧЦ_{13}$ – исправление паспортов территории
z_2 – контроль уровня наполненности паспортов территории	C_2 – оценка полноты наполненности паспорта территории	$ЧЦ_{21}$ – сравнение требуемого положения дел с фактическим $ЧЦ_{22}$ – отправление паспорта на доработку $ЧЦ_{23}$ – выявление худших и лучших
z_3 – контроль устранения выявленных недостатков по паспортам территории	C_3 – оценка фактического устранения выявленных недостатков по паспортам территории	$ЧЦ_{31}$ – оценка структуры и наполненности паспортов территории $ЧЦ_{32}$ – выявление худших и лучших $ЧЦ_{33}$ – доклад вышестоящему руководству
z_4 – управление проведением проверок и оценок состояния паспортов территорий в ходе учений и тренировок	C_4 – оценка состояния паспортов территории в ходе тренировок	$ЧЦ_{41}$ – выставление оценок за паспорт территории $ЧЦ_{42}$ – выявление недостатков $ЧЦ_{43}$ – контроль устранения выявленных недостатков

В соответствии с методом парных сравнения для задачи установления перечня документов, подлежащих выполнению с использованием методов и средств информационно-аналитической поддержки, эксперт проводит оценку частных целей.

По матрице бинарных отношений (табл. 14), определяется цена каждой цели. Оценки (числа) характеризуют предпочтительность решения задачи средствами информационно-аналитической поддержки. Для последующей формализации полученные цены нормируются [105].

Таблица 14 – Матрица бинарных предпочтений

$ЦЦ_i/ЦЦ_j$	$ЧЦ_{11}$	$ЧЦ_{12}$	$ЧЦ_{13}$	$ЧЦ_{21}$	$ЧЦ_{22}$	$ЧЦ_{23}$	$ЧЦ_{31}$	$ЧЦ_{32}$	$ЧЦ_{33}$	$ЧЦ_{41}$	$ЧЦ_{42}$	$ЧЦ_{43}$
$ЧЦ_{11}$	X	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
$ЧЦ_{12}$	1	X	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
$ЧЦ_{13}$	1	0	X	0	0	1	0	1	1	1	1	1
$ЧЦ_{21}$	0	0	0	X	1	0	1	0	1	1	1	0
$ЧЦ_{22}$	1	0	1	0	X	1	1	1	0	1	0	1
$ЧЦ_{23}$	0	0	0	1	0	X	1	0	1	0	1	1
$ЧЦ_{31}$	1	1	1	0	0	0	X	0	0	1	1	0
$ЧЦ_{32}$	0	1	1	1	0	0	1	X	1	0	0	1
$ЧЦ_{33}$	0	1	1	0	0	1	0	1	X	1	1	1
$ЧЦ_{41}$	0	0	1	0	1	1	1	0	0	X	1	0
$ЧЦ_{42}$	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	X	0
$ЧЦ_{43}$	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	X

Полученная эвристическая информация, согласно предлагаемой методике, переводится из количественной в качественную оценку (и наоборот), например, с использованием шкалы Е. Харрингтона (табл. 15).

Таблица 15 – Шкала Харрингтона для формализации эвристической информации

Лингвистические оценки	Балльные оценки	Шкала Е. Харрингтона
Отлично	5	0,8 — 1
Хорошо	4	0,63 — 0,8
Удовлетворительно	3	0,37 — 0,63
Плохо	2	0,2 — 0,37
Очень плохо	1	0 — 0,2

Предложенная модель позволяет обеспечить определение информационной потребности должностных лиц подразделений МЧС при автоматизации процесса решения задач с использованием информационно-аналитической поддержки.

2.2 Модель выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки

Целью модели является формулирование предложений по составляющим процедуры автоматизированного определения перечня задач информационно-аналитической поддержки, присущих оперативно-служебной деятельности должностных лиц подразделений ЦУКС МЧС России. Такая модель позволит повысить эффективность функционирования должностных лиц, снизить риск принятия необоснованных решений в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Предлагается, что модель будет содержать следующие составляющие (табл. 16) [84].

Таблица 16 – Содержание модели выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

№ п/п	Наименование составляющих методики	Выходные данные
1	Анализ деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России в существующих условиях	Перечень функций должностных лиц, решаемых ими задач и соответствующих этим задачам документов
2	Анализ информационной потребности должностных лиц	Перечень задач должностных лиц, подлежащих автоматизированному решению и соответствующих им потоков
3	Выявление перечня задач, решаемых автоматически	Перечень задач, подлежащих решению без участия человека
4	Выявление перечня задач информационно-аналитической поддержки	Перечень задач, подлежащих решению с использованием средств информационно-аналитической поддержки

Первая составляющая модели. Анализ деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России в существующих условиях.

Анализ проводится с целью оценки существующего положения дел в деятельности должностных лиц ЦУКС, выявления функций должностных лиц и решаемых ими задач для последующей формализации.

Исходными данными первой составляющей модели являются нормативные документы подразделений ЦУКС, должностные инструкции сотрудников ЦУКС, наставление по службе ЦУКС и др.

Результирующими сведениями представляются данные о функциях должностных лиц, решаемых задач и соответствующих этим задачам документов, служащих исходными данными для последующего выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки [84].

Предполагается, что анализ деятельности должностных лиц ЦУКС сможет проводить должностное лицо из состава структурных подразделений ЦУКС, именуемое специалистом-аналитиком. В случае большой загруженности штатных должностных лиц, анализ предлагается возложить на группу экспертов, имеющих опыт специальной и практической подготовки в области управления ликвидацией ЧС. Специалист-аналитик назначается начальником ЦУКС и может являться сотрудником информационно-аналитического отдела или отдела по мониторингу и прогнозированию ЧС. Обязательным условием для данного специалиста является наличие высшего образования в области системного анализа и управления. Основной задачей специалиста-аналитика является организация работ по автоматизации деятельности должностных лиц ЦУКС. В тоже время составляющие данной модели полностью автоматизированы и реализованы в виде системы анализа информационной потребности, выделенной ранее [84].

Вторая составляющая модели. Анализ информационной потребности должностных лиц.

Специалист-аналитик определяет инфологическую модель, разрабатываемой системы, включающую:

– перечень пользователей, для которых разрабатывается система информационно-аналитической поддержки (перечень должностных лиц ЦУКС);

– перечень запросов каждого пользователя к ресурсам информационной поддержки;

– перечень документов, соответствующих запросам должностного лица ЦУКС МЧС России;

– формы документов по каждому запросу пользователя;

– перечень атрибутов каждого документа.

Помимо этого специалист-аналитик выявляет:

– перечень задач, решаемых конкретным должностным лицом;

– перечень информационных потоков (документов, соответствующих задачам);

– сведения по взаимосвязи задач с документами.

Третья составляющая модели. Выявление перечня задач, решаемых автоматически.

Составляющая позволяет специалисту-аналитику выявить перечень задач, решаемых автоматически, то есть без участия человека.

Исходными данными для выявления перечня задач в соответствии с моделью, являются:

– перечень задач, решаемых должностными лицами ЦУКС в существующих условиях;

– информационные потоки;

– общие и частные цели решения задач.

Выходные данные: перечень задач, подлежащих решению без участия человека.

Составляющую предлагается реализовать с привлечением экспертов, которые назначаются из числа руководящего состава МЧС: главных управлений (ГУ), региональных центров (РЦ), ЦУКС ГУ, ЦУКС РЦ, основной задачей которых будет экспертная оценка возможности решения той или иной задачи средствами автоматизации. Специалист-аналитик для реализации данной составляющей проводит следующие работы [84]:

1) определяет состав экспертной группы;

2) оценивает компетентность экспертов. Критерий компетентности P_i складывается из следующих четырех показателей (факторов):

– занимаемая должность (F_1);

– специальное звание (F_2);

– стаж работы в МЧС России (F_3);

– наличие ученой степени, ученого звания (F_4),

Для ранжирования предложенных факторов предлагается использовать схему предпочтений, представленную в табл. 17.

Таблица 17 – Значения весовых коэффициентов для 4-х показателей

Варианты предпочтений	P_1	P_2	P_3	P_4
$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \succ F_4$	4/10	3/10	2/10	1/10
$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \approx F_4$	3/7	2/7	1/7	1/7
$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \succ F_4$	3/8	2/8	2/8	1/8
$F_1 \approx F_2 \succ F_3 \succ F_4$	3/9	3/9	2/9	1/9
$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \approx F_4$	2/5	1/5	1/5	1/5
$F_1 \approx F_2 \succ F_3 \approx F_4$	2/6	2/6	1/6	1/6
$F_1 \approx F_2 \approx F_3 \succ F_4$	2/7	2/7	2/7	1/7
$F_1 \approx F_2 \approx F_3 \approx F_4$	1/4	1/4	1/4	1/4

3) осуществляет сбор данных по результатам экспертизы взвешивания экспертных оценок, которые заносятся в матрицу взвешивания экспертных (табл. 22);

4) вычисляет относительные оценки компетентности экспертов;

$$P_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^L R_i}, \quad (13)$$

где R_i – уровень компетентности, L – количество экспертов, i – порядковый номер эксперта.

5) рассчитывает вес целей решения конкретной задачи, получая уровень предпочтения решения той или иной задачи автоматизированным путем:

$$\omega_i = C_{ij} * \sum_{i=1}^L P_i, \quad (14)$$

где ω_i – вес цели, C_{ij} – оценка, выставленная экспертом i по задаче j , L – количество экспертов, P_i – относительная компетентность i -ого эксперта.

Каждый эксперт выставляет по одной оценке для каждой задачи.

На основе полученных оценок определяется перечень задач, решаемых автоматически.

Четвертая составляющая модели. Выявление перечня задач информационно-аналитической поддержки.

Цель выполнения составляющей – получение перечня задач информационно-аналитической поддержки путем выделения их из перечня задач, решаемых автоматически [84].

Выполнение четвертой составляющей модели возможно при наличии у специалиста-аналитика данных по первым трем составляющим, а именно:

- результаты анализа деятельности должностных лиц ЦУКС (задачи должностных лиц ЦУКС) в существующих условиях;
- результаты анализа информационной потребности (перечень задач и информационных потоков);
- перечень задач, решаемых автоматически.

Результирующими данными четвертой составляющей модели являются задачи, подлежащие решению с использованием средств информационно-аналитической поддержки. Поскольку лишь часть задач может быть решена в полном объеме при помощи средств информационно-аналитической поддержки, предлагается проводить анализ частных целей решения. Таким образом, в дальнейшем предлагается осуществлять информационно-аналитическую поддержку лишь какой-то части задачи в случае, если целиком задача не подлежит решению с использованием средств информационно-аналитической поддержки [84].

Для реализации данной составляющей специалист-аналитик выполняет следующие работы:

- 1) анализ частных целей решения задач, подлежащих автоматизированному решению;
- 2) оценка предпочтительности решения той или иной задачи средствами информационно-аналитической поддержки;
- 3) построение матрицы бинарных предпочтений решения той или иной задачи средствами информационно-аналитической поддержки для определения цены каждой цели;
- 4) определение цены каждой частной цели;

$$C_{ij} = \sum_{i=1, j=1}^N C_{ij}. \quad (15)$$

- 5) нормировка полученных значений для последующей количественной оценки веса целей;

$$N = \sum_{n=1}^L C_n. \quad (16)$$

- 6) расчет веса целей для оценки (позволяет провести количественную оценку предпочтительности решения той или иной задачи средствами информационно-аналитической поддержки);

$$V_n = \frac{C_n}{N}. \quad (17)$$

Следует различать символы веса целей: ω_i (для задач, подлежащих автоматизированному решению) и v_n (для задач, подлежащих решению средствами информационно-аналитической поддержки).

7) относительная оценка полученных данных веса каждой цели (рассчитывается в процентах, как доля от суммарного значения веса);

8) качественная оценка полученных результатов по шкале Е. Харингтона;

9) анализ полученного перечня частных задач и уровня предпочтительности решения задач средствами информационно-аналитической поддержки. В модели предполагается, что информационно-аналитической поддержке подлежат лишь задачи, соответствующие частным, а не общим целям, с количественной оценкой не менее 0,63, качественной оценкой не менее «хорошо» [84].

В соответствии с предлагаемой моделью разработана обобщенная схема процесса поиска задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России (рис. 28) [84].

При оценивании компетентности экспертов были получены следующие результаты (табл. 18):

Таблица 18 – Показатели компетентности экспертов

№ п/п	Должность	Звание	Общий стаж работы	Ученая степень, ученое звание
Э ₁	Заместитель начальника главного управления по антикризисному управлению	полковник вн.сл.	20	кандидат наук
Э ₂	Начальник ЦУКС	подполковник вн. сл.	15	-
Э ₃	Старший оперативный дежурный ОДС ЦУКС	майор вн.сл	10	-
Э ₄	Начальник отдела ЦУКС	майор вн.сл	8	-
	Вариант предпочтения	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \approx F_4$	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \succ F_4$	$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \approx F_4$

Для выявления задач, решаемых автоматизировано, предлагается использовать коллективные оценки с применением метода взвешивания экспертных оценок [84].

На основе метода взвешивания экспертных оценок 4 эксперта Э₁, Э₂, Э₃, Э₄ проводят оценку общих целей решения задач: Ц₁, Ц₂, Ц₃, Ц₄ (табл. 22).

Уровень компетентности экспертов определяется на основе значений весовых коэффициентов (табл. 18). Вычисляется значение каждого показателя, после чего полученные значения суммируются (табл. 19).

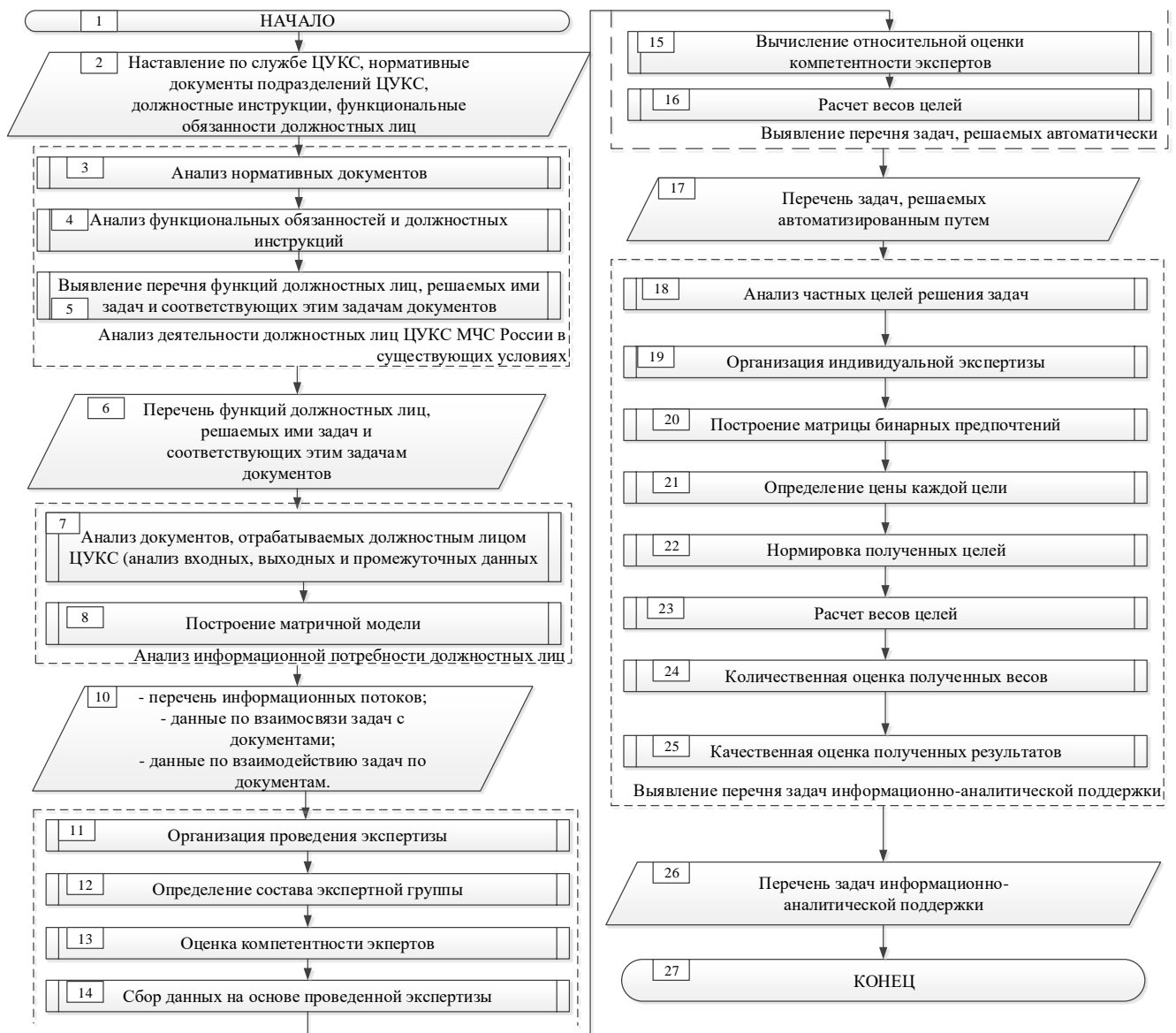


Рисунок 28 – Обобщенная схема процесса поиска задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

Таблица 19 – Значения весовых коэффициентов для существующих показателей

Должность	Значение показателя 1	Значение показателя 2	Значение показателя 3	Значение уровня компетентности
Заместитель начальника ГУ по антикризисному управлению	3/7	4/10	2/5	$R_1 = 1,22$
Начальник ЦУКС	2/7	3/10	1/5	$R_2 = 0,78$
Старший оперативный дежурный ОДС ЦУКС	1/7	2/10	1/5	$R_3 = 0,54$
Начальник отдела ЦУКС	1/7	1/10	1/5	$R_4 = 0,44$
Вариант предпочтения	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \approx F_4$	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \succ F_4$	$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \approx F_4$	$\sum_{i=1}^4 R_i = 2,98$

Для выявления задач, подлежащих автоматизированному решению, четыре эксперта проводят оценку четырех задач (табл. 20).

Таблица 20 – Матрица взвешивания экспертных оценок

\mathcal{E}_j/Z_i	\mathcal{C}_1	\mathcal{C}_2	\mathcal{C}_3	\mathcal{C}_4
$\mathcal{E}_1(\mathbf{R}_1)$	0,5	0	0,23	0,27
$\mathcal{E}_2(\mathbf{R}_2)$	0,54	0,04	0,25	0,17
$\mathcal{E}_3(\mathbf{R}_3)$	0,3	0,4	0,2	0,1
$\mathcal{E}_4(\mathbf{R}_4)$	0,05	0,25	0,66	0,04

Вычислим относительные оценки компетентности экспертов:

$$Z_1 = 1,22/2,98 = 0,41;$$

$$Z_2 = 0,78/2,98 = 0,26;$$

$$Z_3 = 0,54/2,98 = 0,18;$$

$$Z_4 = 0,44/2,98 = 0,14.$$

Найдем искомые веса целей:

$$\omega_1 = Z_1 * \mathcal{C}_1 + Z_2 * \mathcal{C}_1 + Z_3 * \mathcal{C}_1 + Z_4 * \mathcal{C}_1 =$$

$$0,5*0,41 + 0,26*0,54 + 0,18*0,3 + 0,14*0,05 = 0,205 + 0,14 + 0,054 + 0,007 = 0,406;$$

$$\omega_2 = Z_1 * \mathcal{C}_2 + Z_2 * \mathcal{C}_2 + Z_3 * \mathcal{C}_2 + Z_4 * \mathcal{C}_2 =$$

$$0*0,41 + 0,26*0,04 + 0,18*0,4 + 0,14*0,25 = 0 + 0,0104 + 0,072 + 0,035 = 0,1174;$$

$$\omega_3 = Z_1 * \mathcal{C}_3 + Z_2 * \mathcal{C}_3 + Z_3 * \mathcal{C}_3 + Z_4 * \mathcal{C}_3 =$$

$$0,23*0,41 + 0,26*0,25 + 0,18*0,2 + 0,14*0,66 = 0,0943 + 0,065 + 0,036 + 0,0924 = 0,2877;$$

$$\omega_4 = Z_1 * \mathcal{C}_4 + Z_2 * \mathcal{C}_4 + Z_3 * \mathcal{C}_4 +$$

$$Z_4 * \mathcal{C}_4 = 0,27*0,41 + 0,17*0,26 + 0,1*0,18 + 0,04*0,14 = 0,1107 + 0,04 + 0,01 + 0,005 = 0,178,$$

где сумма ω_i должна быть равна 1.

По результатам вычислений получаем предпочтения целей для решения задач автоматизированным путем: z_1, z_3, z_4, z_2 . В соответствии с заявленной концепцией значений веса для достижения цели не должны быть менее 0,2. В результате поиска задач, подлежащих автоматизированному решению, были получены следующие результаты:

– автоматизированному решению подлежат задачи z_1 – управление процедурой сбора данных по проверке паспортов территорий и z_3 – контроль устранения выявленных недостатков по паспортам территории.

Теперь определим круг задач, которые должностное лицо может выполнять с использованием средств информационно-аналитической поддержки (четвертая составляющая модели). Необходимо провести анализ по частным целям двух задач (z_1 и z_3 , табл. 13).

В соответствии с методом парных сравнений для задачи установления перечня документов, подлежащих выполнению с использованием методов и средств информационно-аналитической поддержки, эксперт проводит оценку частных целей.

Таблица 21 – Матрица бинарных предпочтений

№ эксперта (l)	$ЧЦ_i/ЧЦ_j$	$ЧЦ_{11}$	$ЧЦ_{12}$	$ЧЦ_{13}$	$ЧЦ_{31}$	$ЧЦ_{32}$	$ЧЦ_{33}$	Цена цели (C_{ij})
1	$ЧЦ_{11}$	X	1	1	1	0	1	4
2	$ЧЦ_{12}$	1	X	0	1	1	0	3
3	$ЧЦ_{13}$	1	0	X	0	1	1	3
4	$ЧЦ_{31}$	1	1	1	X	1	1	5
5	$ЧЦ_{32}$	0	1	1	1	X	1	4
6	$ЧЦ_{33}$	0	1	1	0	1	X	3
								$N = \sum_{i=1, j=1}^4 C_{ij} = 22$

В таблице ставится «1» в случае выставления экспертом l положительной оценки по решению данной частной задачи средствами информационно-аналитической поддержки, в противном случае ставится «0».

По матрице бинарных предпочтений, по формуле (15) определяется цена каждой цели. Эти оценки (числа) характеризуют предпочтительность решения задачи средствами информационно-аналитической поддержки [84].

$$C_{11}=4, C_{12}=3, C_{13}=3, C_{31}=5, C_{32}=4, C_{33}=3.$$

Полученные цены нормируются для количественной оценки полученных результатов. Вес целей рассчитываются по формулам (16) и (17):

$$N=22; V_1=C_{11}/N=0,1818; V_2=C_{12}/N=0,136; V_3=C_{13}/N=0,136; V_4=C_{31}/N=0,227; V_5=C_{32}/N=0,1818; V_6=C_{33}/N=0,136.$$

Количественная оценка веса целей осуществляется по правилу:

- максимальный вес берется за 1 (100%);
- каждый последующий вес оцениваются относительно максимального веса;
- частным целям присваиваются уровни предпочтения;
- частные цели записываются в соответствии с заданными уровнями;
- осуществляется качественная оценка в соответствии со шкалой Е.Харингтона (табл. 15);
- полученные результаты записываются в табл. 22.

Таблица 22 – Количественная и качественная оценка предпочтительности решения задач средствами информационно-аналитической поддержки

Наименование частных целей	Цена цели	Вес цели	Количественная оценка	Лингвистическая оценка
ЧЦ ₃₁ - оценка структуры и наполненности паспортов территории	C ₃₁ =5	V ₄ = 0,227	1 (100%)	Отлично
ЧЦ ₁₁ - анализ паспортов территории	C ₁₁ =4	V ₁ = 0,18	0,79 (79%)	Хорошо
ЧЦ ₃₂ - выявление худших и лучших в ходе выявления недостатков по паспортам территории	C ₃₂ =4	V ₅ = 0,18	0,79 (79%)	Хорошо
ЧЦ ₁₃ - исправление паспортов территории	C ₁₃ =3	V ₃ = 0,136	0,599 (59%)	Удовлетворительно
ЧЦ ₃₃ - доклад вышестоящему руководству	C ₃₃ =3	V ₆ =0,136	0,599 (59%)	Удовлетворительно
ЧЦ ₁₂ - выявление недостатков, полученных в ходе проверки паспортов	C ₁₂ =3	V ₂ = 0,136	0,599 (59%)	Удовлетворительно

Частные задачи, имеющие количественную оценку ниже 0,63 и качественную оценку ниже «хорошо», решению с использованием информационно-аналитической поддержки не подлежат [84].

После использования модели выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России к должностному лицу АРМ-5 получены следующие результаты:

– информационно-аналитической поддержке подлежат частные задачи ЧЦ₃₁ – оценка структуры и наполненности паспортов территории, ЧЦ₁₁ – анализ паспортов территории, ЧЦ₃₂ – выявление худших и лучших по паспортам территории, соответствующие задачам z_1 – управление процедурой сбора данных по проверке паспортов территорий и z_3 – контроль устранения выявленных недостатков по паспортам территории.

Предложенная модель позволяет обеспечить определение информационной потребности и осуществить поиск задач информационно-аналитической поддержки должностных лиц подразделений МЧС РФ при автоматизации процесса решения задач с использованием и без использования средств информационно-аналитической поддержки [84].

2.3 Моделирование процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

Важной задачей при внедрении методов и средств информационно-аналитической поддержки в практическую деятельность должностных лиц ЦУКС МЧС России является моделирование составляющих. В работе разработаны следующие модели (табл. 23):

Таблица 23 – Разработанные модели информационно-аналитической поддержки

№	Разработанные модели
1.	Концептуальная модель системы информационно-аналитической поддержки
2.	Математическая (аналитическая) модель процесса выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки
3.	Математическая (комбинированная) модель процесса выбора рациональной модели представления знаний
4.	Функциональная модель системы информационно-аналитической поддержки
5.	Концептуальная модель процесса структурирования знаний

Моделирование процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России осуществляется в два этапа (табл. 24).

Таблица 24 – Содержание этапов концептуализации и формализации

№ п/п	Наименование этапов и соответствующих подэтапов
1	<i>Этап концептуализации</i>
1.1	Оценка возможности установления должностных лиц ЦУКС, участвующих в разработке системы, в соответствии с основными положениями инженерии знаний
1.2	Формулирование предложений по автоматизации системы сопровождения процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России
1.3	Раскрытие принципов формализации и структуризации данных при разработке системы информационно-аналитической поддержки
1.4	Анализ существующих моделей представления знаний применительно к практическим задачам (на концептуальном уровне)
1.5	Морфологический анализ моделируемой системы
2	<i>Этап формализации</i>
2.1	Разработка системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.
2.2	Выявление интегрального критерия, отражающего принадлежность задач к задачам информационно-аналитической поддержки.

Этап концептуализации

В первую очередь необходимо оценить: возложить ли на должностные лица ЦУКС МЧС России обязанности, связанные с разработкой системы информационно-аналитической поддержки, или необходимо автоматизировать данные процессы.

Должностные лица, которые могут участвовать в разработке системы, определены (табл. 25) в соответствии с положениями разработки систем информационно-аналитической поддержки и баз данных, а также учитывая организационно-штатную структуру органов управления.

Таблица 25 – Должностные лица, участвующие в разработке системы

№ п/п	Наименование должностного лица, участвующего в разработке системы	Соответствующее должностное лицо ЦУКС (в соответствии с организационно-штатной структурой ЦУКС)	Обязанности по разработке системы
1.	Заказчик системы	Руководитель ЦУКС	Формирование требований к системе
2.	Инженер по знаниям	Специалист информационно-аналитического отдела	Разработка технического задания (ТЗ), проектирование системы
3.	Эксперт	Старший оперативный дежурный	Передача знаний инженеру по знаниям
4.	Программист	Инженер отдела технического обеспечения	Создание системы
5.	Тестировщик	Заместитель начальника ЦУКС	Тестирование системы

Однако, на практике нагрузка должностных лиц ЦУКС МЧС России не всегда позволит им участвовать в процессах моделирования и создания систем информационно-аналитической поддержки. Это связано с организационно-штатными мероприятиями в органах управления МЧС России. Предлагается подход, основанный на автоматизированном решении задач информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России. Для этого предлагается разработка системы сопровождения процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России (рис. 29).

Под сопровождением процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц понимается поэтапное выполнение задач, способствующих достижению конечной цели – разработке системы информационно-аналитической поддержки.

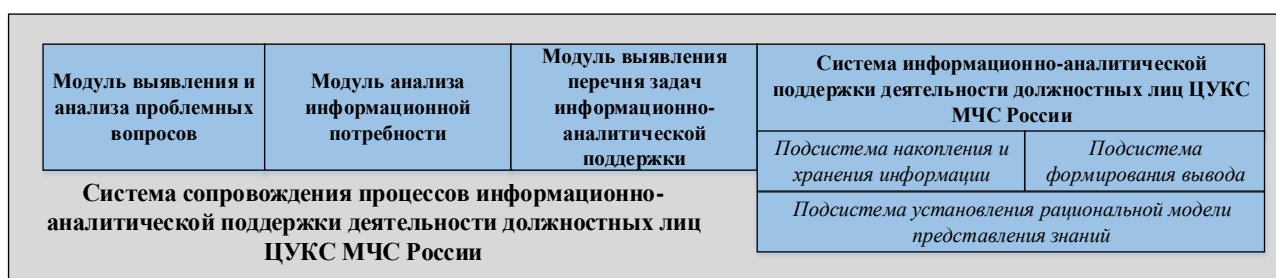


Рисунок 29 – Структура системы сопровождения процессов информационно-аналитической поддержки

Сущность функционирования модуля выявления и анализа проблемных вопросов, анализа информационной потребности и выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки были раскрыты выше. Структура системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России рассмотрена далее на этапе формализации.

Для детализации процесса разработки предложенной системы разработана функциональная модель системы сопровождения процессов информационно-аналитической поддержки (рис. 30).

Функциональная модель представляет собой декомпозицию функций (действий) до конкретных операций. Такое представление реализуется посредством методологии IDEF.

IDEF – методология, используемая при решении задач моделирования сложных систем, позволяет отображать и анализировать модели сложных систем в различных разрезах [117].

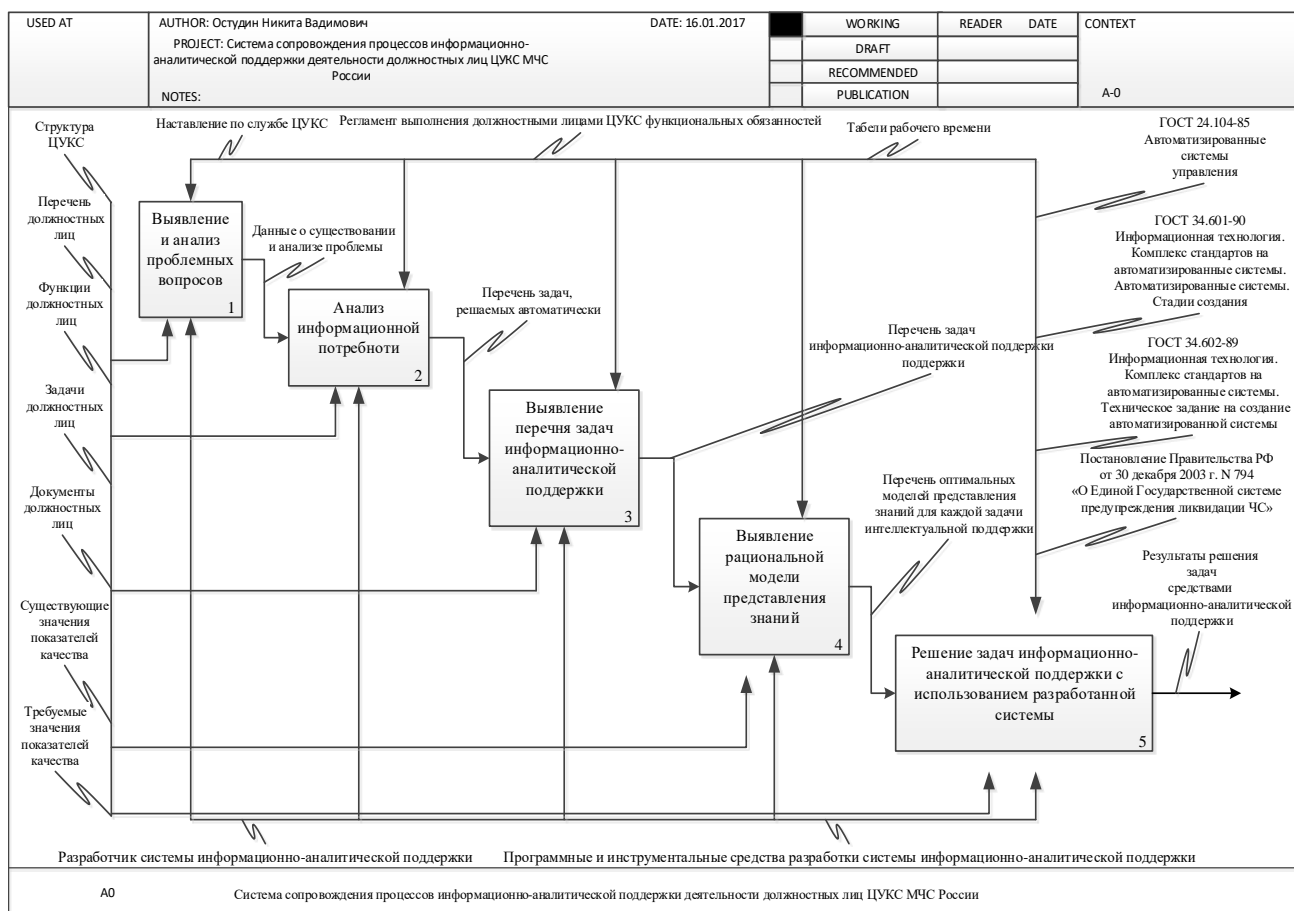


Рисунок 30 – Функциональная модель предлагаемой системы

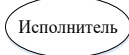



Моделирование базы знаний системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России предлагается осуществлять с позиции инженерии знаний. Инженерия знаний – область наук об искусственном интеллекте, исследующая вопросы приобретения и формализации знаний, проектирования баз знаний, получения и структурирования знаний. Полученные результаты представляют собой концептуальную модель процесса структурирования знаний (табл. 23).

Актуальным вопросом при моделировании базы знаний является вопрос структуризации знаний. Это осуществляется, как правило, путем разработки поля или карты знаний.

Карта знаний иллюстрирует потоки знаний в ЦУКС, позволяет определить их место и поиск в системе. В данной работе предлагается применять процессно-ориентированные карты знаний (рис. 31) [133]. Карты отображают движение знаний в системе, а также позволяют учитывать как явные, так и неявные потоки знаний, циркулирующие в системе. Обязанности, связанные с разработкой карты знаний, возлагаются на разработчика и тестировщика системы (табл. 25) [85].

При разработке процессно-ориентированной карты знаний предлагается использовать следующие обозначения (табл. 26):

Таблица 26 – Элементы карты знаний

№ п/п	Графическая интерпретация	Описание
1.		Должностное лицо, выполняющее процедуру
2.		Действие, выполняемое в рамках процедуры
3.		Условие, по которому возможны два варианта исхода событий
4.		Документ, регламентирующий ту или иную процедуру

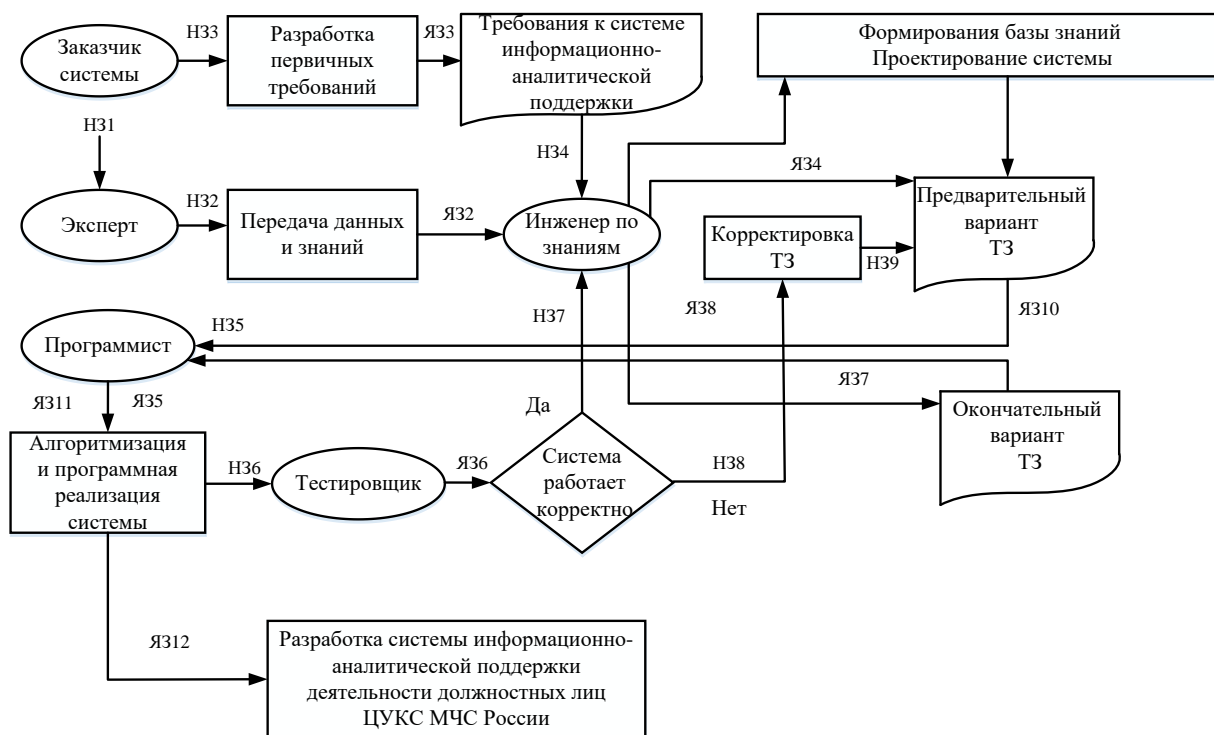


Рисунок 31 – Процессно-ориентированная карта знаний системы

Знания в процессно-ориентированной карте знаний могут реализовываться как в явном (формализованном), так и в неявном (неформализованном) виде (табл. 27). Явные знания (ЯЗ) – знания, которые могут быть трансформированы в систематизированный язык, неявные знания (НЗ) носят индивидуальный характер, они трудно трансформируемы в явную форму для последующей передачи другим должностным лицам [133].

Таблица 27 – Пояснения к процессно-ориентированной карте знаний

№ п/п	Обозначение	Толкование
1.	НЗ1	Знания предметной области, поступающие эксперту в неявном виде. Это могут быть как текстовые, графические, так и математические знания
2.	НЗ2	Знания осмыслены экспертом и готовятся к передаче инженеру по знаниям
3.	ЯЗ2	Знания в формализованном виде поступают инженеру по знаниям
4.	НЗ3	Заказчик системы осмысляет свои требования. Записывает их в свободной форме
5.	ЯЗ3	Откорректированные знания применяются для разработки документа
6.	НЗ4	Требования к системе поступают к инженеру по знаниям
7.	ЯЗ4	Инженер по знаниям обрабатывает информацию и формирует предварительное ТЗ
8.	НЗ5	Предварительный вариант ТЗ поступает программисту
9.	ЯЗ5	Программист использует исходные данные для разработки

		системы
10.	НЗ6	Программист отправляет систему на тестирование
11.	ЯЗ6	Тестировщик делает вывод о корректности работы системы
12.	НЗ7	Тестировщик отправляет свои предложения инженеру по знаниям
13.	ЯЗ7	Формируется окончательный вариант ТЗ и отправляется программисту на алгоритмизацию
14.	НЗ8	Тестировщик формирует предложения по исправлению ошибок в системе и отправляет инженеру по знаниям
15.	ЯЗ8	Инженер по знаниям отправляет ТЗ на корректировку
16.	НЗ9	Разрабатывается новый вариант ТЗ
17.	ЯЗ10	Новый вариант ТЗ отправляется программисту
18.	ЯЗ11	Программист, используя знания из ТЗ, разрабатывает алгоритм
19.	ЯЗ12	При помощи языков программирования осуществляется программная реализация разработанного алгоритма

Практическое применение карты знаний осуществляется на этапе алгоритмизации и машинной реализации.

Для записи знаний в базе используются модели и методы представления знаний. Чаще всего используют 4 модели: фреймовые модели, продукционные модели, семантические сети, логические модели. В разрабатываемой системе предполагается, что модель представления знаний будет выбираться в зависимости от сущности и структуры обрабатываемого документа. В табл. 28 на концептуальном уровне представлены все модели представления знаний по задачам, установленным при помощи модели выявления задач информационно-аналитической поддержки. Рассмотрена задача $ЧЦ_{31}$ – оценка структуры и наполненности паспортов территории. (Паспорт территории – официальный нормативно-методический и технический документ, в котором содержится система показателей, характеризующих риски возникновения на территории чрезвычайных ситуаций, дающих прогноз возможного ущерба и перечень мероприятий по их ликвидации, позволяющих органам исполнительной власти принимать решения по предупреждению чрезвычайных ситуаций.)

Таблица 28 – Модели представления знаний применительно к задачам ЦУКС

Модель представления знаний	Практическое применение в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России
Логическая модель	В основе логических моделей представления знаний лежит понятие формальной системы, задаваемой функцией [9]: $S = \langle B, F, A, R \rangle$, где B – множество базовых символов моделируемой системы информационно-аналитической поддержки, F – синтаксические правила построения формул теории из символов алфавита, A – выделенное множество формул, называемых аксиомами

	<p>теории S, R – конечное множество отношений между формулами. Наиболее распространенной формальной системой, применяемой для представления знаний, является исчисление предикатов первого порядка. При помощи логики предикатов могут записываться:</p> <table border="1" data-bbox="443 293 1513 600"> <thead> <tr> <th data-bbox="443 293 882 360">Составляющая деятельности должностного лица</th> <th data-bbox="890 293 1513 360">Предикатная форма записи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="443 360 882 465">Функции должностного лица</td> <td data-bbox="890 360 1513 465"><i>Отвечает за (АРМ-5, организацию работы с паспортами территории в круглосуточном режиме)</i></td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 465 882 533">Задачи должностного лица</td> <td data-bbox="890 465 1513 533"><i>Осуществляет (АРМ-5, контроль уровня наполненности паспортов территории)</i></td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 533 882 600">Документы, обрабатываемые должностным лицом ЦУКС</td> <td data-bbox="890 533 1513 600"><i>Выполняет (АРМ-5, документ «анализ паспортов территории»)</i></td> </tr> </tbody> </table>	Составляющая деятельности должностного лица	Предикатная форма записи	Функции должностного лица	<i>Отвечает за (АРМ-5, организацию работы с паспортами территории в круглосуточном режиме)</i>	Задачи должностного лица	<i>Осуществляет (АРМ-5, контроль уровня наполненности паспортов территории)</i>	Документы, обрабатываемые должностным лицом ЦУКС	<i>Выполняет (АРМ-5, документ «анализ паспортов территории»)</i>						
Составляющая деятельности должностного лица	Предикатная форма записи														
Функции должностного лица	<i>Отвечает за (АРМ-5, организацию работы с паспортами территории в круглосуточном режиме)</i>														
Задачи должностного лица	<i>Осуществляет (АРМ-5, контроль уровня наполненности паспортов территории)</i>														
Документы, обрабатываемые должностным лицом ЦУКС	<i>Выполняет (АРМ-5, документ «анализ паспортов территории»)</i>														
<p>Продукционная модель</p>	<p>Продукционные правила представляют собой функцию вида: $P = \{N_p, D, H_p\}$ где N_p – имя продукции; D – частная задача, на которую направлено, управляющее воздействие; H_p – ядро продукции. Ядро продукции H_p представляет собой правило типа: $IF _ A_1 _ and / or _ A_n _ THEN _ h_j$ где h_j – множество вариантов значений логического вывода. Возвращаясь к задаче «контроль уровня наполненности паспортов территории» можно привести следующий пример:</p> <table border="1" data-bbox="443 875 1513 1451"> <tbody> <tr> <td data-bbox="443 875 691 943">«Имя продукции»</td> <td data-bbox="699 875 1513 943">Оценка уровня наполненности паспорта территории</td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 943 691 1048">«Область применимости продукции»</td> <td data-bbox="699 943 1513 1048">Деятельность должностных лиц ЦУКС</td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 1048 691 1153">«Условие применимости ядра»</td> <td data-bbox="699 1048 1513 1153">При проверке паспорта территории</td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 1153 691 1187">Ядро продукции</td> <td data-bbox="699 1153 1513 1187">Если А и В и С и D, то Е</td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 1187 691 1451">Постусловие</td> <td data-bbox="699 1187 1513 1451">А = присутствуют условные обозначения; В = приведена общ характеристика объекта; С = проанализированы рис возникновения техногенных пожаров; D = приведены информационно-справочные материалы по лечебн учреждениям; Е = наполненность паспорта оценивается отлично.</td> </tr> </tbody> </table>	«Имя продукции»	Оценка уровня наполненности паспорта территории	«Область применимости продукции»	Деятельность должностных лиц ЦУКС	«Условие применимости ядра»	При проверке паспорта территории	Ядро продукции	Если А и В и С и D, то Е	Постусловие	А = присутствуют условные обозначения; В = приведена общ характеристика объекта; С = проанализированы рис возникновения техногенных пожаров; D = приведены информационно-справочные материалы по лечебн учреждениям; Е = наполненность паспорта оценивается отлично.				
«Имя продукции»	Оценка уровня наполненности паспорта территории														
«Область применимости продукции»	Деятельность должностных лиц ЦУКС														
«Условие применимости ядра»	При проверке паспорта территории														
Ядро продукции	Если А и В и С и D, то Е														
Постусловие	А = присутствуют условные обозначения; В = приведена общ характеристика объекта; С = проанализированы рис возникновения техногенных пожаров; D = приведены информационно-справочные материалы по лечебн учреждениям; Е = наполненность паспорта оценивается отлично.														
<p>Фреймовая модель</p>	<p>Фреймовые модели предлагается применять при хранении знаний о паспортах территории. При автоматизации процесса использования и представления знаний неоднородность и неоднозначность затрудняют процесс моделирования системы информационно-аналитической поддержки. Одним из способов решений данной проблемы является представление знаний в виде фреймов.</p> <table border="1" data-bbox="443 1659 1513 2067"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="443 1659 1513 1693">Фрейм <проверка паспорта территории></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="443 1693 810 1727">Субъект</td> <td data-bbox="818 1693 1513 1727"><Паспорт территории></td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 1727 810 1760">Объект</td> <td data-bbox="818 1727 1513 1760">Наполненность паспорта</td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 1760 810 1827">Территориальная принадлежность</td> <td data-bbox="818 1760 1513 1827"><Субъект РФ, район, населенный пункт></td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 1827 810 1895">Тип объекта</td> <td data-bbox="818 1827 1513 1895"><Энергетический, нефтегазовый, производственный, химический и т.д.></td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 1895 810 1928">Период проверки</td> <td data-bbox="818 1895 1513 1928"><Год, месяц, неделя, день></td> </tr> <tr> <td data-bbox="443 1928 810 2067">Условие</td> <td data-bbox="818 1928 1513 2067"><Прогноз развития ЧС при ЧС осуществляется с учет близлежащих объектов></td> </tr> </tbody> </table>	Фрейм <проверка паспорта территории>		Субъект	<Паспорт территории>	Объект	Наполненность паспорта	Территориальная принадлежность	<Субъект РФ, район, населенный пункт>	Тип объекта	<Энергетический, нефтегазовый, производственный, химический и т.д.>	Период проверки	<Год, месяц, неделя, день>	Условие	<Прогноз развития ЧС при ЧС осуществляется с учет близлежащих объектов>
Фрейм <проверка паспорта территории>															
Субъект	<Паспорт территории>														
Объект	Наполненность паспорта														
Территориальная принадлежность	<Субъект РФ, район, населенный пункт>														
Тип объекта	<Энергетический, нефтегазовый, производственный, химический и т.д.>														
Период проверки	<Год, месяц, неделя, день>														
Условие	<Прогноз развития ЧС при ЧС осуществляется с учет близлежащих объектов>														



Прежде чем сформировать предложения по структуре системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, предлагается проведение морфологического анализа. Морфологический анализ позволяет представить все варианты организации разрабатываемой системы. Этот метод предполагает построение морфологического ящика и представление множества вариантов организации системы информационно-аналитической поддержки (табл. 29).

Таблица 29 – Морфологический ящик

Элементы подсистем	Характеристики (базисы)	Варианты (примитивы)				
		Иерархическая	Сетевая	Реляционная		
База данных	Тип базы данных по модели данных	Иерархическая	Сетевая	Реляционная		
	Тип базы данных по степени распределенности	Централизованная		Распределенная		
База знаний	Форма записи знаний	Предикаты		Кванторы		
	Модель представления знаний	Продукции	Фреймы	Логические модели	Семантические сети	
	Оболочка для реализации	Expert Developer Pro	ACQUIRE	AION	Prolog	Crystal
База фактов и правил	Стратегия управления выводом	Прямой вывод		Обратный вывод		
	Логическое следование	Дедуктивное	Индуктивное	Трансдуктивное		

Этап формализации

Сформулированы предложения по структуре разрабатываемой системы, что представляет собой концептуальную модель системы информационно-аналитической поддержки (табл. 23). Система информационно-аналитической поддержки разрабатывается для автоматизированного рабочего места должностного лица ЦУКС и взаимодействует с ним через интерфейс системы (рис. 32). Система поддержки состоит из двух взаимосвязанных подсистем:

- 1) подсистема накопления и хранения информации;
- 2) подсистема формирования вывода.

Пользователь обращается к системе с запросом, система отвечает на запрос. Накоплением и обработкой информации в базе данных, базе знаний и базе фактов и правил занимаются эксперт и инженер знаний (табл. 27). В случае, если штатная структура ЦУКС не позволяет возложить функции эксперта и инженера знаний на должностные лица ЦУКС, работа со знаниями проводится в автоматизированном режиме [85].

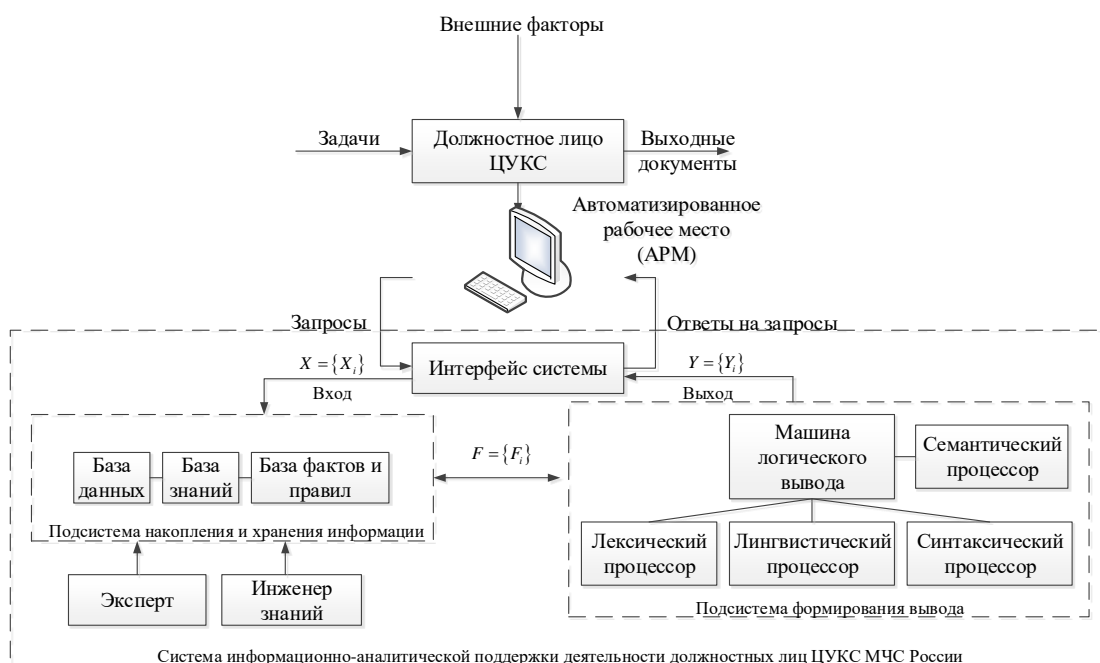


Рисунок 32 – Структурная схема системы информационно-аналитической поддержки

Функционирование системы происходит по принципу – на вход системы поступает $X = \{X_i\}$ – множество входных параметров системы (запросы и ответы должностного лица, в зависимости от решаемой задачи), на выходе системы $Y = \{Y_i\}$ – множество выходных параметров системы (консультация должностному лицу,

формируемые логические выводы и решения по конкретным задачам), при $F = \{F_i\}$ – множество моделей, реализующих функции информационно-аналитической поддержки [85].

Таким образом, процессы, протекающие в системе информационно-аналитической поддержки, определяются функцией:

$$SIP = \langle X, Y, F \rangle \quad (18)$$

Разрабатываемая система информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России является сложной системой, поэтому проведена ее декомпозиция (рис. 33).

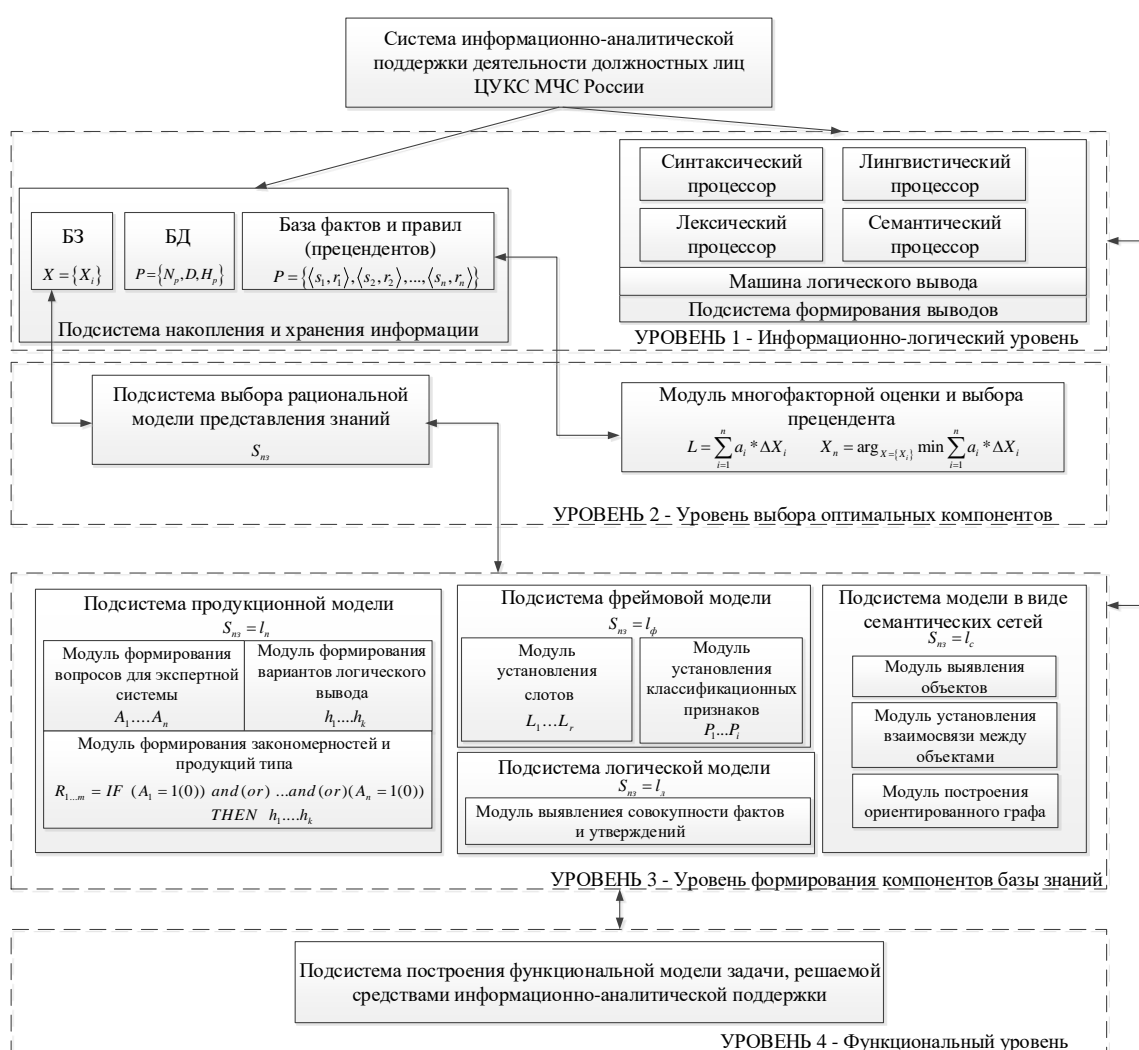


Рисунок 33 – Декомпозиция системы информационно-аналитической поддержки

Для установления взаимосвязи должностного лица ЦУКС и лица, принимающего решение, при воздействии управляемой подсистемы на субъект управления, предложен контур антикризисного управления, представленного в виде схемы на рис. 34

Структура базы данных и базы знаний, их взаимодействие, логика преобразования входной и выходной информации, принципы взаимосвязи базы знаний и блока правил, а также структура системы нечеткого и продукционного вывода представлены на онтологической модели структуры специализированной базы данных и знаний антикризисного управления (рис. 35).

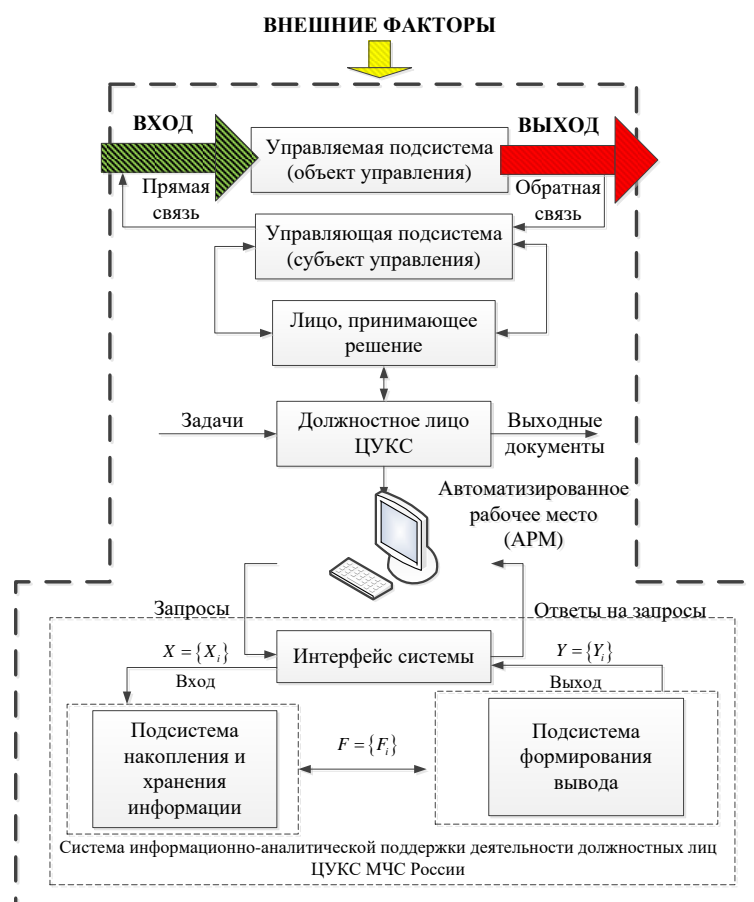


Рисунок 34 – Схема контура антикризисного управления

Для установления принадлежности конкретных задач должностного лица ЦУКС МЧС России к задачам информационно-аналитической поддержки необходима формализация исследуемого процесса в соответствии с уровнями, представленными на рис. 36. Исходными данными для формализации будут перечень функций, задач и документов должностных лиц ЦУКС МЧС России. Результатом формализации будет являться интегральный критерий, характеризующий соответствие исследуемых задач, заданным условиям.

Пунктиром выделена область исследования, соответствующая перечню задач информационно-аналитической поддержки. Предполагается, что задачи учета, задачи с данными и задачи с информацией, подлежат исключительно решению вручную, либо в автоматизированном режиме.

СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ, ПРИНИМАЮЩИХ УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ

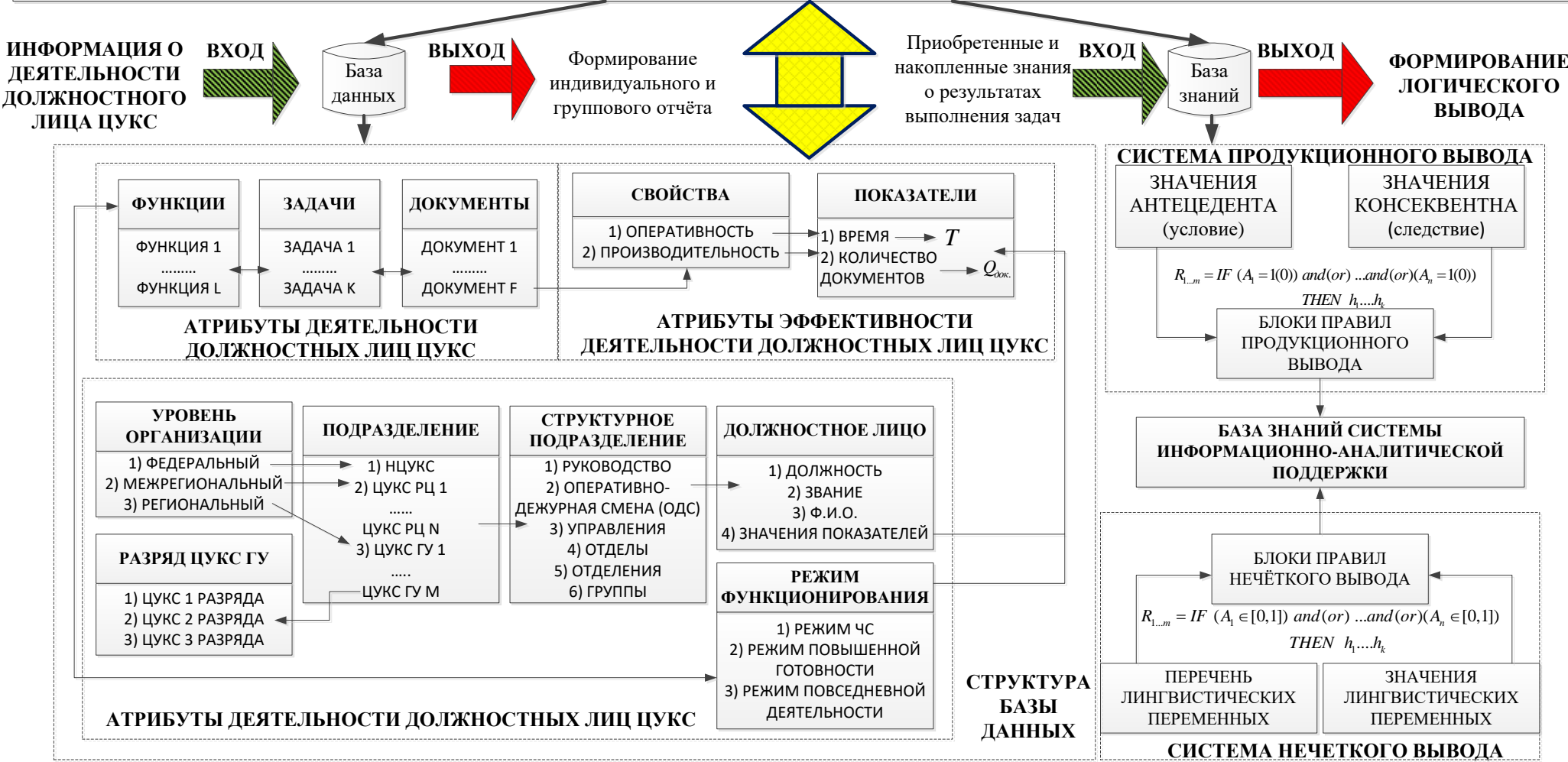


Рисунок 35 – Онтологическая модель структуры специализированной базы данных и знаний антикризисного управления

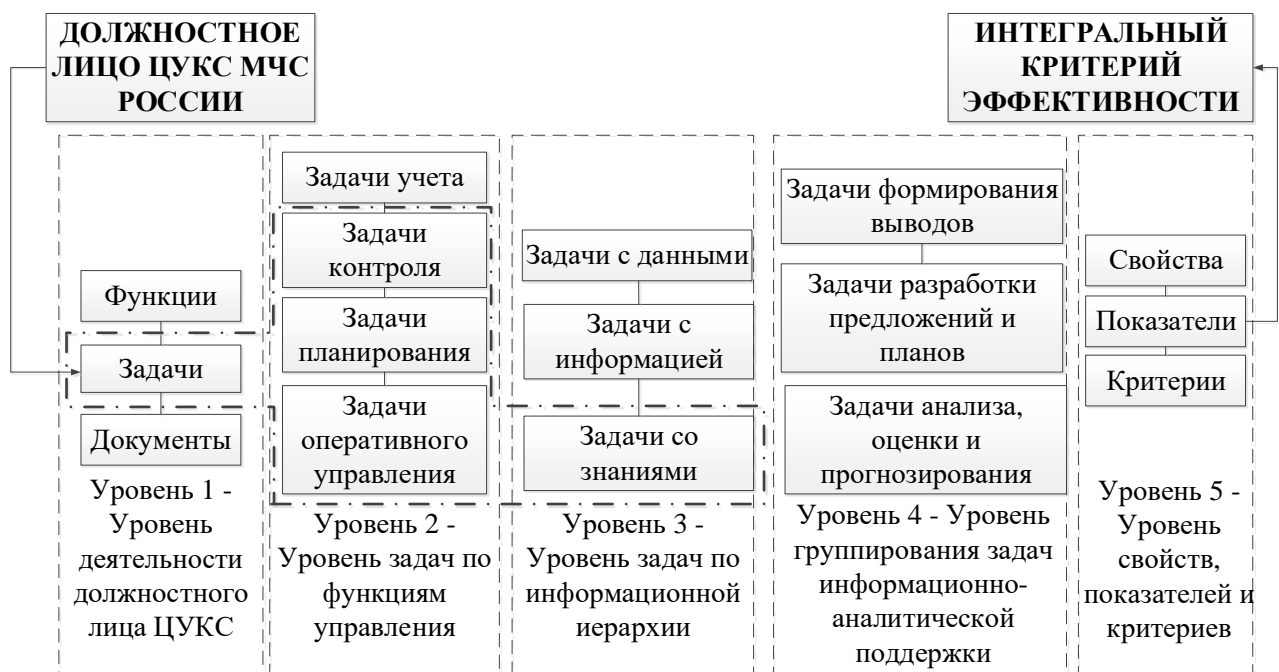


Рисунок 36 – Уровни анализа задач, решаемых должностными лицами ЦУКС

Подход предполагает распределение задач, решаемых должностными лицами ЦУКС МЧС России в соответствии с уровнями, представленными выше [85]. На каждом из уровней исключается часть задач на основе признаков. Подробное описание процедуры отсека и распределения задач информационно-аналитической поддержки представлено в табл. 30.

Таблица 30 – Пояснение к процедуре установления соответствия задач должностного лица перечню задач информационно-аналитической поддержки

№ п/п	Наименование уровней	Сущность уровня
1.	Уровень деятельности должностного лица ЦУКС	На данном уровне проводится анализ деятельности должностного лица ЦУКС МЧС России, подлежащего информационно-аналитической поддержки. Выявляется перечень функций должностного лица, задач соответствующих функциям. Выявляется перечень документов.
2.	Уровень задач по функциям управления	Выявленные на первом уровне задачи, распределяются по функциям управления. Распределяются по задачам учета, контроля, планирования и оперативного управления. В соответствии с заявленной концепцией отсеиваются задачи учета
3.	Уровень задач по информационной иерархии	Задачи распределяются на задачи с данными, задачи с информацией и задачи со знаниями в соответствии с информационной иерархией. Дальнейшее исследование осуществляется исключительно со знаниями
4.	Уровень группирования задач информационно-аналитической поддержки	Получившиеся задачи со знаниями распределяются на три группы: задачи формирования выводов, задачи разработки предложений и планов и задачи анализа, оценки и прогнозирования

5.	Уровень свойств, показателей и критериев	По получившимся группам задач выделяют свойства, соответствующие показатели и критерии. Строится функция ценности по показателям исхода операции. Устанавливаются соответствующие критерии, и осуществляется свертка полученных показателей в интегральный критерий
----	--	---

В результате анализа деятельности должностных лиц ЦУКС (уровень 1, рис. 36) был выявлен перечень задач и проведена декомпозиция этих задач. Декомпозиция задач позволила выделить 170 подзадач [105]. Среди перечня подзадач были выделены подзадачи, содержащие информационно-аналитические составляющие, которые возможно решить при помощи систем информационно-аналитической поддержки.

Для этого предлагается произвести выбор наиболее предпочтительных подзадач в соответствии с уровнями, выделенными на рис. 36.

На втором уровне из общего перечня подзадач остается 129 подзадач, соответствующих уровню задач по функциям управления. На третьем уровне - 35 задач. В соответствии с уровнем 4, задачи предлагается распределить на 3 группы и выделить свойства, присущие этим задачам (табл. 31):

- 1) задачи формирования выводов;
- 2) задачи разработки предложений и планов;
- 3) задачи прогнозирования.

Таблица 31 – Выделение общего перечня свойств

Количество подзадач	Тип задачи	Соответствующее свойство
24	Задачи формирования выводов	Достоверность
		Многокритериальность
		Закономерность
		Логическая связность
		Структурированность
6	Задачи разработки предложений и планов	Закономерность
		Логическая связность
		Структурированность
		Достоверность
5	Задачи анализа, оценки и прогнозирования	Закономерность
		Логическая связность
		Структурированность
		Экономичность

После исключения повторяющихся свойств, для дальнейшей работы были выбраны шесть свойств, по которым необходимо будет установить показатели (рис. 37).

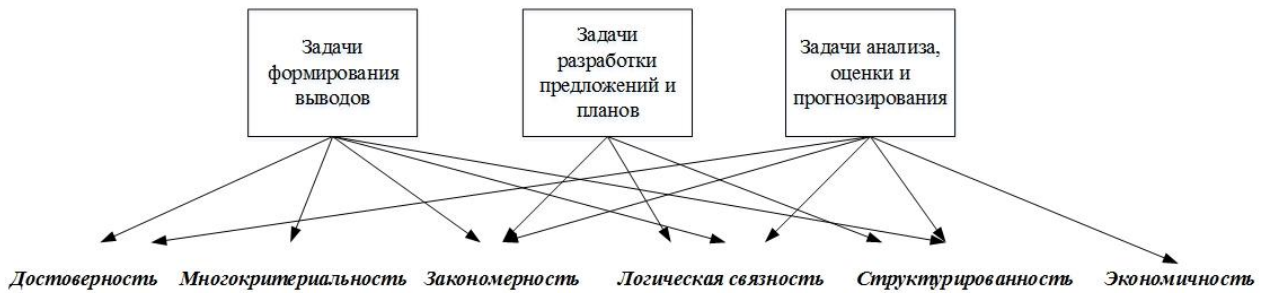


Рисунок 37 – Выделение свойств для последующей формализации

Следующей принципиальной задачей является определение совокупности показателей исхода операции по полученным свойствам, установление математической функции значения данных показателей, а также построение функций полезности для них (Приложение Б). По соответствующим показателям исхода операций, а также функциям полезности строятся интегральных критерий, характеризующий принадлежность исследуемых задач к задачам информационно-аналитической поддержки [85].

Осуществляется свертка полученных показателей и установление критерия эффективности. К рассматриваемой задаче применяется способ аддитивной свертки показателей, с учетом того, что для непрерывных функций критерий эффективности будет принимать вид $U(x) = \int_{r \in R} \Pi(r) f(r) dr$, а для дискретных $U(x) = \sum_{i=1}^m \Pi(r_i) P(r_i / \bar{X})$.

Учитывая также то, что необходимым условием аддитивной свертки показателей качества является монотонность функции полезности, интегральный критерий эффективности будет принимать вид:

$$U(x_i) = \sum_j^n a_j \varphi(Q_j) = a_1 A + a_2 B + a_3 C + a_4 D + a_5 G + a_6 E + \int H dH + \int F dF, \text{ где}$$

$$a_j = \frac{2^{n-j}}{2^n - 1} = \frac{2^{6-j}}{63}$$

($n = 6$) – общее число показателей

$$a_1 = 0,5$$

$$a_2 = 0,25$$

$$a_3 = 0,125$$

$$a_4 = 0,0625$$

$$a_5 = 0,03125$$

$$a_6 = 0,015625$$

Таким образом, значение интегрального критерия эффективности будет представляться функцией:

$$U(x_i) = 0,5 \frac{S_{\text{лсвяз.}}}{S_{\text{общ.}}} + 0,25 \frac{S_{\text{структ.}}}{S_{\text{общ.}}} + 0,125 \frac{N_{\text{пр.}}}{N} + 0,0625 \frac{t_{\text{ин.}}}{t} + 0,03125 \frac{N_{\text{связ.}}}{N_{\text{эле.}}} + 0,015625 \frac{k_{\text{лв}}}{K_{\text{общ.}}} +$$

$$+ \int L_{p \max}(L_p) dH + \int N_{t \min}(N_t) df$$

Критерий характеризует принадлежность задачи, решаемой должностным лицом ЦУКС МЧС России, к перечню задач информационно-аналитической поддержки. Критерий позволяет совершенствовать и оптимизировать деятельность должностного лица путем возложения части обязанностей на разрабатываемую систему. Полученный результат представляет собой математическую (аналитическую) модель процесса выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки (табл. 23).

Необходимо осуществить рассмотрение процессов функционирования подсистем и модулей системы информационно-аналитической поддержки на примере реальной задачи ЧЦ₃₁ – оценка структуры и наполненности паспортов территории, решаемой должностным лицом АРМ-5.

2.4 Математическая модель процесса выбора рациональной модели представления знаний

Подсистема выбора рациональной модели представления знаний реализована в виде математической (комбинированной) модели процесса выбора рациональной модели представления знаний (табл. 25). Выделен перечень классификационных признаков и соответствующих значений признаков (табл. 32), позволяющих установить принадлежность решения задачи должностного лица ЦУКС МЧС России модели представления знаний. Данные классификационные признаки и соответствующие значения признаков наиболее точно отражают характерные сходства и различия между выделенными ранее моделями представления знаний.

Принципиальной проблемой является формализация полученных классификационных признаков и соответствующих значений признаков. Для удобства работы с полученными данными предлагается применение метода свертки критериев. Он предполагает переход к однокритериальной задаче.

Свертка означает, что на основе классификационных признаков и соответствующих значений признаков выделяется интегральный показатель. Он рассчитывается как взвешенная сумма значений признаков (аддитивная форма). Использование метода предполагает, что значения признака измеряются в абсолютной шкале и классификационные признаки должны быть независимы.

Таблица 32 – Признаки установления рациональной модели представления знаний

№ п/п	Классификационный признак (КП)	Значения признака (частные признаки) (ЧП)
1.	Тип знаний (P_1)	Декларативные знания (P_{11})
		Процедурные знания (P_{12})
2.	Форма представления знаний (P_2)	Количественная (P_{21})
		Качественная (P_{22})
3.	Форма вывода знаний (P_3)	Прямой вывод (P_{31})
		Обратный вывод (P_{32})
4.	Тип взаимосвязи элементов в документе (P_4)	Последовательная (P_{41})
		Параллельная (P_{42})
		Иерархическая (P_{43})
		Централизованная с одним или несколькими центрами (P_{44})
5.	Свойства знаний (P_5)	Внутренняя содержательная интерпретируемость (P_{51})
		Активность (P_{52})
		Связность (P_{53})
6.	Размер знаний (P_6)	Громоздкие знания (P_{61})
		Негромоздкие знания (P_{62})
7.	Непротиворечивость знаний (P_7)	Противоречивые знания (P_{71})
		Непротиворечивые знания (P_{72})
8.	Детализация знаний (P_8)	Глубинные знания (P_{81})
		Поверхностные знания (P_{82})

Интегральный показатель установления рациональной модели представления знаний по классификационным признакам и соответствующими значениями признаков имеет вид:

$$L_{S_{nz}} = \sum_{i=1}^N a_i \sum_{j=1}^M k_{ij}, \quad (19)$$

где i – номер классификационного признака, j – номер соответствующего значения признака i , N – количество классификационных признаков, M – количество соответствующих значений признаков, a_i – вес классификационного признака P_i (уровень его предпочтительности), k_{ij} – соответствующее классификационному признаку P_i значение признака P_{ij} , $L_{S_{nz}}$ – интегральный показатель установления рациональной модели представления знаний, который может принимать вид: L_{ln} – для продукционной модели представления знаний, L_{lf} – для фреймовой модели представления знаний, L_{ll} – для логической модели представления знаний, L_{lc} – для модели представления знаний в виде семантических сетей.

Определение веса классификационного признака P_i означает установление предпочтительности признаков при выявлении рациональной модели представления знаний. Показателем в данном случае будет выступать вероятность того, что данный признак наиболее значим для выбора рациональной модели представления знаний. Веса предлагается получить методом взвешивания экспертных оценок. При этом привлекая экспертов, используемых при выявлении перечня задач информационно-аналитической поддержки (с уровнями компетенции $R_1 = 1,22$; $R_2 = 0,78$; $R_3 = 0,54$; $R_4 = 0,44$) [84].

Вычислим относительные оценки компетентности экспертов:

$$R_{\text{отн.}n} = \frac{R_n}{R_\Sigma}, \quad (20)$$

где n – номер эксперта, R_n – уровень компетентности эксперта n , R_Σ – суммарное значение компетентности всех экспертов

Получается:

$$R_\Sigma = 1,22 + 0,78 + 0,54 + 0,44 = 2,98; \quad R_{\text{отн.}1} = 1,22/2,98 = 0,4; \quad R_{\text{отн.}2} = 0,78/2,98 = 0,26; \\ R_{\text{отн.}3} = 0,54/2,98 = 0,18; \quad R_{\text{отн.}4} = 0,44/2,98 = 0,14.$$

Следующим шагом будет составление матрицы весов целей для классификационных признаков (табл. 33).

Таблица 33 – Матрица весов целей для классификационных признаков

\mathcal{E}_i/P_i	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
$\mathcal{E}_1 (R_1=0,4)$	0,08	0,07	0,1	0,15	0,19	0,14	0,12	0,15
$\mathcal{E}_2 (R_2=0,26)$	0,07	0,1	0,11	0,19	0,2	0,08	0,12	0,13
$\mathcal{E}_3 (R_3=0,18)$	0,09	0,06	0,09	0,1	0,2	0,17	0,14	0,15
$\mathcal{E}_4 (R_4=0,14)$	0,1	0,09	0,08	0,09	0,3	0,14	0,2	0,2

Найдем искомые веса целей и составим в соответствии с этими значениями отношения предпочтений:

$$W_1(P_1) = 0,4 * 0,08 + 0,26 * 0,07 + 0,18 * 0,09 + 0,14 * 0,1 = 0,032 + 0,0182 + 0,0162 + 0,014 = 0,0804 \\ W_2(P_2) = 0,4 * 0,07 + 0,26 * 0,1 + 0,18 * 0,06 + 0,14 * 0,09 = 0,028 + 0,026 + 0,0108 + 0,0126 = 0,0774 \\ W_3(P_3) = 0,4 * 0,1 + 0,26 * 0,11 + 0,18 * 0,09 + 0,14 * 0,08 = 0,04 + 0,0286 + 0,0135 + 0,0112 = 0,0933 \\ W_4(P_4) = 0,4 * 0,15 + 0,26 * 0,19 + 0,18 * 0,1 + 0,14 * 0,09 = 0,06 + 0,0494 + 0,018 + 0,0126 = 0,14 \\ W_5(P_5) = 0,4 * 0,19 + 0,26 * 0,2 + 0,18 * 0,2 + 0,14 * 0,3 = 0,076 + 0,052 + 0,036 + 0,042 = 0,206 \\ W_6(P_6) = 0,4 * 0,14 + 0,26 * 0,08 + 0,18 * 0,17 + 0,14 * 0,14 = 0,056 + 0,0208 + 0,0306 + 0,0196 = 0,127 \\ W_7(P_7) = 0,4 * 0,12 + 0,26 * 0,12 + 0,18 * 0,14 + 0,14 * 0,2 = 0,048 + 0,0276 + 0,0252 + 0,028 = 0,1288 \\ W_8(P_8) = 0,4 * 0,15 + 0,26 * 0,13 + 0,18 * 0,15 + 0,14 * 0,2 = 0,06 + 0,033 + 0,027 + 0,028 = 0,148$$

Таким образом, были найдены предпочтения для классификационных признаков при установлении рациональной модели представления знаний: $P_5 \succ P_8 \succ P_4 \succ P_7 \succ P_6 \succ P_3 \succ P_1 \succ P_2$ и значения весов классификационных признаков P_i для формулы (23): $a_1 = 0,0804$; $a_2 = 0,0774$; $a_3 = 0,0933$; $a_4 = 0,14$; $a_5 = 0,206$; $a_6 = 0,127$; $a_7 = 0,1288$; $a_8 = 0,148$.

Следующей принципиальной задачей является установление k_{ij} соответствующих классификационному признаку P_i значений признаков P_{ij} .

Показателем будет выступать вероятность того, что соответствующий признак соответствует модели представления знаний.

Установление значений признаков предлагается осуществлять при помощи ранжирования критериев по методу Перстоуна. Для этого 4 эксперта, выделенных выше, оценивают важность критериев для конкретной модели представления знаний, выставляя им места с 1 по 19 (табл. 34).

Таблица 34 – Ранжирование значений признаков в зависимости от модели представления знаний

Ξ/P_{ij}	P_{11}	P_{12}	P_{21}	P_{22}	P_{31}	P_{32}	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{51}	P_{52}	P_{53}	P_{61}	P_{62}	P_{71}	P_{72}	P_{81}	P_{82}
Продукционная модель (I_n)																			
Ξ_1	12	5	11	6	18	19	10	13	14	4	1	2	3	15	9	17	7	16	8
Ξ_2	12	6	11	5	19	18	10	14	13	4	3	2	1	16	9	15	8	17	7
Ξ_3	11	6	12	5	18	19	9	13	14	4	1	3	2	15	10	16	7	17	8
Ξ_4	11	5	12	6	18	19	9	15	14	4	2	1	3	13	10	16	8	17	7
Фреймовая модель (I_ϕ)																			
Ξ_1	8	16	9	10	19	18	11	4	12	14	2	1	3	5	15	17	7	6	13
Ξ_2	7	13	10	9	19	18	12	5	11	14	3	1	2	4	16	17	8	6	15
Ξ_3	8	17	10	9	18	19	12	6	11	14	4	1	2	5	15	16	7	3	13
Ξ_4	7	17	10	9	18	19	11	5	12	14	1	2	3	4	13	16	8	6	15
Логическая модель (I_l)																			
Ξ_1	8	14	16	15	18	19	9	10	7	4	2	1	3	11	5	17	12	13	6
Ξ_2	8	14	16	15	18	19	10	9	7	4	1	2	3	11	5	17	12	13	6
Ξ_3	7	16	15	14	19	18	10	9	8	4	2	3	1	12	6	17	11	13	5
Ξ_4	7	16	15	14	18	19	9	10	8	4	1	2	3	12	6	17	11	13	5
Семантические сети (I_c)																			
Ξ_1	8	12	9	13	18	19	10	11	6	14	1	3	2	4	17	16	5	7	15
Ξ_2	8	15	9	14	19	18	10	11	7	13	1	2	3	5	17	16	4	6	12
Ξ_3	9	14	8	13	18	19	10	11	4	12	1	3	2	5	16	17	6	7	15
Ξ_4	9	12	8	15	18	19	11	10	5	13	2	1	3	6	16	17	4	7	14

Следующими этапами будет:

1. Нахождение частот $f(z,y)$ (z,y – соответствует сравниваемой паре значений признаков P_{ij}), характеризующее предпочтение соответствующих признаков в парных сравнениях. Считается сколько раз одно значение признака было предпочтительнее другого (k) и делится на общее количество оценок (s):

$$f_{zy} = \frac{k}{s} \quad (k \in [1;4]). \quad (21)$$

2. Осуществляется переход от частот f_{zy} к шкальным оценкам X_{zy} на основе уравнения:

$$f_{zy} = \Phi(X_{zy}), \quad (22)$$

где $\Phi(X_{zy}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}t^2} dt$ – есть интегральная функция Лапласа [28]

3. Вычисляются веса значений признаков:

$$J_{ij} = \frac{\Phi(\overline{X_{ij}})}{\sum_{i=1, j=1}^{P_{\Sigma}} \Phi(\overline{X_{ij}})}, \quad (23)$$

где P_{Σ} – общее количество значений признаков,

$$\overline{X_{ij}} = \frac{1}{n} \sum x_{ij}, \quad (24)$$

где x_{zy} – частные шкальные оценки по признаку P_{ij} .

Расчетные значения полученной модели отражены в Приложении В.

Табличное представление полученных данных довольно громоздко и массивно. Предлагается осуществлять автоматизированный расчет промежуточных и результирующих значений, полученных в процессе установления рациональной модели представления знаний, которые возлагаются на инструментальные средства Microsoft Office Excel и объектно-ориентированный язык программирования C#. Выявление рациональной модели представления знаний является составляющей частью системы сопровождения процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.

Выставляя получившиеся значения по предпочтительности, получились следующие значения:

$$\begin{aligned} J_{ij}(l_n) &= \{P_{51} \approx P_{52} \approx P_{53} \succ P_{44} \succ P_{12} \approx P_{22} \succ P_{72} \approx P_{82} \succ P_{41} \approx P_{62} \succ P_{21} \succ P_{11} \succ P_{42} \approx P_{43} \succ P_{71} \succ P_{81} \succ P_{61} \succ P_{31} \approx P_{32}\} \\ J_{ij}(l_{\phi}) &= \{P_{51} \approx P_{52} \approx P_{53} \succ P_{72} \approx P_{61} \succ P_{43} \succ P_{81} \succ P_{11} \approx P_{21} \succ P_{41} \succ P_{42} \succ P_{44} \succ P_{12} \succ P_{22} \succ P_{82} \succ P_{62} \succ P_{71} \approx P_{31} \approx P_{32}\} \\ J_{ij}(l_n) &= \{P_{51} \approx P_{52} \approx P_{53} \approx P_{44} \succ P_{62} \approx P_{82} \succ P_{11} \succ P_{43} \succ P_{41} \approx P_{42} \succ P_{72} \succ P_{61} \succ P_{81} \succ P_{22} \succ P_{12} \approx P_{21} \succ P_{71} \succ P_{31} \approx P_{32}\} \\ J_{ij}(l_c) &= \{P_{51} \approx P_{52} \approx P_{53} \approx P_{72} \succ P_{61} \succ P_{43} \succ P_{81} \succ P_{11} \approx P_{21} \succ P_{41} \succ P_{42} \succ P_{44} \succ P_{12} \succ P_{22} \succ P_{82} \succ P_{62} \approx P_{71} \succ P_{31} \approx P_{32}\} \end{aligned}$$

Они позволяют определить какой модели представления знаний присущи данные признаки в большей, а какие в меньшей степени.

Анализируя полученные результаты, видно, что наибольшее влияние на выбор рациональной модели представления оказывает признак «свойства знаний», а наименьшее признак «форма вывода знаний».

Получившиеся значения весов значения признака соответствуют значениям частного критерия $J_{ij}=k_{ij}$.

Таким образом, имеются все данные для расчета интегрального показателя установления рациональной модели представления знаний (19). Получившиеся данные запишем в таблицу для удобства проведения расчетов (Приложение В). Аббревиатуры КП и ЧП представлены в табл. 32.

В общем виде формула определения интегрального показателя для установления рациональной модели представления знаний имеет вид:

$$L_{S_{nz}} = a_1(k_{11} + k_{12}) + a_2(k_{21} + k_{22}) + a_3(k_{31} + k_{32}) + a_4(k_{41} + k_{42} + k_{43} + k_{44}) + \\ + a_5(k_{51} + k_{52} + k_{53}) + a_6(k_{61} + k_{62}) + a_7(k_{71} + k_{72}) + a_8(k_{81} + k_{82})$$

Теперь полученный результат просчитываем применительно к каждой модели представления знаний:

1. Продукционная модель ($S_{nz} = l_n$).

$$L_{l_n} = 0,0804 * (0,021478 + 0,100985) + 0,0774 * (0,043694 + 0,100985) + \\ + 0,0933 * (2,88E - 05 + 2,21E - 05) + 0,14 * (0,060667 + 0,007867 + 0,007867 + 0,103642) + \\ + 0,206 * (0,104314 + 0,104307 + 0,1043) + 0,127 * (0,000358 + 0,060667) + \\ + 0,1288 * (0,00125 + 0,088459) + 0,148 * (0,000651 + 0,088459) = \\ = 0,0804 * 0,122 + 0,774 * 0,144679 + 0,0933 * 5,09E - 5 + 0,14 * 0,180043 + \\ + 0,206 * 0,312921 + 0,127 * 0,08911 + 0,1288 * 0,089709 + 0,148 * 0,0094969 = \\ = 0,0098088 + 0,11198155 + 0,00000047 + 0,02520602 + 0,064461 + 0,01131697 + \\ + 0,01148275 + 0,00140554 = 0,2356631$$

2. Фреймовая модель ($S_{nz} = l_\phi$).

$$L_{l_\phi} = 0,0804 * (0,076626 + 0,008441) + 0,0774 * (0,076626 + 0,00739) + \\ + 0,0933 * (2,89E - 05 + 2,22E - 05) + 0,14 * (0,045338 + 0,042451 + 0,101435 + 0,012874) + \\ + 0,206 * (0,104804 + 0,104765 + 0,104717) + 0,127 * (0,102724 + 0,000399) + \\ + 0,1288 * (0,000399 + 0,102897) + 0,148 * (0,101159 + 0,006904) = \\ = 0,0804 * 0,085067 + 0,0774 * 0,084016 + 0,0933 * 0,00000511 + 0,14 * 0,202098 + \\ + 0,206 * 0,314286 + 0,127 * 0,103123 + 0,1288 * 0,103296 + 0,148 * 0,108063 = \\ = 0,00683939 + 0,00650284 + 4,8E - 06 + 0,02829372 + 0,06474292 + 0,01309662 + \\ + 0,01330452 + 0,01599332 = 0,1204801$$

3. Логическая модель ($S_{nz} = l_n$).

$$L_{l_n} = 0,0804 * (0,088989 + 0,002105) + 0,0774 * (0,002105 + 0,003396) + \\ + 0,0933 * (2,9E - 05 + 2,23E - 05) + 0,14 * (0,06103 + 0,06103 + 0,083379 + 0,104263) + \\ + 0,206 * (0,104944 + 0,104933 + 0,104917) + 0,127 * (0,028243 + 0,10159) + \\ + 0,1288 * (0,000213 + 0,03577) + 0,148 * (0,011449 + 0,10159) = \\ = 0,0804 * 0,0911 + 0,0774 * 0,005501 + 0,0933 * 5,2E - 05 + 0,14 * 0,31 + 0,206 * 0,314794 + \\ + 0,127 * 0,129833 + 0,1288 * 0,035983 + 0,148 * 0,11304 = \\ = 0,00732 + 0,000426 + 0,00000049 + 0,0434 + 0,0648 + 0,016489 + 0,00463 + 0,0167 = 0,153965$$

4. Модель в виде семантических сетей ($S_{nz} = l_c$).

$$\begin{aligned}
 L_c &= 0,0804 * (0,076626 + 0,008441) + 0,0774 * (0,076626 + 0,00739) + \\
 &+ 0,0933 * (2,89E - 05 + 2,22E - 05) + 0,14 * (0,045338 + 0,042451 + 0,101435 + 0,012874) + \\
 &+ 0,206 * (0,104804 + 0,104765 + 0,104717) + 0,127 * (0,102724 + 0,000399) + \\
 &+ 0,1288 * (0,000399 + 0,102897) + 0,148 * (0,101159 + 0,006904) = \\
 &= 0,804 * 0,085 + 0,0774 * 0,084 + 0,0933 * 5,11E - 05 + 0,14 * 0,2020 + 0,206 * 0,3142 + 0,127 * 0,103 + \\
 &+ 0,1288 * 0,1032 + 0,148 * 0,108 = 0,0683 + 0,0065 + 4,8E - 6 + 0,02828 + 0,0647 + 0,013 + \\
 &+ 0,0133 + 0,0156 = 0,20968
 \end{aligned}$$

Итоговые значения интегрального показателя установления рациональной модели представления знаний представлены в табл. 35. По данным значениям возможно установление рациональной модели представления знаний по предложенной методике путем сопоставления значений, полученных при решении конкретной практической задачи, и представленных в таблице.

Таблица 35 – Итоговые значения интегрального показателя

Модель представления знаний (S_{nz})	Значения интегрального показателя установления рациональной модели представления знаний ($L_{S_{nz}}$)
Продукционная модель (l_n)	0,23566
Фреймовая модель (l_{ϕ})	0,12048
Логическая модель (l_l)	0,153965
Модель в виде семантических сетей (l_c)	0,20968

Полученные данные являются вспомогательными для последующего моделирования процессов информационно-аналитической поддержки.

Расчетным путем установлено, что для анализируемой задачи ЧЦ₃₁ – оценка структуры и наполненности паспортов территории рациональной является продукционная модель представления знаний. Необходимо определить, как для данной задачи функционирует подсистема продукционной модели системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.

2.5 Модель принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления

В связи с поэтапной ликвидацией межрегионального уровня органов повседневного управления РСЧС, возникают проблемы связанные с ликвидацией чрезвычайных ситуаций межрегионального характера.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 21 мая 2007 г. N 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» чрезвычайной ситуацией межрегионального характера считается ситуация в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более субъектов Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей.

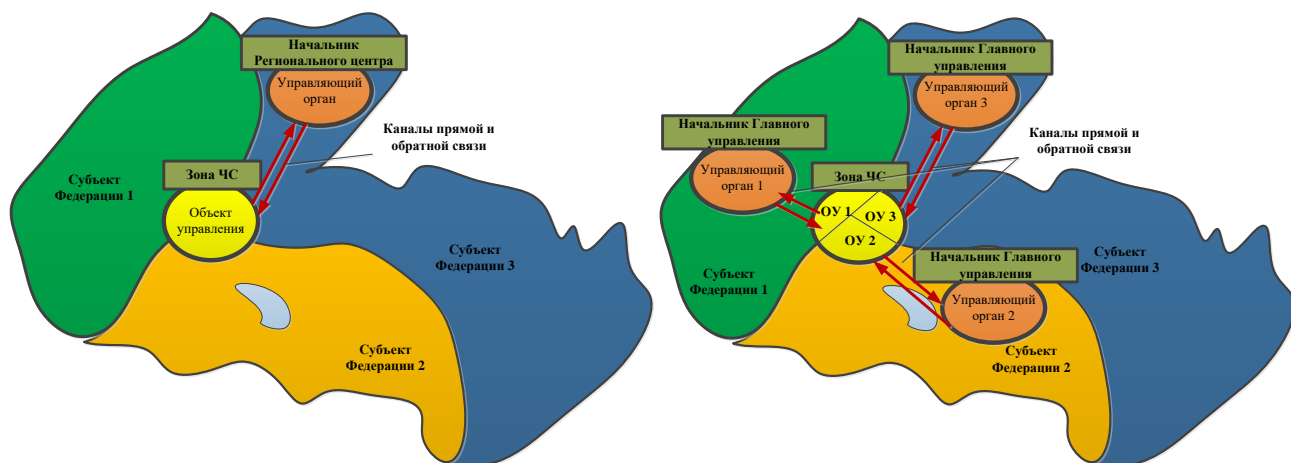


Рисунок 38 – Структура управления ликвидацией межрегиональной ЧС при централизованном и децентрализованном управлении

Происходит переход от централизованной к децентрализованной структуре управления ликвидаций межрегиональной ЧС. Переход к децентрализации управления сводится к тому, что зона ЧС, выступающая в качестве объекта управления, распределяется между тремя начальниками главных управлений, выступающих в качестве управляющего органа (рис. 38).

Обозначения, используемые в общей постановке задачи оптимального децентрализованного управления ликвидацией межрегиональной ЧС, представлены в табл. 36.

Таблица 36 – Условные обозначения постановки задачи оптимального децентрализованного управления

Обозначение	Значение	Обозначение	Значение
$S_{чс}$	Площадь ЧС (общая)	y	Значение увеличения количества погибших
$S_{чс_1}$	Площадь ЧС (в первом субъекте)	i	Значение увеличения объема материального ущерба
$S_{чс_2}$	Площадь ЧС (во втором субъекте)	T_1	Время прибытия к месту ЧС

$S_{чс3}$	Площадь ЧС (в третьем субъекте)	T_2	Время локализации ЧС
$Q_{постр.}$	Количество пострадавших (общее)	A	Материальный ущерб (общий)
$Q_{постр.1}$	Количество пострадавших (в первом субъекте)	A_1	Материальный ущерб (в первом субъекте)
$Q_{постр.2}$	Количество пострадавших (во втором субъекте)	A_2	Материальный ущерб (во втором субъекте)
$Q_{постр.3}$	Количество пострадавших (в третьем субъекте)	A_3	Материальный ущерб (в третьем субъекте)
$Q_{погибш.}$	Количество погибших (общее)	$L_{лс}$	Количество личного состава, задействованного на ликвидацию ЧС
$Q_{погибш.1}$	Количество погибших (в первом субъекте)	$L_{техн.}$	Количество техники, задействованной на ликвидацию ЧС
$Q_{погибш.2}$	Количество погибших (во втором субъекте)	$L_{отв.}$	Объем огнетушащих веществ, задействованных на ликвидацию ЧС
$Q_{погибш.3}$	Количество погибших (в третьем субъекте)	$L_{гсм.}$	Объем горюче-смазочных материалов, задействованных на ликвидацию ЧС
z	Значение увеличения площади ЧС	$L_{фр.}$	Объем финансовых ресурсов, задействованных на ликвидацию ЧС
x	Значение увеличения количества пострадавших	P	Объем имеющихся ресурсов

Общая задача оптимального управления сводится к минимизации целевой функции F_1 , соответствующей площади чрезвычайной ситуации, количеству погибших и пострадавших, объему материального ущерба. А также минимизации целевой функции F_2 , отражающей значения возрастания данных показателей и учитывающей время прибытия сил и средств к месту ЧС, время ликвидации ЧС, при условии, что значения количества пострадавших, а также объем ущерба к моменту поступления сигнала о ЧС остается величиной постоянной.

$$\min F_1 = \left\{ \begin{array}{l} S_{чс} = S_{чс1} + S_{чс2} + S_{чс3} \\ Q_{постр.} = Q_{постр.1} + Q_{постр.2} + Q_{постр.3} \\ Q_{погибш.} = Q_{погибш.1} + Q_{погибш.2} + Q_{погибш.3} \\ A = A_1 + A_2 + A_3 \end{array} \right\}, \quad (28)$$

при $50 \text{ чел.} < Q_{постр.} < 500 \text{ чел.}$ и $5 \text{ млн.} < A < 500 \text{ млн.}$

$$\min F_2 = \{ S_{чс} + z; Q_{постр.} + x; Q_{погибш.} + y; A + i; T_1 + T_2 \}, \quad (29)$$

при $Q_{постр.}, Q_{погибш.}, A = const.$

Задача принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления сводится к заданию значений управляемых характеристик $L_{лс}, L_{техн.}, L_{отв.}, L_{зсм.}, L_{фр.}$ (табл. 37).

На целевые функции F_1 и F_2 накладываются ограничения, определяющие, что значения управляемых характеристик не должны превышать объемы имеющихся ресурсов (30):

$$\{L_{лс}, L_{техн.}, L_{отв.}, L_{зсм.}, L_{фр.}\} \leq P. \quad (30)$$

Основной проблемой при принятии решения является также минимизация неопределенности или энтропии. У каждого начальника главного управления есть множество вариантов значения управляемых характеристик системы, среди которых необходимо выбрать оптимальные. Для чрезвычайной ситуации межрегионального характера количество вариантов возрастает втрое (в зависимости от количества субъектов, подвергшихся ЧС). В этом случае речь идет о комбинаторной энтропии. Количество вариантов в этом случае позволяет просчитать мультиномиальный коэффициент:

$$W = 3 * \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_n!} = 3 * \frac{N!}{\prod N_i}, \quad (31)$$

где i – число вариантов распределения сил и средств.

При этом $\frac{\log_2(W)}{N}$ – это значение одного варианта распределения сил и средств для одного начальника главного управления.

Эта величина называется комбинаторной энтропией и определяется выражением:

$$S_{comb} = \frac{\log_2(W)}{N} = \frac{1}{N} \log_2 \left(3 * \frac{N!}{\prod N_i} \right) = \frac{1}{N} \log_2 \left(3 * \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_n!} \right). \quad (32)$$

Используя свойства логарифмов значение комбинаторной энтропии можно представить в виде:

$$S_{comb} = \frac{1}{N} (\log_2 3 + (\log_2(N!) - \log_2(\sum N_i))). \quad (33)$$

В связи с тем, что в условиях принятия решения тремя начальниками главных управления количество расстановок сил и средств велико возможно воспользоваться формулой Стрилинга (34).

$$\ln N! = N \ln N - N + 0(\ln N) \approx N \ln N - N. \quad (34)$$

Применив формулу, получаем:

$$S_{comb} = \frac{1}{N} (\log_2 3 + (\log_2(N!) - \log_2(\sum N_i))) \approx \tag{35}$$

$$\approx k \frac{1}{N} (\log_2 3 + N \ln N - N - \sum (N_i \ln N_i) + \sum N_i),$$

где k – коэффициент перехода к натуральным логарифмам, т.к. $\sum N_i = N$, то

$$s \approx \log_2 3 * k \frac{1}{N} ((\sum N_i) \ln N - \sum (N_i \ln N_i)) = -\log_2 3 \left(\frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N} \right).$$

Поскольку общее количество вариантов распределения сил и средств N , а количество вариантов оптимального распределения сил и средств — N_i , то вероятность выбора оптимального состава сил и средств (36):

$$p_i = \frac{N_i}{N}. \tag{36}$$

Исходя из этого, формула для энтропии примет вид (37):

$$s = -\log_2 k \sum p_i \log_2 p_i, \tag{37}$$

где k – количество субъектов, затронутых ЧС

Полученная формула позволяет проследить логарифмическую зависимость между показателем уровня энтропии и количеством органов управления, участвующих в ликвидации ЧС.

Выводы по второй главе

1. Разработана модель анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС МЧС России, позволяющая выявить перечень задач этого должностного лица, подлежащих автоматизированному решению.

2. Разработана модель выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.

3. Для решения проблемных вопросов разработана система информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Предложена структура данной системы и осуществлена ее декомпозиция. Разработана онтологическая модель структуры специализированной базы данных и знаний антикризисного управления, позволяющая проанализировать принципы взаимосвязи базы данных и базы знаний и их структуру.

4. Разработана модель выбора рациональной модели представления знаний системы информационно-аналитической поддержки.

5. Предложена модель принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления.

3 АЛГОРИТМЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЦУКС МЧС РОССИИ

Моделирование процессов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России [85] стимулировало получение исходных данных для алгоритмизации и перехода к автоматизации этих процессов. Автоматизация позволит сократить время на переход к информационно-аналитической поддержке [86] и трудозатраты должностных лиц ЦУКС. Достижение целей информационно-аналитической поддержки может быть достигнуто путем разработки четырех алгоритмов (табл. 37):

Таблица 37 – Перечень алгоритмов информационно-аналитической поддержки

№ п/п	Наименование алгоритма	Цель разработки
1.	Алгоритм процесса информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России	Выявление проблемных вопросов информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России и способов их решения
2.	Алгоритм выбора рациональной модели представления знаний	Автоматизация процесса выбора рациональной модели представления знаний
3.	Алгоритм разработки системы информационно-аналитической поддержки	Разработка системы информационно-аналитической поддержки в целом
4.	Блок-схема алгоритма принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления	Расчет оптимального состава сил и средств, нахождение и минимизация энтропии

Алгоритмы являются элементами формального представления системы информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России и процесса сопровождения деятельности при информационно-аналитической поддержке. Применение алгоритмов разработчиками системы информационно-аналитической поддержки позволит понять сущность предлагаемой поддержки и в конечном итоге перейти к автоматизации рассматриваемого процесса.

Алгоритмы представлены в табличной форме (табл. 38-40), а также в виде блок-схем (рис. 40-43) [37,86].

Исходные данные для алгоритмов были получены в результате моделирования системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России [100], разработки модели анализа информационной потребности деятельности должностных лиц [95, 102], выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц и моделирования процессов принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления.

3.1 Алгоритм процесса информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

Алгоритм (рис. 40) позволяет представить формальным образом сущность процесса перехода к информационно-аналитической поддержке деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Он отражает основные этапы рассматриваемого процесса: выявление и анализ проблемных вопросов в области информационно-аналитической поддержки, анализ информационной потребности должностных лиц, выявление перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС, содержание разработки системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России и др. (рис. 39)

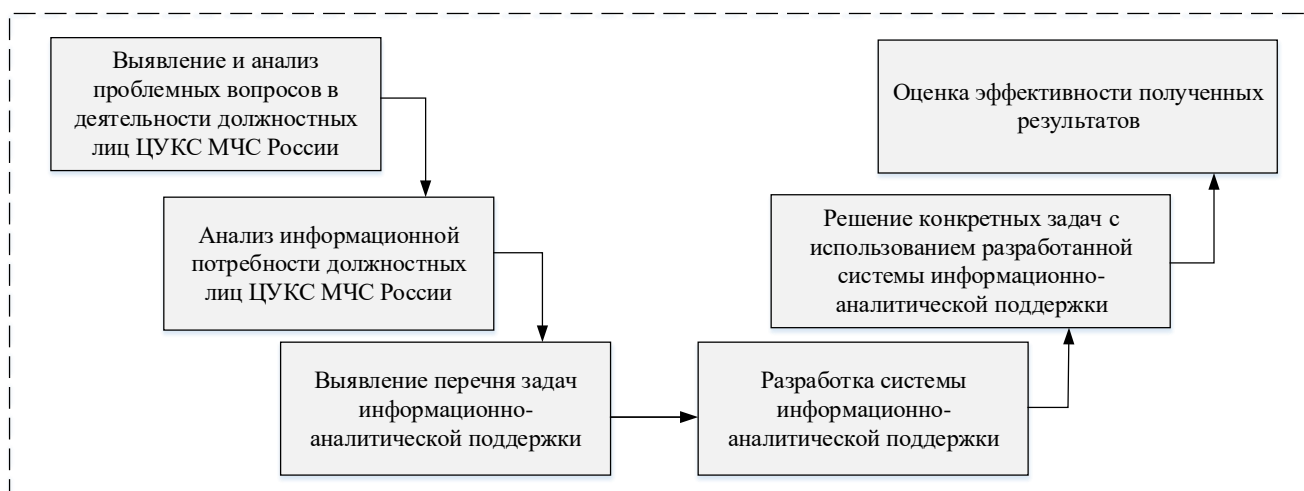


Рисунок 39 – Этапы перехода к информационно-аналитической поддержке

Таблица 38 – Формальное представление алгоритма процесса информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России

Функции	Задачи	Номер блока
Наименование алгоритма Алгоритм процесса информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России		
Назначение алгоритма Представление всех этапов процесса перехода к информационно-аналитической поддержке		
Формирование исходных данных	Данные о структуре, функциях, специфике работы, режимах функционирования и существующей документации ЦУКС	1
Анализ деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России	Выбор должностного лица для последующего анализа	2
	Выявление функций должностного лица	3
	Выявление задач должностного лица, соответствующих функциям	4
	Выявление документов, соответствующих задачам	5

	Установление свойств, присущих задачам для выявления показателей	6
	Определение показателей качества для выявления существующих и требуемых значений показателя	7
	Определение существующих значений показателя качества для сравнения с требуемыми значениями	8
	Определение требуемых значений показателя качества для выявления расхождений с существующим значением	9
Выявление и анализ проблемных вопросов	Сравнение существующих и требуемых значений показателей качества для выявления проблемных вопросов $Q_{\text{треб.}} < Q_{\text{фактич.}}$	10-12
	Анализ проблемы для прогнозирования возможных сценариев ее развития	13
	Анализ причин возникновения проблемы для определения возможности их устранения	14
	Анализ возможных последствий от существования проблемы для анализа рисков	15-17
Анализ информационно й потребности	Построение матричной модели для установление взаимосвязи между задачами и документами	18
	Установление взаимосвязи задач по документам для выявления повторяющейся информации	19
	Выявление перечня задач, решаемых автоматически для возможности установления среди них задач информационно-аналитической поддержки	21
Выявление задач информационно-аналитической поддержки	<p>Применение методики выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) анализ частных целей решения задач 2) оценка предпочтительности решения той или иной задачи средствами информационно-аналитической поддержки 3) построение матрицы бинарных предпочтений 4) определение цены каждой частной цели $C_{ij} = \sum_{i=1, j=1}^N C_{ij}$ <ol style="list-style-type: none"> 5) нормировка полученных значений для последующей количественной оценки весов целей $N = \sum_{n=1}^L C_n$ <ol style="list-style-type: none"> 6) расчет весов целей для оценки (позволяет провести количественную оценку предпочтительности решения той или иной задачи средствами информационно-аналитической поддержки) $V_n = \frac{C_n}{N}$	22
	Фиксация перечня задач информационно-аналитической поддержки	23
Разработка системы информационно	Выявление частных целей решения задач	25
	Разработка системы информационно-аналитической поддержки	26
	Выбор рациональных компонентов для системы сопровождения	27

-аналитической поддержки	процессов информационно-аналитической поддержки	
	Тестирование системы	29
Решение задачи с использованием разработанной системы	Формирование базы знаний под конкретную задачу	30
	Решение частных задач с использованием разработанной системы	31
Оценка эффективности полученных решений	Сравнение $Q_{\text{треб.}} > Q_{\text{фактич.}}$	33-34
	Вывод об эффективности решения задачи средствами информационно-аналитической поддержки	35

3.2 Алгоритм выбора рациональной модели представления знаний

Этот алгоритм (рис. 41) определяет для разработчика системы информационно-аналитической поддержки процедуры выбора рациональной модели представления знаний. Модели представления знаний необходимы для записи знаний в базу знаний и последующего формирования логического вывода при взаимодействии должностного лица ЦУКС МЧС России с системой информационно-аналитической поддержки. Они позволяют накапливать знания в базе знаний с учетом наименования, структуры и сущности задачи, подлежащей решению с использованием методов и средств информационно-аналитической поддержки.

Таблица 39 – Формальное представление алгоритма выбора рациональной модели представления знаний

Наименование алгоритма Алгоритм выбора рациональной модели представления знаний Назначение алгоритма Установление рациональной модели представления знаний для задач информационно-аналитической поддержки		
Формирование входных данных	Выявление классификационных признаков (P_i) и их частных значений (P_{ij}) и уровней компетентности экспертов R	1
Вычисление весов классификационных признаков a_i для вычисления интегрального признака	Вычисление веса признаков P_i	2
	Вычисление относительных оценок компетентности экспертов $R_{\text{отн.н}} = \frac{R_n}{R_\Sigma}$	3
	Построение матрицы весов целей	4
	Нахождение весов целей $W_i(P_i) = \sum_{b=1}^4 R_{\text{отн.н}} * P_i$	5
	Определение предпочтительности классификационных признаков	6

	Фиксация значений весов классификационных признаков a_i	7
Вычисление значений частных признаков k_{ij} для вычисления интегрального признака	Вычисление значений частных признаков	8
	Ранжирование признаков в зависимости от модели представления знаний (проводится в соответствии с методологией ранжирования критериев по их важности методом Перстоуна)	9
	Нахождение частот ($k \in [0;4]$) $f_{zy} = \frac{k}{s}$ для вычисления весов частных признаков J_{ij}	10
	Перебор значений k (количество экспертов, высказавшихся за предпочтительность того или иного признака в сравнении с другим признаком)	11-20
	Построение таблицы значения частот	21
	Переход от частот к шкальным оценкам $f_{zy} = \Phi(X_{zy})$ для вычисления весов частных признаков J_{ij}	22
	Пересчет значений $\Phi(X_{zy}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ ($\Phi(X_{zy})$ - есть интегральная функция Лапласа) [28]	23-32
	Построение таблицы шкальных оценок	33
	Вычисление весов частных признаков $J_{ij} = \frac{\Phi(\bar{X}_{ij})}{\sum_{i=1, j=1}^{P_i} \Phi(\bar{X}_{ij})}$, где $\bar{X}_{ij} = \frac{1}{n} \sum x_{ij}$ (x_{ij} – частные шкальные оценки по признаку P_{ij})	34
	Определение предпочтительности частных признаков для конкретных моделей представления знаний	35
Установление соответствия между $J_{ij}=k_{ij}$ Фиксация значений частных признаков (k_{ij})	36	
Поиск рациональной модели представления знаний	Вычисление значений интегрального признака $L_{S_n} = \sum_{i=1}^N a_i \sum_{j=1}^M k_{ij}$	37
	Вычисление пороговых значений для каждой модели представления знаний $L_{ln}, L_{lf}, L_{ll}, L_{lc}$	38-45
Формирование выходных данных	Рациональная модель представления знаний S_n	46

3.3 Алгоритм разработки системы информационно-аналитической поддержки

Алгоритм (рис. 42) включает этапы процесса разработки системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. В алгоритме учитываются этапы, связанные с морфологическим анализом разрабатываемой системы (табл. 29) [85,92].

Алгоритм позволит разработчику системы информационно-аналитической поддержки выбрать инструментальные компоненты для разрабатываемой системы. Разработка системы предусматривает взаимодействие разработчика с должностным лицом, задачи которого будут подлежать информационно-аналитической поддержке.

Таблица 40 – Формальное представление алгоритм разработки системы информационно-аналитической поддержки

Наименование алгоритма		
Алгоритм разработки системы информационно-аналитической поддержки		
Назначение алгоритма		
Установление основных этапов процесса разработки системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России		
Формирование исходных данных	Перечень исходных данных для разработки системы информационно-аналитической поддержки (структура, основные компоненты и функции системы)	1
Морфологический анализ разрабатываемой системы	Разработка морфологического ящика для представления всех вариантов организации разрабатываемой системы	3
Установление принципов формирования базы данных (по морфологическому ящику)	Выбор правила формирования базы данных	4
	Выбор применяемой модели данных	5
	Установление вида содержательного представления данных	6
	Выбор степени распределенности базы данных	7
Установление принципов формирования базы знаний (по морфологическому ящику)	Выбор рациональной поделки представления знаний $S_{пз}$	8
	Установление необходимых компонентов для выявленной модели представления знаний	9-23
	1) Для продукционной модели $S_{пз} = l_n$	9-13
	Формирование вопросов для экспертной системы $A_1 \dots A_n$	11
	Формирование вариантов логического вывода $h_1 \dots h_k$	12
	Формирование закономерностей и продукций $R_{l \dots m} = IF (A_1 = 1(0)) \text{ and (or) } \dots \text{ and (or) } (A_n = 1(0))$ $THEN h_1 \dots h_k$	13
2) Для фреймовой модели		14-17

	$S_{nz} = l_{\phi}$	
	Установление слотов $L_1 \dots L_r$	15
	Установление классификационных признаков $P_1 \dots P_i$	16
	Табличное представление знаний	17
	3) Для модели знаний в виде семантических сетей $S_{nz} = l_c$	18-21
	Выявление объектов	19
	Установление взаимосвязи между объектами	20
	Построение ориентированного графа	21
	4) Для логической модели представления знаний $S_{nz} = l_l$	22-23
	Выявление совокупности фактов и утверждений	23
Принципы формирования базы фактов и правил (по морфологическому ящику)	Выбор принципа формирования базы фактов и правил	24
	Выбор стратегии управления выводом	25
	Установление типа логического следования	26
	Выбор типа представления информации	27-29
Установление принципов формализации знаний	Формирование процессно-ориентированной карты знаний	30
	Разработка функциональной модели	31
	Выбор методологии функционального моделирования	32
Установление формы вывода	Звуковая поддержка	33-35
	Визуальное отображение	36-37
	Печатный документ	38-39
Установление принципов функционирования машины логического вывода	Анализ функционирования лексического, синтаксического, семантического и лингвистического процессора для конкретной задачи	40-41
Формирование выходных данных	Результатом реализации алгоритма является готовая система информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС, подлежащая внедрению в практическую деятельность	42

3.4 Алгоритм принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления

На основе полученной модели принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления построена блок-схема алгоритма принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления (рис. 43). Процессы в этой блок-схеме сводятся к нахождению оптимального распределения сил и средств по каждому субъекту, а также к минимизации неопределенности при принятии управленческих решений.

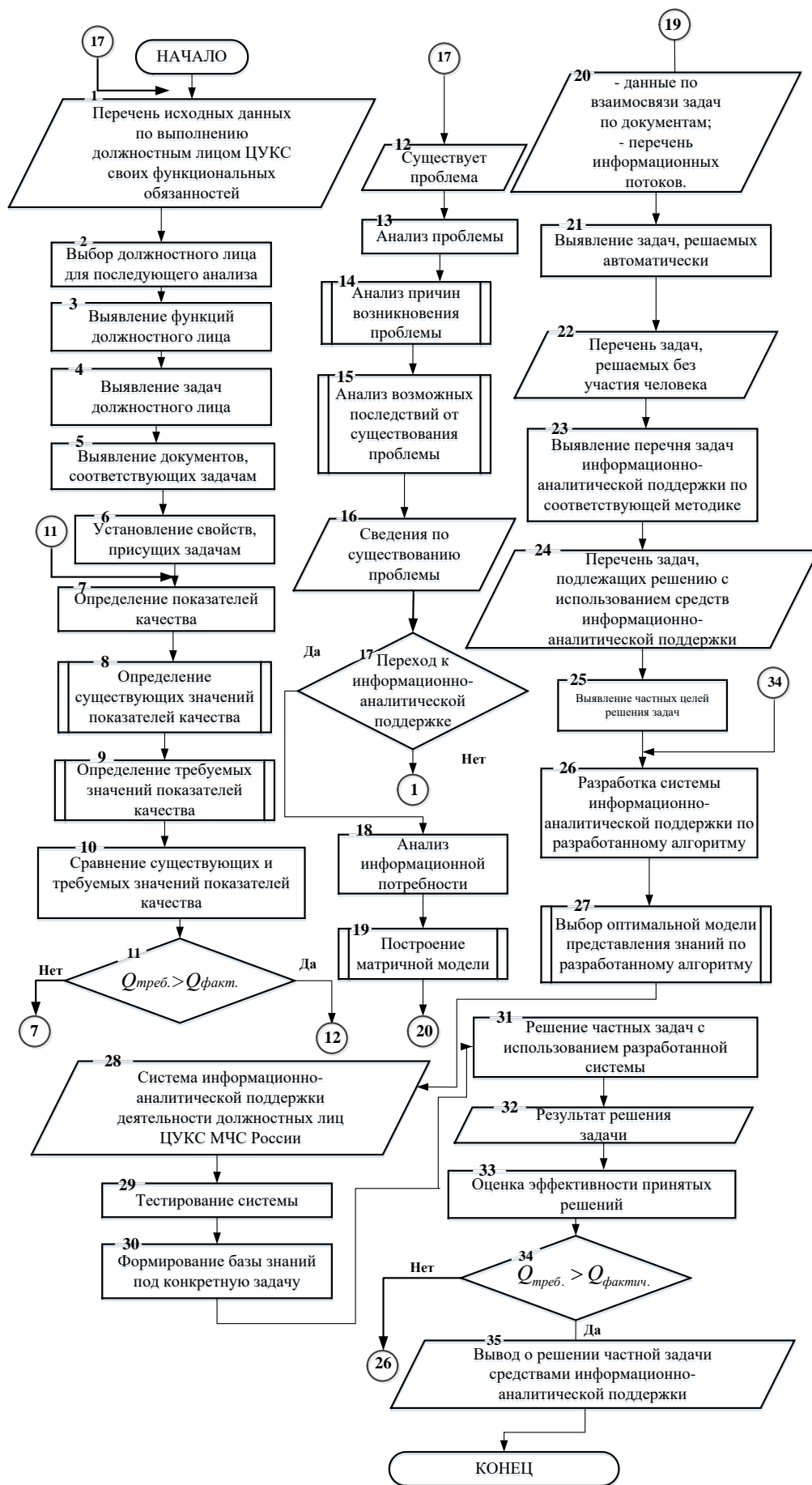


Рисунок 40 - Блок-схема алгоритма процесса информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России

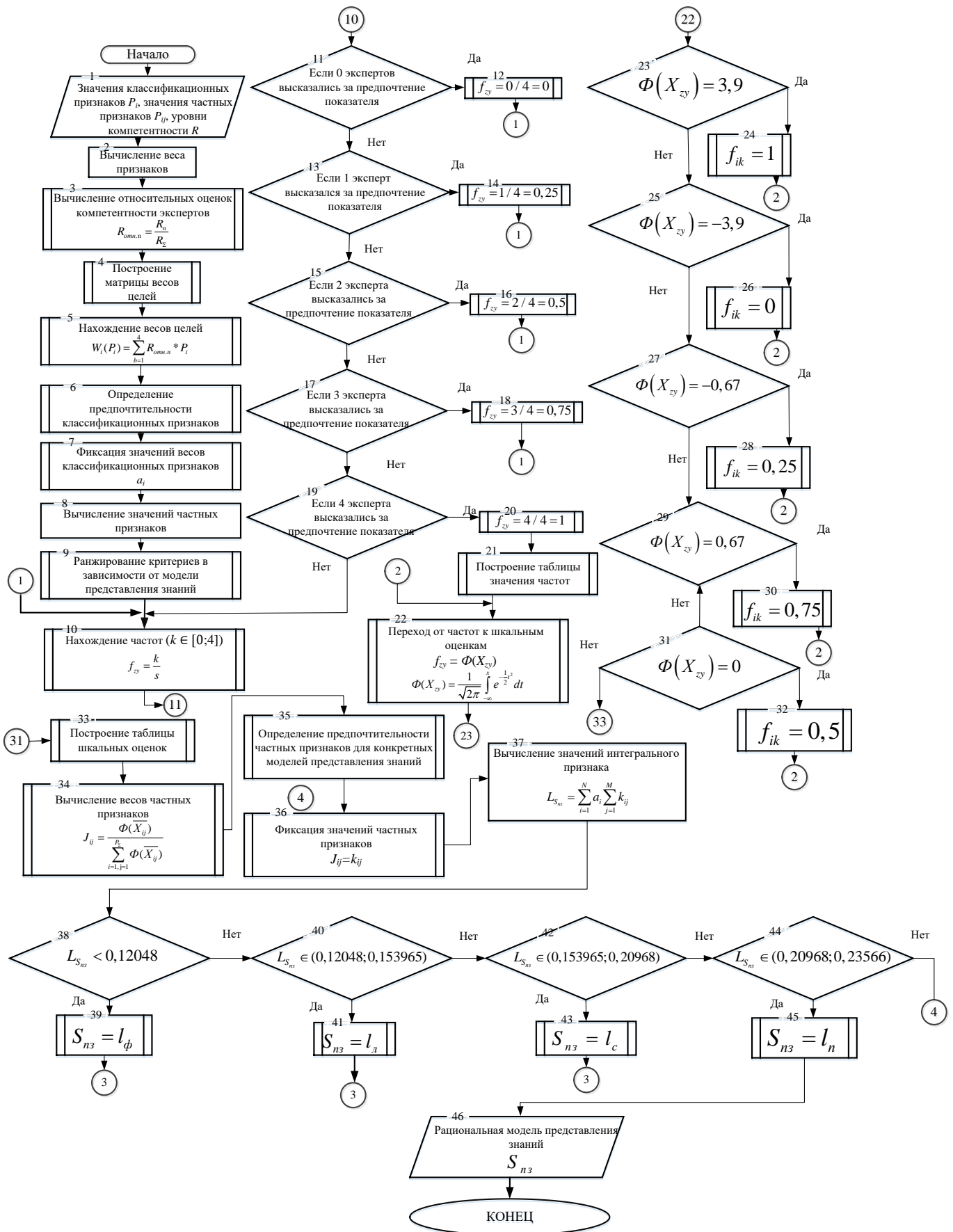


Рисунок 41 – Блок схема алгоритма процесса выбора рациональной модели представления знаний

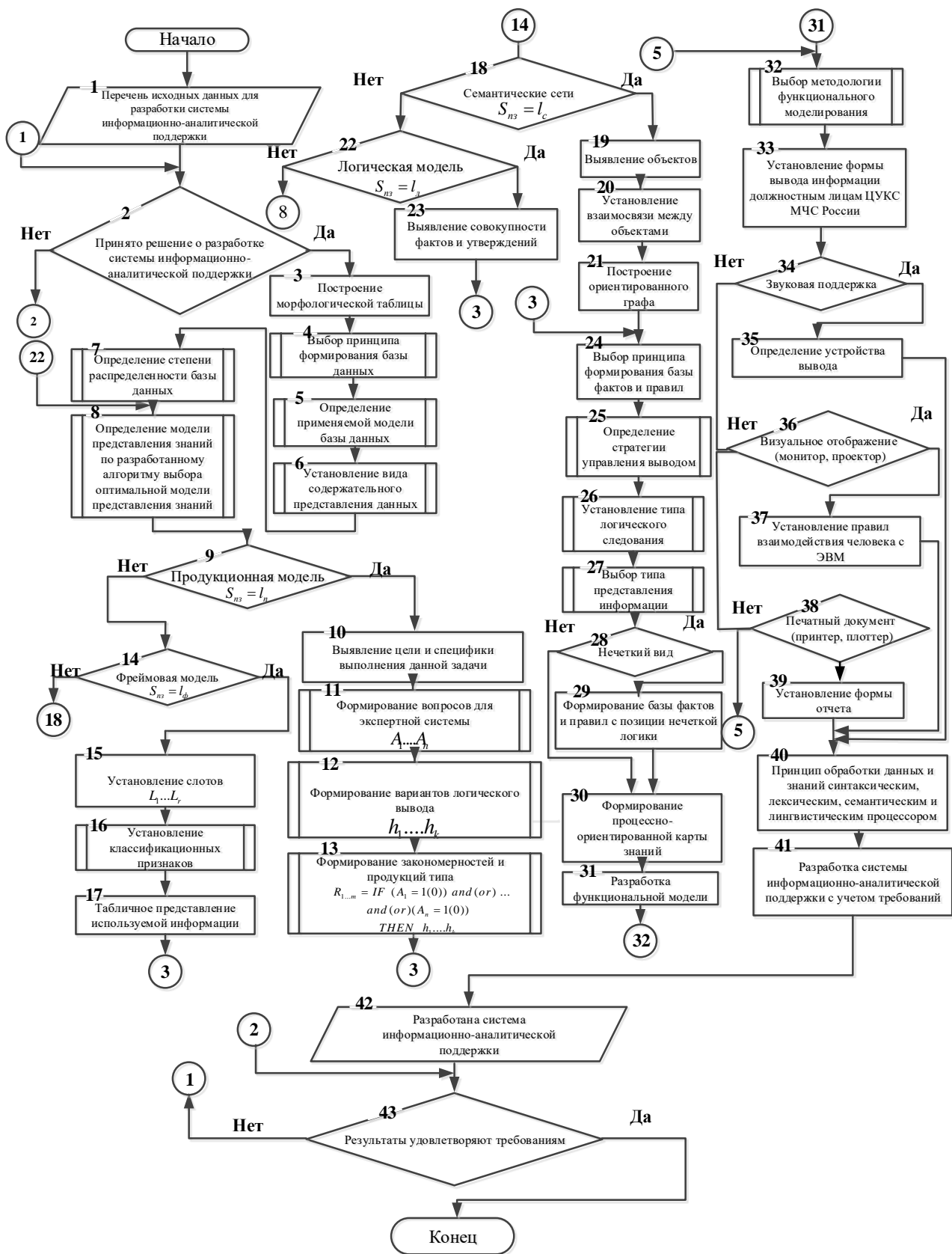


Рисунок 42 – Блок-схема алгоритма процесса разработки системы информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России

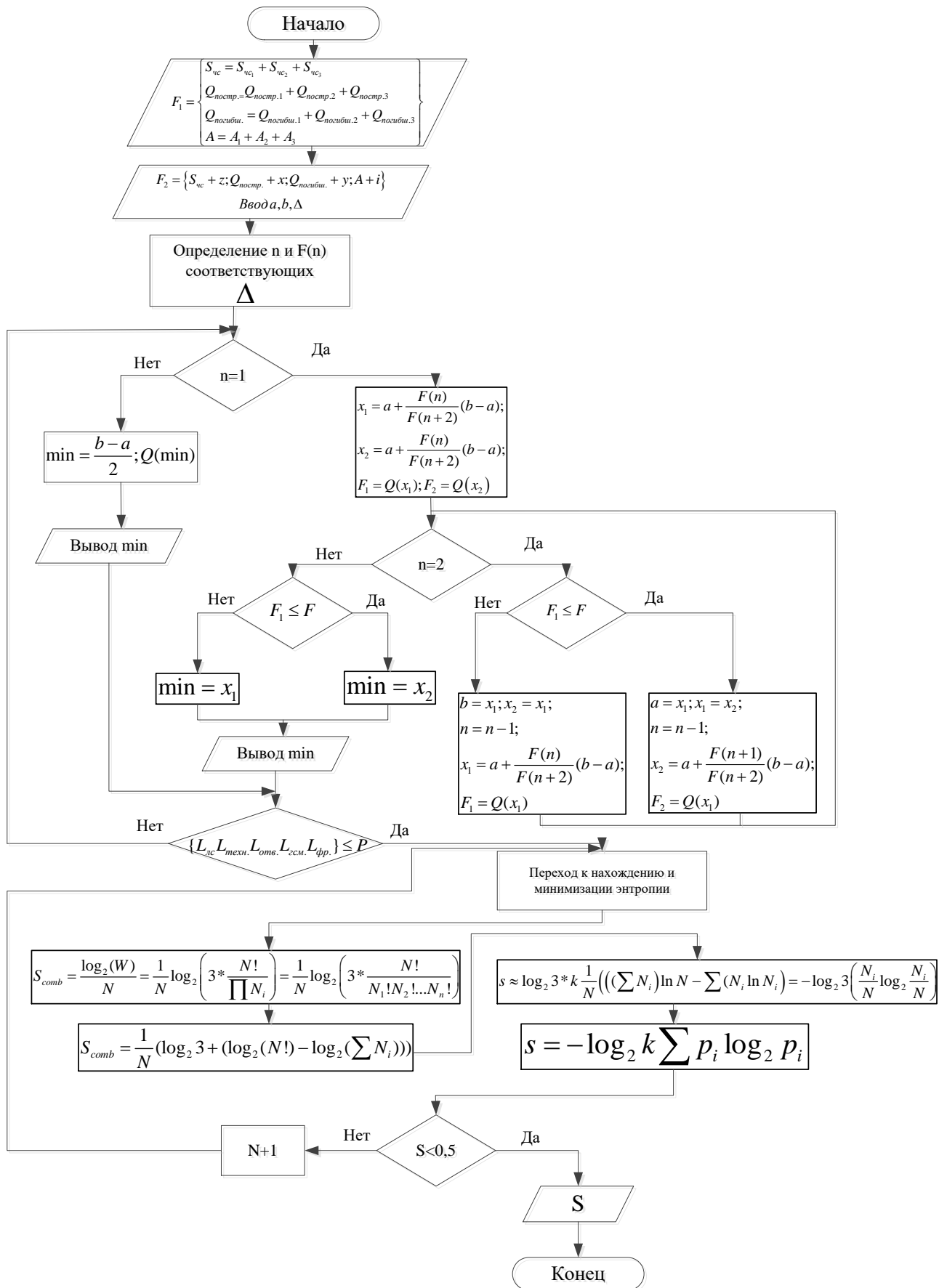


Рисунок 43 – Блок-схема алгоритма принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления

Разработанные алгоритмы имеют и достоинства, и недостатки. К достоинствам можно отнести то, что, несмотря на их большой объем, они обладают высокой функциональной производительностью и затрагивают всю совокупность подготовительных этапов по информационно-аналитической поддержке деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Основным же недостатком этих алгоритмов является их сложность, что может привести к увеличению временных затрат разработчика системы информационно-аналитической поддержки при их машинной реализации.

Алгоритмы служат исходными данными для последующей программной реализации процессов информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России.

Выводы по третьей главе

1. Разработан алгоритм процесса информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, позволяющий автоматизировать все этапы информационно-аналитической поддержки, начиная с выявления проблемных вопросов и заканчивая конкретными решениями и их оценкой.

2. Разработан алгоритм выбора рациональной модели представления знаний, позволяющий автоматизировать составляющие данного процесса, содержащие массивные расчеты.

3. Разработан алгоритм разработки системы информационно-аналитической поддержки, позволяющий достигнуть разработки системы информационно-аналитической поддержки в целом.

4. Разработана блок-схема алгоритма принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления, позволяющая автоматизировать расчет оптимального состава сил и средств, нахождение и минимизация энтропии.

5. Полученные алгоритмы позволили осуществить программную реализацию результатов диссертационного исследования.

4 РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЦУКС МЧС РОССИИ

4.1 Продукционная и нечеткая модель информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях

Подсистема продукционной модели.

Рассмотрим пример реализации частной цели решения задачи ЧЦ31 - оценка структуры и наполненности паспортов территории при помощи разработанной системы.

Частная задача соответствует задаче z_3 – контроль устранения выявленных недостатков по паспортам территории и решается должностным лицом АРМ-5 в режиме повседневной деятельности.

База знаний для решения задачи формируется преимущественно текстологическими методами получения знаний. Специфика решения задачи заключается в проверке паспортов территории и предполагает анализ структуры и состава данного документа. Паспорта территории разрабатываются в соответствии:

- приказом МЧС РФ от 4 ноября 2004 г. N 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта»;
- методическими рекомендациями по разработке паспортов территории;
- наставлением по службе ЦУКС;
- образцами типовых паспортов территории.

Синтаксический, семантический, лингвистический и лексический процессор позволят сформировать по заданной базе знаний вопросно-ответную систему. Данные процессоры позволят переводить знания с естественного языка на машинный и обратно.

Модуль формирования вопросов для экспертной системы

Формируются вопросы для последующей разработки продукционной модели знания (табл. 41). Данные вопросы будет выдавать экспертная система на экран пользователю, а пользователь будет на них отвечать. Система обрабатывает ответы пользователя и формирует продукционный вывод.

Таблица 41 – Предположительные вопросы, необходимые для оценки структуры и наполненности паспортов территории

№ п/п	Обозначение функции	Вопрос
1.	A_1	Разработан ли титульный лист?
2.	A_2	Соблюдены ли требования методических рекомендаций по разработке титульного листа?
3.	A_3	Проработан ли пункт "Общая характеристика опасного объекта"?
4.	A_4	Расставлены ли показатели критических значений опасных объектов?
5.	A_5	Проведен ли анализ сведений об опасных веществах на опасном объекте?
6.	A_6	Проработан ли пункт "Показатели степени риска чрезвычайных ситуаций"?
7.	A_7	Просчитаны ли показатели риска?
8.	A_8	Оценено ли возможное количество погибших?
9.	A_9	Проанализирован ли возможный объем ущерба?
10.	A_{10}	Проработан ли пункт "Характеристика аварийности и травматизма"?
11.	A_{11}	Проработан ли вопрос травматизма?
12.	A_{12}	Проработан ли вопрос аварийности?
13.	A_{13}	Проанализированы ли характеристики пожаров?
14.	A_{14}	Зафиксированы ли причины и последствия происшествий?
15.	A_{15}	Проработан ли пункт "Характеристика организационно-технических мероприятий, обеспечивающих безопасность объекта и готовность к ликвидации чрезвычайных ситуаций"?
16.	A_{16}	Заполнен ли пункт «Значения показателя»?
17.	A_{17}	Соответствует ли укомплектованность личного состава требуемым значениям
18.	A_{18}	Соответствует ли наличие объектов безопасности

На вопросы должностное лицо АРМ-5 должно будет ответить «Да» или «Нет». Вопросы служат исходными данными для разработки модели представления знаний.

Если должностное лицо отвечает «Да», то $A_i = 1$, если «Нет», то $A_i = 0$. На основе вопросов, разработанных в табл. 40 составляются производственные правила.

Модуль формирования вариантов логического вывода

В производственных моделях правила записываются в виде (30):

$$IF A_i \text{ and / or } A_n \text{ THEN } h_j, \quad (25)$$

где A называется антецедент (условие), а h – консеквент (следствие).

Принципиальной задачей является реализация перечня вариантов логического вывода, формируемого по совокупности значений функции A . Разработаны следующие варианты логического вывода (табл. 42). Следует учитывать, что данные правила и следствия разрабатываются в качестве реализации технологии информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС

МЧС России и не затрагивают абсолютно все нюансы и пункты разработки и проверки паспортов безопасности.

Таблица 42 – Варианты логических выводов

Значение консеквента	Консеквент (следствие)
h_1	Паспорт безопасности выполнен в соответствии с требованиями регламентирующих документов. Оценка за паспорт безопасности «отлично»
h_2	Паспорт безопасности имеет незначительные недостатки и нуждается в доработке. Существуют недостатки по оформлению титульного листа. Отсутствуют показатели критических значений опасных объектов. Оценка за паспорт безопасности «хорошо»
h_3	Паспорт безопасности имеет незначительные недостатки и нуждается в доработке. Существуют недостатки по оформлению титульного листа. Отсутствуют показатели критических значений опасных объектов. Отсутствует пункт «Общая характеристика опасного объекта». Оценка за паспорт безопасности «хорошо»
h_4	Паспорт безопасности имеет незначительные недостатки и нуждается в доработке. Существуют недостатки по оформлению титульного листа. Отсутствуют показатели критических значений опасных объектов. Не просчитаны показатели риска. Оценка за паспорт безопасности «хорошо»
h_5	Паспорт безопасности имеет существенные недостатки и нуждается в доработке. Существуют недостатки по оформлению титульного листа. Отсутствуют показатели критических значений опасных объектов. Не просчитаны показатели риска. Не проработан вопрос травматизма и аварийности. Оценка за паспорт безопасности «удовлетворительно»
h_6	Паспорт безопасности имеет существенные недостатки и нуждается в доработке. Существуют недостатки по оформлению титульного листа. Отсутствуют показатели критических значений опасных объектов. Не просчитаны показатели риска. Не проработан вопрос травматизма и аварийности. Не заполнен пункт «Значения показателя». Оценка за паспорт безопасности «удовлетворительно»
h_7	Паспорт безопасности имеет существенные недостатки и нуждается в доработке. Существуют недостатки по оформлению титульного листа. Отсутствуют показатели критических значений опасных объектов. Не просчитаны показатели риска. Не проработан вопрос травматизма и аварийности. Не заполнен пункт «Значения показателя». Не проработан пункт «Характеристика организационно-технических мероприятий, обеспечивающих безопасность объекта и готовность к ликвидации чрезвычайных ситуаций» Оценка за паспорт безопасности «удовлетворительно»
h_8	Паспорт безопасности имеет грубые недостатки и нуждается в доработке. Существуют недостатки по оформлению титульного листа. Отсутствуют показатели критических значений опасных объектов. Не просчитаны показатели риска. Не проработан вопрос травматизма и аварийности. Не заполнен пункт «Значения показателя». Не проработан пункт «Характеристика организационно-технических мероприятий, обеспечивающих безопасность объекта и готовность к ликвидации чрезвычайных ситуаций». Не оценено возможное количество погибших. Оценка за паспорт безопасности «неудовлетворительно»

Модуль формирования закономерностей и продукций

Итоговые продукционные правила представлены в табл. 43 и записаны в математической форме для последующей программной реализации экспертной системы.

Таблица 43 – Результирующие продукционные правила

Номер правила	Антецедент (условие)	Значение консеквента
R_1	$IF A_1 = 1 \text{ and } A_2 = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1$	h_1
R_2	$IF A_1 = 1 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 0 \text{ and } A_5 = 1 \dots \text{ and } A_{18}$	h_2
R_3	$IF A_1 = 1 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } A_8 = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1$	h_3
R_4	$IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 0 \text{ and } \dots \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } A_8 = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1$	h_4
R_5	$IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } \dots \text{ and } A_8 = 1 \text{ and } A_9 = 1 \text{ and } A_{10} = 1 \text{ and } A_{11} = 0 \text{ and } A_{12} = 0 \text{ and } A_{13} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18}$	h_5
R_6	$IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } \dots \text{ and } A_8 = 1 \text{ and } A_9 = 1 \text{ and } A_{10} = 1 \text{ and } A_{11} = 0 \text{ and } A_{12} = 0 \text{ and } A_{13} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{16} = 0 \dots \text{ and } A_{18} = 1$	h_6
R_7	$IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } \dots \text{ and } A_8 = 1 \text{ and } A_9 = 1 \text{ and } A_{10} = 1 \text{ and } A_{11} = 0 \text{ and } A_{12} = 0 \text{ and } A_{13} = 1 \text{ and } A_{14} = 1 \text{ and } A_{15} = 0 \text{ and } A_{16} = 0 \text{ and } A_{17} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1$	h_7
R_8	$IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } A_8 = 0 \text{ and } A_9 = 1 \text{ and } A_{10} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{11} = 0 \text{ and } A_{12} = 0 \text{ and } \dots \text{ and } A_{13} = 1 \text{ and } A_{14} = 1 \text{ and } A_{15} = 0 \text{ and } A_{16} = 0 \text{ and } A_{17} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1$	h_8

Логическая форма записи:

$$R_1 = IF A_1 = 1 \text{ and } A_2 = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1 \text{ THEN } h_1$$

$$R_2 = IF A_1 = 1 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 0 \text{ and } A_5 = 1 \dots \text{ and } A_{18} = 1 \text{ THEN } h_2$$

$$R_3 = IF A_1 = 1 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } \dots$$

$$\text{and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } A_8 = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1 \text{ THEN } h_3$$

$$R_4 = IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 0 \text{ and } \dots$$

$$\text{and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } A_8 = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1 \text{ THEN } h_4$$

$$R_5 = IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } \dots$$

$$\text{and } A_8 = 1 \text{ and } A_9 = 1 \text{ and } A_{10} = 1 \text{ and } A_{11} = 0 \text{ and } A_{12} = 0 \text{ and } A_{13} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1 \text{ THEN } h_5$$

$$R_6 = IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } \dots$$

$$\text{and } A_8 = 1 \text{ and } A_9 = 1 \text{ and } A_{10} = 1 \text{ and } A_{11} = 0 \text{ and } A_{12} = 0 \text{ and } A_{13} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{16} = 0 \dots \text{ and } A_{18} = 1 \text{ THEN } h_6$$

$$R_7 = IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } A_8 = 1 \text{ and } A_9 = 1 \text{ and } A_{10} = 1 \text{ and } \dots$$

$$\text{and } A_{11} = 0 \text{ and } A_{12} = 0 \text{ and } A_{13} = 1 \text{ and } A_{14} = 1 \text{ and } A_{15} = 0 \text{ and } A_{16} = 0 \text{ and } A_{17} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1 \text{ THEN } h_6$$

$$R_8 = IF A_1 = 0 \text{ and } A_2 = 0 \text{ and } A_3 = 1 \text{ and } A_4 = 1 \text{ and } A_5 = 1 \text{ and } A_6 = 1 \text{ and } A_7 = 0 \text{ and } A_8 = 0 \text{ and } A_9 = 1 \text{ and } A_{10} = 1 \text{ and } \dots$$

$$\text{and } A_{11} = 0 \text{ and } A_{12} = 0 \text{ and } A_{13} = 1 \text{ and } A_{14} = 1 \text{ and } A_{15} = 0 \text{ and } A_{16} = 0 \text{ and } A_{17} = 1 \text{ and } \dots \text{ and } A_{18} = 1 \text{ THEN } h_8$$

Таким образом, (18) на вход системы поступает множество входных данных в виде ответов должностного лица $X = \{A_1 \dots A_n\}$, а на выходе получаем множество

вариантов логических выводов по оценке структуры и наполненности паспорта территории $Y = \{h...h_j\}$. Множество моделей, реализующих функции информационно-аналитической поддержки имеют вид - $F = \{(P_{ij}); (S_{nz} = l_n); (R_1...R_k)\}$, где P_{ij} – множество частных признаков, присущих документу, $S_{nz} = l_n$ – выбор продукционной модели знаний и R – множество сформированных правил.

Подсистема построения функциональной модели

С помощью графического языка IDEF0 изучаемый процесс представляется разработчику системы информационно-аналитической поддержки в виде набора взаимосвязанных функций (функциональных блоков — в терминах IDEF0).

Разработанная функциональная модель информационно-аналитической поддержки при решении частной задачи ЧЦ₃₁ – оценка структуры и наполненности паспортов территории представлена на рис. 44.

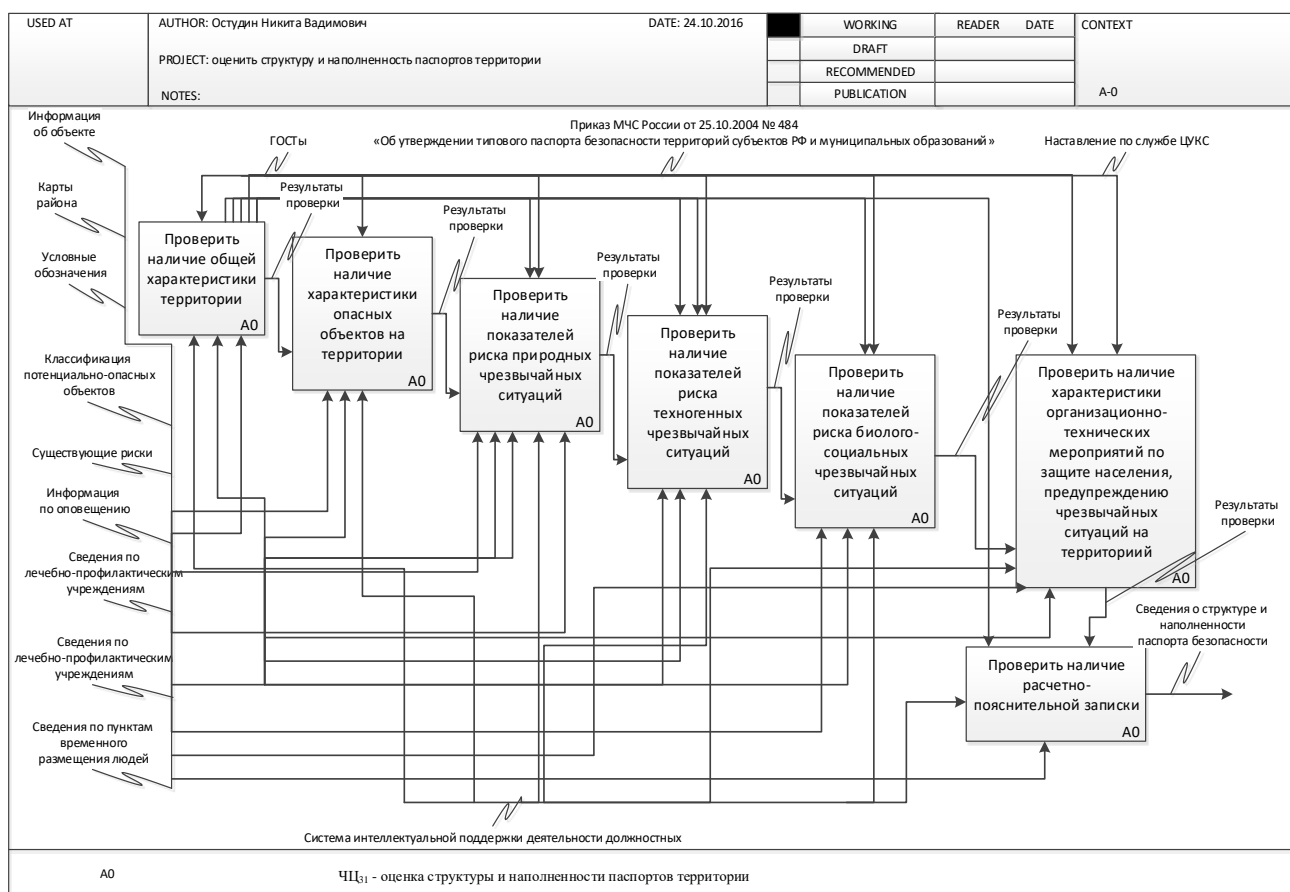


Рисунок 44 – Функциональная модель информационно-аналитической поддержки при решении задачи ЧЦ₃₁ – оценка структуры и наполненности паспортов территории

Однако, при решении задачи «оценка структуры и наполненности паспортов безопасности», возможности должностного лица АРМ-5 ограничены. Это связано с

тем, что на вопросы, выдаваемые экспертной системой (табл. 40), должностное лицо может ответить «да» и «нет» или «1» (истинно) и «0» (ложно) с позиции основ логики. Зачастую, этих ответов недостаточно для принятия решений по оценке структуры и наполненности паспортов безопасности. Бывают ситуации, когда пункт проработан не полностью, не точно, либо с незначительными ошибками. В таких ситуациях использование традиционной логики и продукционного четкого вывода могут привести к различным ошибкам при принятии решений. Проблема решается, используя аппарат нечеткой логики. Нечеткая логика является продолжением классической логики и теории множества и базируется на понятии нечеткого множества, предложенного в 1965 году [58]. Исследуемый объект при этом принадлежит множеству и принимает значения в интервале $[0,1]$. Для повышения эффективности принимаемых решений и точности проводимых оценок при решении задачи «оценка структуры и наполненности паспортов безопасности», предлагается введение трех лингвистических переменных: $y_{L1} = \{поверхностно\}$, $y_{L2} = \{частично\}$, $y_{L3} = \{достаточно\}$.

Лингвистическое терм-множество принимает вид:

$$Y_L = \{поверхностно, частично, достаточно\} = \{y_{L1}, y_{L2}, y_{L3}\}$$

При этом задается нечеткое множество:

$$A = \{\mu_A(x), x\}, \text{ где } \forall x \in X \text{ и } \mu_A(x) \in [0,1] - \text{функция принадлежности}$$

Функция принадлежности представляет степень принадлежности каждого члена пространства рассуждения к данному нечеткому множеству.

На рисунке 45 представлена шкала соответствия предлагаемых лингвистических переменных и соответствующих приблизительных количественных оценок, определяющих степень проработанности конкретного пункта в паспорте безопасности (табл. 41). В таблице 44 представлено соответствующее пояснение.

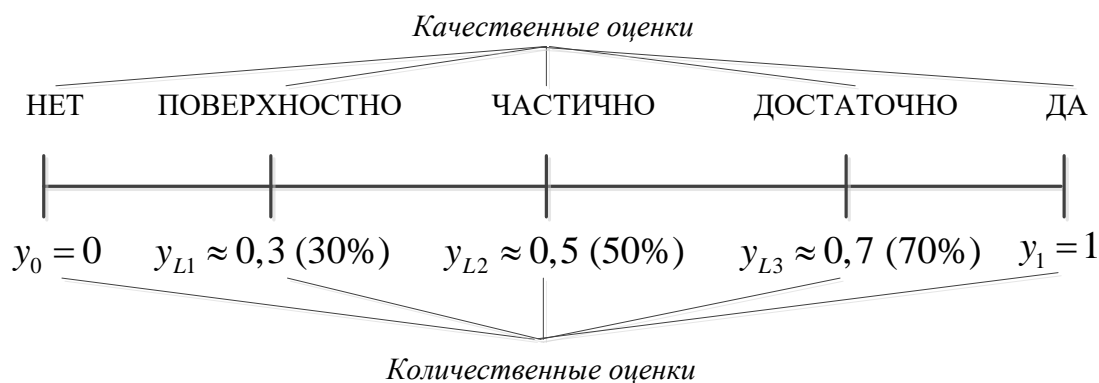


Рисунок 45 – Шкала соответствия лингвистических переменных и количественных оценок

Таблица 44 – Качественные и количественные значения переменных

Переменная	Количественная оценка	Пояснение
<i>Классическая логика (продукционный четкий вывод)</i>		
Да	1 (100%)	Пункт проработан полностью
Нет	0 (0%)	Пункт отсутствует
<i>Нечеткая логика (нечеткий вывод)</i>		
Поверхностно	$y_{L1} \approx 0,3$ (30%)	Пункт проработан в малой степени. Имеются значительные недостатки по оформлению и допущены грубые ошибки при совершении расчетов
Частично	$y_{L2} \approx 0,5$ (50%)	Пункт проработан наполовину. Ошибки в расчетах не несут за собой неблагоприятных последствий. Замечания по оформлению несущественные
Достаточно	$y_{L3} \approx 0,7$ (70%)	Пункт проработан полностью, но имеются незначительные недостатки по оформлению, либо допущены несущественные ошибки в расчетах

Разработку системы нечеткого вывода при решении должностным лицом АРМ-5 задачи «оценка структуры и наполненности паспортов безопасности» осуществлялась в среде fuzzyTECH [58].

Сформированы соответствующие входные переменные, характеризующие вопросы, выдаваемые экспертной системой (табл. 42), разработано четыре блока правил, позволяющих формировать нечеткий вывод, а также перечень выходных переменных, соответствующих выставляемой оценке за паспорт безопасности и выводами по доработке паспорта безопасности. Прототип системы нечеткого вывода в среде fuzzyTECH представлен на рис. 46.

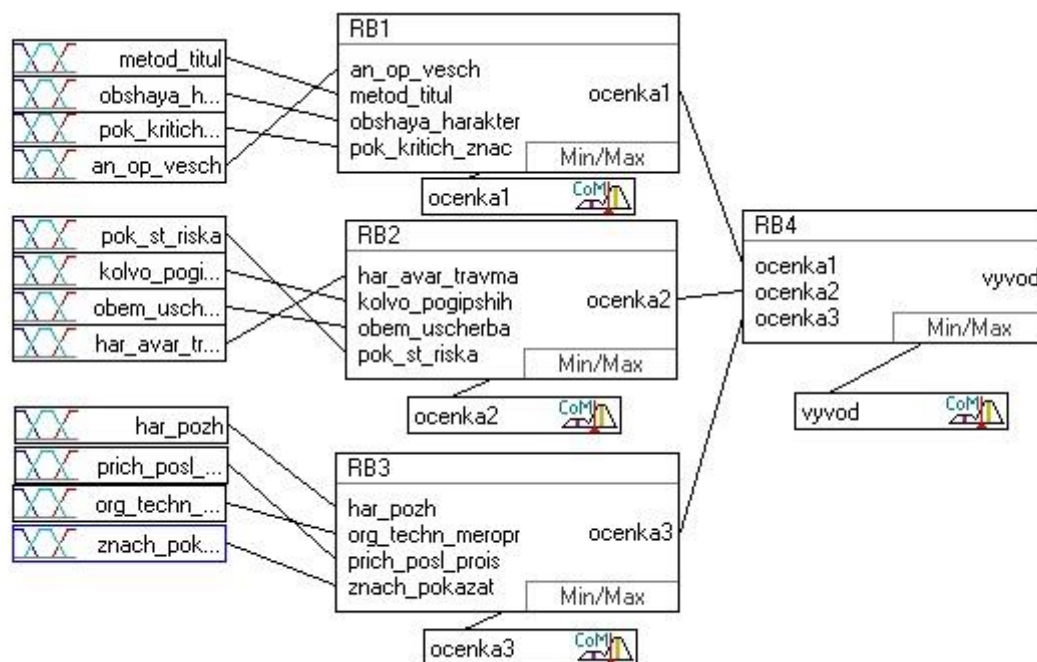


Рисунок 46 – Прототип системы нечеткого вывода при формировании выводов по структуре и наполненности паспорта безопасности в среде fuzzyTECH

Построены функции принадлежности для лингвистических переменных «поверхностно», «частично» и «достаточно» (рис. 47). А для формирования выводов предложены лингвистические переменные «удовлетворительно», «хорошо», «отлично», соответствующие оценке за паспорт безопасности, и переменные «нуждается в значительной доработке», «доработка на усмотрение проверяющего», «нуждается в незначительной доработке» для формирования рекомендаций по доработке паспорта территории.

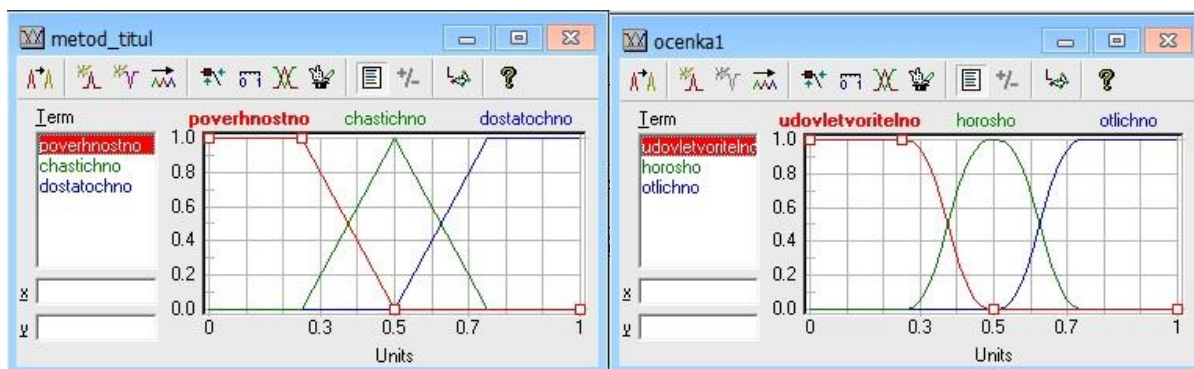


Рисунок 47 – Функции принадлежности для входных и выходных переменных

При помощи табличного редактора блока правил определена база правил для разрабатываемой системы нечеткого вывода, соответствующая выходным переменным «оценка» и «вывод».

Для анализа результатов нечеткого вывода при различных значениях входных переменных, а также для установления адекватности разработанной нечеткой модели проводится интерактивная отладка, результатом которой будет поверхность нечеткого вывода на плоскости и трехмерная поверхность нечеткого вывода (рис.48).

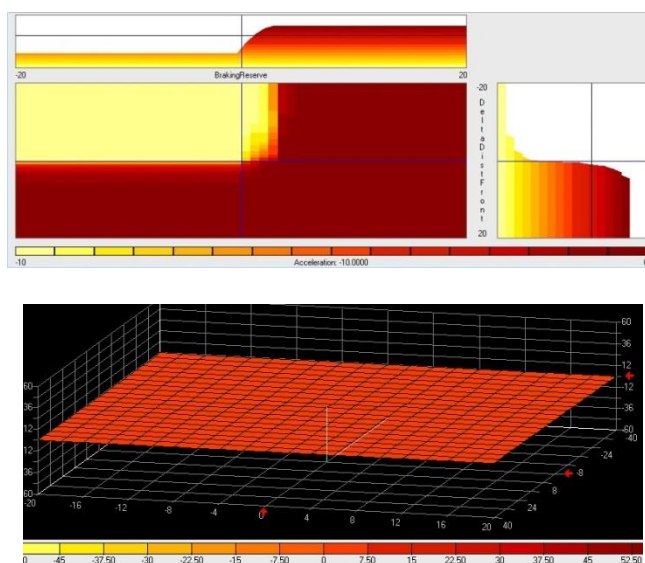


Рисунок 48 – Вид поверхности нечеткого вывода на плоскости и трехмерной поверхности

Для определения значений функций принадлежности используются методы экспертного опроса, используя при этом экспертную группу, предложенную в модели выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки. Формирование логического вывода осуществляется при помощи алгоритма Мамдани [58]. Этот метод формирования нечеткого вывода распространен в нечеткой логике и апробирован на десятках работ, поэтому его точность и адекватность не вызывает сомнений.

Задачу «оценка структуры и наполненности паспортов безопасности» АРМ-5 решает в режиме повседневной деятельности, когда на должностное лицо не оказывается сильных внешних воздействий со стороны различных факторов. Но в режиме ЧС степень ответственности за принятые решения возрастает, поэтому особенно актуальным это становится, когда информация о ЧС размыта и нечетка, но решение надо принимать обоснованно и своевременно.

Рассмотрим ситуацию, когда поступает сигнал о ЧС, в котором количество пострадавших примерно 20 человек. Принятие решений по реагированию на ЧС затруднено, поскольку это может означать, что пострадавших и 17, и 19, и 22 и т.д. Ситуация может осложняться, если через время поступает сигнал о том, что количество пострадавших выросло примерно вдвое. Это означает, что пострадавших уже в диапазоне от 25 до 70. Принятие решений в этой ситуации на основе классической логики практически невозможно. Поэтому моделирование соответствующей ситуации необходимо осуществлять, используя аппарат нечеткой логики. В данной ситуации идет речь о нечеткой арифметике и непосредственно умножении нечетких чисел.

Постановка задачи: Пусть $A_1(x_1)$ и $A_2(x_2)$ – нечеткие числа, характеризующие поступление информации о количестве пострадавших. Их произведение ($A_1 * A_2$) можно найти, применяя принцип обобщения в форме:

$$(A_1 \cdot A_2)(y) = \bigvee_{y=x_1 \cdot x_2} [A_1(x_1) \wedge A_2(x_2)], \text{ где } \forall x_1, x_2, y \in R \quad (26)$$

Произведение нечетких чисел в данной ситуации сводится к нахождению соответствующей функции принадлежности по формуле (27):

$$\mu_{A_1 A_2}(y) = \bigvee_{y=x_1 \cdot x_2} [\mu_{A_1}(x_1) \wedge \mu_{A_2}(x_2)], \text{ где } \forall x_1, x_2, y \in R \quad (27)$$

где \bigvee - оператор объединения множеств, \wedge - оператор пересечения множеств

Значения функций принадлежности можно получать методами экспертного опроса, используя экспертную группу, представленную в модели выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Тестовые значения функций принадлежности $\mu_{A_1}(x_1)$ и $\mu_{A_2}(x_2)$ представлены в табл. 45 и табл. 46. Графическое отображение функций принадлежности представлены на рис. 49.

Таблица 45 – Нечеткое число $A_1 = \langle \text{«примерно 20»}$

$\mu_{A_1}(x_1)$	0	0,33	0,66	1	0,5	0
x_1	17	18	19	20	21	22

Таблица 46 – Нечеткое число $A_2 = \langle \text{«примерно 2»}$

$\mu_{A_2}(x_2)$	0	0,33	0,66	1	0,5	0
x_2	0,5	1	1,5	2	3	4

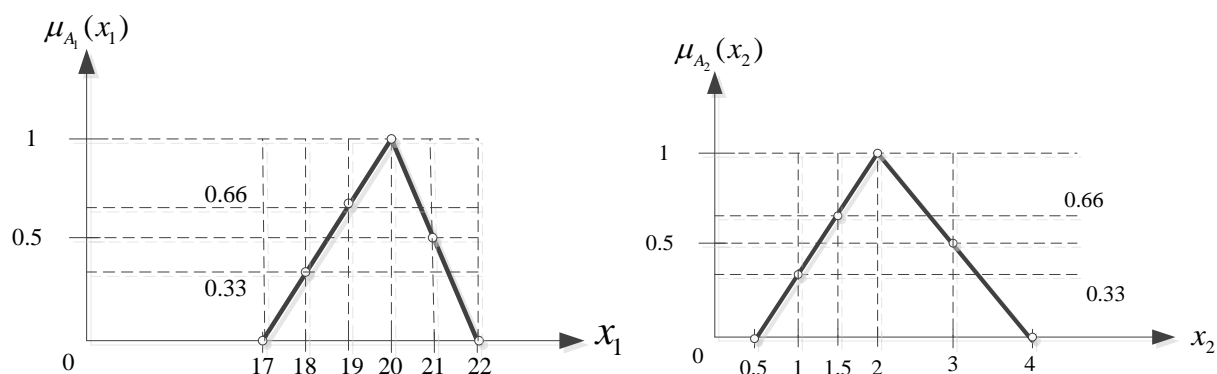


Рисунок 49 – Функции принадлежности для нечетких чисел «примерно 20» и «примерно 2»

Процедура умножения представлена на рис. 50. Результатом произведения нечетких чисел «примерно 20» и «примерно 2» явилось нечеткое число «примерно 40», функция принадлежности которого представлена на рис. 51.

Необходимо установить, как будет формироваться логический вывод. Для формирования логического вывода возможно воспользоваться алгоритмом Мамдами [58]. Для этого можно построить соответствующую модель базы фактов и правил системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, основанную на нечетком моделировании сложных систем, представленную в [109], однако, это выходит за рамки данного диссертационного исследования.

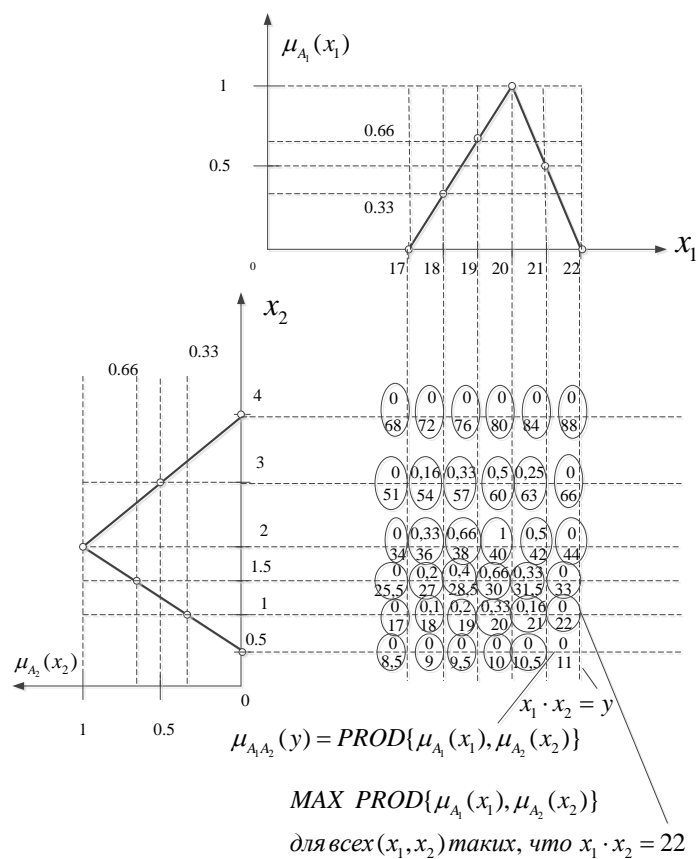


Рисунок 50 – Результаты нахождения функции принадлежности нечеткого числа (A1* A2) на основе принципа обобщения

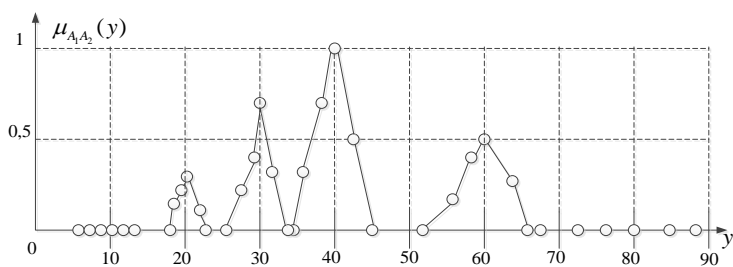


Рисунок 51 – Функция принадлежности нечеткого числа «примерно 40»

4.2 Программная реализация системы информационно-аналитической поддержки

Для программной реализации системы информационно-аналитической поддержки были выбраны реальные задачи (табл. 47), решаемые должностными лицами ЦУКС МЧС России в ходе осуществления своей профессиональных действий по предназначению. Предлагается информационно-аналитической поддержка двух видов:

- в виде консультации;
- в виде готовых документов.

Таблица 47 – Постановка задачи программной реализации системы информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС МЧС России

№ п/п	Задача	Должностное лицо	Вид информационно-аналитической поддержки
1.	Определение последствий происшествия природного и техногенного характера	Старший оперативный дежурный (АРМ-1)	Консультация
2.	Оценка структуры и наполненности паспортов территории	Специалист по анализу и подготовке оперативных данных, по паспортам территорий (АРМ-5)	Готовые документы

Проведена программная реализация процессов, связанных с проектированием и разработкой системы информационно-аналитической поддержки (рис. 52). Реализация осуществлялась при помощи языка программирования С#, логического языка Prolog и системы управления базами данных (СУБД) MySQL.

Осуществлена программная реализация следующих результатов диссертационного исследования:

- 1) модель выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России;
- 2) модель анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС МЧС России;
- 3) модель выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России;
- 4) модель выбора рациональной модели представления знаний.

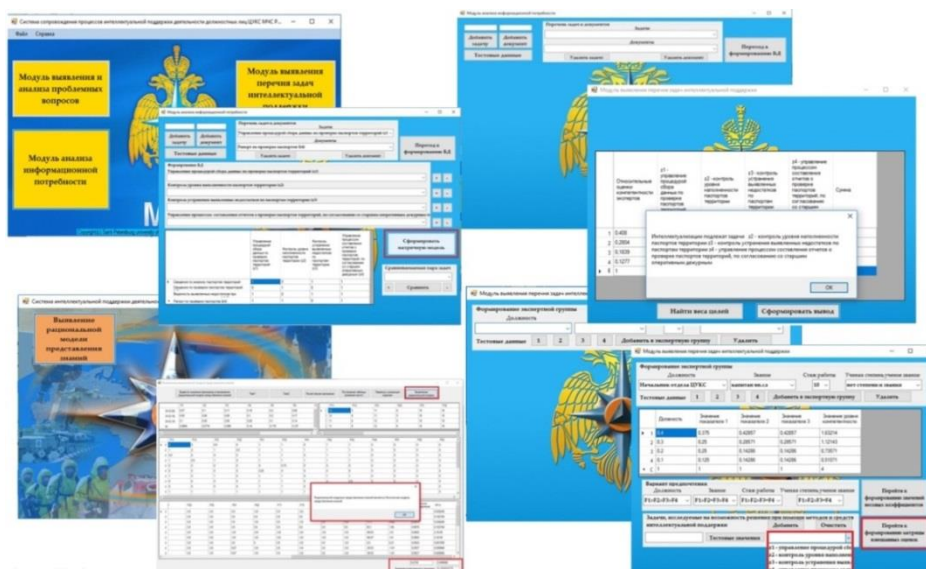


Рисунок 52 – Программная реализация

Результаты визуальных отображений разработанных систем представлены в Приложении А. Результаты математического моделирования деятельности должностных лиц ЦУКС при функционировании системы информационно-аналитической поддержки представлены в Приложении Г.

Вывод: весь этап проектирования стадии жизненного цикла системы информационно-аналитической поддержки (рис. 6) полностью автоматизирован, и переход к информационно-аналитической поддержке не понесет дополнительной нагрузки для должностных лиц ЦУКС МЧС России.

4.3 Экономический эффект

Оценивая экономическую целесообразность предлагаемой системы, необходимо отметить, что приоритетным направлением развития системы управления МЧС России является рационализация затрачиваемых ресурсов, при этом важным вопросом остаётся сохранение эффективности функционирования органов повседневного управления РСЧС при организационно-штатных мероприятиях. Задачи, решаемые должностными лицами, переносятся на оставшихся сотрудников, что может негативно сказываться на эффективности выполнения своих функциональных обязанностей. Средства информационно-аналитической поддержки смогут компенсировать существующие потери за счет возложения высвободившихся задач на автоматизированные системы, при том, что затраты на разработку и внедрение средств информационно-аналитической поддержки будут минимальны (табл. 48). Особенно это становится актуальным, когда снижение эффективности функционирования органов управления МЧС России касается тех чрезвычайных ситуаций, в которых затронуты жизнь и здоровье граждан.

Если сравнивать получившуюся сумму с приблизительными затратами Министерства на содержание одного сотрудника в год получается, что на разработку и внедрение системы информационно-аналитической поддержки необходимо затратить в два раза меньше денежных средств. При этом система информационно-аналитической поддержки может создаваться на несколько лет и выполнять задачи нескольких сотрудников.

Таблица 48 – Возможные расходы на разработку и внедрение системы информационно-аналитической поддержки

№ п/п	Расходы	Сумма
<i>Закупка лицензионного программного обеспечения</i>		
1.	Microsoft Visual Studio	≈ 28 779,11 Р
2.	Microsoft Visual Prolog	≈ 16 889, 00 Р
3.	СУБД MySQL	≈ 134 481,77 Р
Итого:		≈ 180 149,77 Р
<i>Обучение персонала</i>		
4.	Основы объектно-ориентированного программирования	≈ 42 000 Р
5.	Программирование на С#	≈ 47 000 Р
6.	Программирование на Prolog	≈ 24 500 Р
7.	Основы разработки баз данных на MySQL	≈ 36 000 Р
Итого:		≈ 149 500 Р
Всего:		≈ 329 649,77 Р

Допустим в ЦУКС МЧС России любого уровня по состоянию на январь месяца работают 20 человек. В мае месяце в связи с оргштатными мероприятиями в ЦУКС остается 18 человек. Руководство ЦУКС принимает решение к июлю месяцу воспользоваться методами и средствами информационно-аналитической поддержки для решения высвободившихся задач. Затраты при этом возрастают незначительно (рис. 53). После следующих оргштатных мероприятий в августе месяце затраты компенсируются, при этом эффективность функционирования системы ЦУКС поддерживается на уровне требуемого значения.

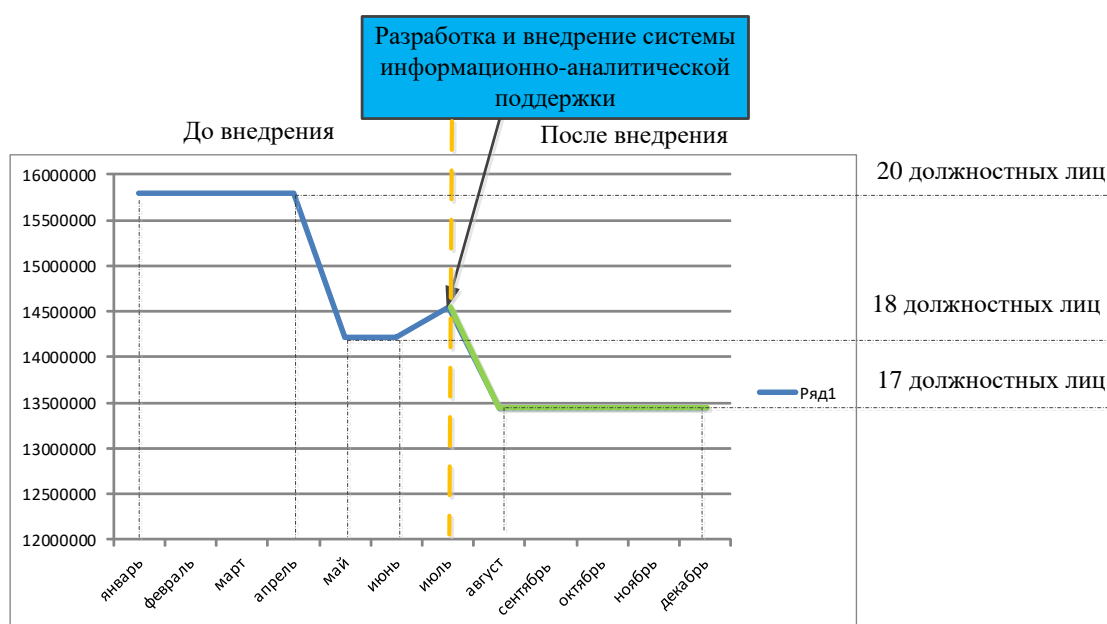


Рисунок 53 – Оценка влияния затрат по разработке и внедрению системы информационно-аналитической поддержки на общие затраты ЦУКС МЧС России

Если же взять в целом затраты Министерства на функционирование одного органа ЦУКС любого уровня, то основными статьями расходов будут:

- 1) обеспечение должностных лиц ЦУКС МЧС России (денежное, вещевое, социальное и др.);
- 2) горюче-смазочные материалы;
- 3) закупка лицензионного программного обеспечения;
- 4) обеспечение видеоконференцсвязи;
- 5) обучение персонала ЦУКС;
- 6) коммунальные услуги.

Анализируя самую масштабную статью расходов - обеспечение должностных лиц ЦУКС МЧС России, был проведен анализ денежного довольствия сотрудников ФКУ «ЦУКС Северо-Западного регионального центра» за месяц.

Рассчитанные затраты на разработку и внедрение систем информационно-аналитической поддержки (табл. 48) составляют примерно 2,5% от полученного результата. Таким образом, доля вложений на внедрение предлагаемых результатов чрезвычайно мала (рис. 54). А в случае, если процесс сокращения личного состава МЧС России и конкретно ЦУКС МЧС России все же прекратиться, то, затрачивая средства на разработку и внедрение средств информационно-аналитической поддержки, Министерство не понесет больших убытков, но при этом выиграет в эффективности.



Рисунок 54 – Основные затраты ЦУКС МЧС России

4.4 Оценка полученных результатов

Выводы: применение разработанных методик моделей, алгоритмов и программ позволило достигнуть следующих результатов:

1. Свойство своевременность. Наблюдается снижение среднего значения показателя «время выполнения документа» (табл. 49) на 3,3 мин. (или на 20 %) в отличие от результатов, полученных в ходе применения методики выявления и анализа проблемных вопросов (табл. 8). В результате чего расхождение между существующим и требуемым значением показателя качества ликвидируется.

Таблица 49 – Анализ свойства «своевременность»

День проверки	До внедрения разработанной системы	После внедрения разработанной системы	Требуемое значение
1	17	14	15
2	18	15	15
3	19	16	15
4	16	14	15
5	15	13	15
6	14	11	15
7	16	12	15
8	15	10	15
9	17	11	15
10	16	14	15
Среднее значение	16,3	13	15
Снижение на %	20	Снижение на мин.	3,3

2. Свойство производительность. Наблюдается повышение среднего значения показателя «количество отработанных документов за единицу времени» (табл. 50) на 2 документа (или на 33,3%) в отличие от результатов, полученных в ходе применения методики выявления и анализа проблемных вопросов (табл. 9). В результате чего расхождение между существующим и требуемым значением показателя качества ликвидируется.

Таблица 50 – Анализ свойства «производительность»

День проверки	До внедрения разработанной системы	После внедрения разработанной системы	Требуемое значение
1	8	7	8
2	9	8	8
3	7	8	8
4	6	8	8
5	5	8	8
6	4	7	8
7	3	9	8
8	5	9	8

9	7	8	8
10	6	8	8
Среднее значение	6	8	8
Увеличение на %	33,3	Увеличение на док.	2

Сравнивая полученные данные (рис. 55) с результатами применения модели выявления и анализа проблемных вопросов (рис. 14), сделан вывод о том, что результаты способствовали повышению эффективности системы ЦУКС по свойствам, рассмотренным выше. Они имеют практическую значимость для органов повседневного управления РСЧС и внедрены в деятельность ЦУКС Северо-Западного Регионального центра МЧС России, Главного управления МЧС России по Псковской области, образовательный процесс Академии ГПС МЧС России и научную деятельность Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Это подтверждается соответствующими актами (Приложение Е).

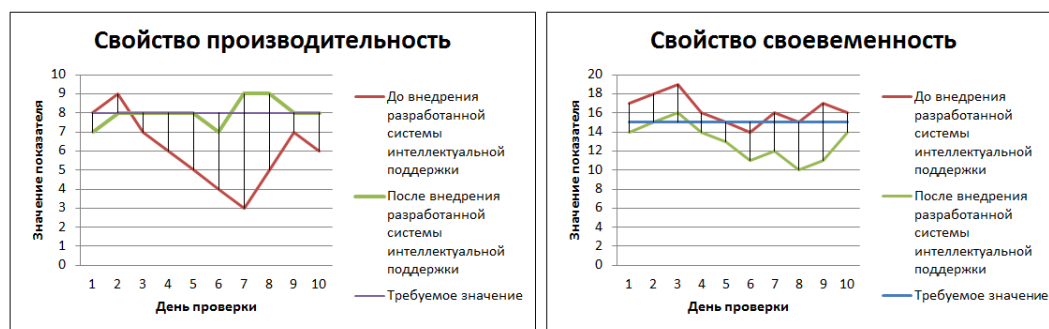


Рисунок 55 – Результаты внедрения полученных результатов в практическую деятельность сотрудников ЦУКС МЧС России

Проверки осуществлялись на основе практической работы должностного лица АРМ-5 ЦУКС, соответствующего органу повседневного управления на межрегиональном уровне.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что цель диссертационного исследования достигнута, все поставленные задачи выполнены, проблемные вопросы решены.

Повышение оперативности принимаемых решений и производительности обрабатываемой документации обосновывается путем анализа соответствующих показателей (табл. 49, табл. 50). Снижение уровня рутинности достигается путем возложения части задач, решаемых должностными лицами ЦУКС МЧС России на автоматизированные системы и систему информационно-аналитической поддержки. Этому способствуют разработанные модели анализа информационной потребности и выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки.

Обоснованность принимаемых решений повышается за счет использования при функционировании системы информационно-аналитической поддержки соответствующей базы знаний, использующей знания экспертов в области управления кризисными ситуациями. Это позволяет снизить уровень энтропии, а как следствие повысить обоснованность принимаемых решений.

Выводы по четвертой главе

1. Разработана продукционная и нечеткая модель информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС.

2. Предложена программная реализация разработанных моделей и алгоритмов. Решены две частные задачи при помощи разработанной системы информационно-аналитической поддержки и реализовано два варианта информационно-аналитической поддержки.

4. Осуществлена программная реализация модели выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, модели анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС МЧС России, осуществлена программная реализация модели выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России и модели выбора рациональной модели представления знаний.

4. При программной реализации использовался объектно-ориентированный язык программирования C#, логический язык программирования Prolog и система управления базами данных MySQL.

5. Обоснована экономическая целесообразность разработки и внедрения системы информационно-аналитической поддержки в практическую деятельность должностных лиц ЦУКС МЧС России, по результатам которого был сделан вывод о том, что затраты на проектирование и внедрение средств информационно-аналитической поддержки будут минимальными.

6. По результатам оценки применения результатов диссертационного исследования сделаны выводы об оптимизации показателей эффективности выполнения должностными лицами ЦУКС своих функциональных обязанностей. По свойству производительность наблюдается повышение среднего значения показателя «количество отработанных документов за единицу времени» (табл.56) на 2 док. (или на 33,3%). По свойству своевременность наблюдается снижение среднего значения показателя «время выполнения документа» (табл.55) на 3,3 мин. (или на 20 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными научными результатами диссертационного исследования являются модели и алгоритмы информационно-аналитической поддержки антикризисного управления, а также программная реализация соответствующих результатов. По итогам диссертации получены следующие результаты:

1. В соответствии с методологией системного анализа проведен анализ предметной области, сформированы цели диссертационного исследования, проанализированы имеющиеся работы по теме исследования. Анализ показал, что негативное влияние на систему оказывают структурные изменения в существующей системе управления МЧС России, связанные с ликвидацией межрегионального звена управления МЧС России.

2. Для отражения всех элементов диссертационного исследования представлена формализованная модель системы повседневного управления МЧС России с применением средств информационно-аналитической поддержки.

3. С целью выявления проблематики диссертационного исследования и научного обоснования существования проблемы предложена модель выявления и анализа проблемных вопросов, результатом применения которой явились соответствующие проблемы в исследуемой системе, характеризующиеся расхождением между требуемыми и существующими значениями показателей качества «оперативность» (расхождение на 8%), «производительность» (расхождение на 25%). Анализ осуществлялся на примере должностного лица АРМ-5 (специалист по анализу и подготовке оперативных данных, по паспортам территорий) ОДС ЦУКС.

4. Проанализирована существующая система повседневного управления. На основе анализа и синтеза подсистем разработана модель совершенствования системы ЦУКС, предполагающая в качестве решения проблемных вопросов разработку системы информационно-аналитической поддержки.

5. Одной из проблем, существующих в системе антикризисного управления, также является рутинность деятельности должностных лиц. Для решения этой проблемы разработана модель анализа информационной потребности должностных лиц ЦУКС МЧС России, позволяющая выявить перечень задач этого должностного

лица, подлежащих автоматизированному решению. Модель также разработана для выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки.

6. Для решения проблемных вопросов разработана система информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Предложена структура данной системы и осуществлена ее декомпозиция. Разработана онтологическая модель структуры специализированной базы данных и знаний антикризисного управления, позволяющая проанализировать принципы взаимосвязи базы данных и базы знаний и их структуру.

7. Разработана модель выбора рациональной модели представления знаний системы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Разработана продукционная и нечеткая модель информационно-аналитической поддержки должностных лиц, принимающих управленческие решения в кризисных ситуациях. Разработана модель принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления.

8. Разработаны алгоритмы информационно-аналитической поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Осуществлена программная реализация разработанных алгоритмов.

9. Обоснована экономическая целесообразность разработки и внедрения системы информационно-аналитической поддержки.

10. По результатам оценки применения результатов диссертационного исследования сделаны выводы об оптимизации показателей эффективности выполнения должностными лицами ЦУКС своих функциональных обязанностей. По свойству «производительность» наблюдается повышение среднего значения показателя «количество отработанных документов за единицу времени» (табл. 56) на 2 документа (или на 33,33%). По свойству «своевременность» наблюдается снижение среднего значения показателя «время выполнения документа» (табл. 55) на 3,3 мин. (или на 20,24%).

Таким образом, в диссертационной работе представлены новые научно обоснованные решения информационно-аналитической поддержки антикризисного управления. Полученные результаты способствуют повышению эффективности функционирования должностных лиц ЦУКС МЧС России.

Список сокращений и условных обозначений

АИУС – автоматизированная информационно-управляющая система.

АРМ – автоматизированное рабочее место.

БД – база данных.

БЗ – база знаний.

ГСМ – горюче-смазочные материалы.

ГУ – главное управление.

ДЛ – должностное лицо.

ЕДДС – единая дежурно-диспетчерская служба.

ЛПР – лицо, принимающее решение.

МЧС - Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

НЗ – неявные знания.

НЦУКС – Национальный центр управления в кризисных ситуациях.

ОДС – оперативно-дежурная смена.

ОУ – объект управления.

ПО – программное обеспечение.

РСЧС – единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

РТП – руководитель тушения пожара.

РЦ – региональный центр.

СОД – старший оперативный дежурный.

СППР – система поддержки принятия решения.

СУБД – система управления базой данных.

УО – управляющий орган.

ФП – функциональная подсистема.

ЦУКС – центр управления в кризисных ситуациях.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

ЯЗ – явные знания.

Список литературы

1. Абрамов, А.П. Разработка моделей поддержки управленческих решений при тушении пожаров на основе прецедентного подхода: дис. ...канд.техн.наук: / Абрамов Антон Павлович. – М.: 2004. – 251 с.
2. Агеев, С.А. Применение интеллектуальных методов представления информации для управления рисками информационной безопасности в защищенных мультисервисных сетях специального назначения // Труды СПИИРАН. 2015. № 4 (41). С. 149-160.
3. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
4. Альянах, И.Н. Моделирование вычислительных систем / И.Н. Альянах. – Л.: Машиностроение, 1988.–223 с.
5. Андиева, Е.Ю. Метод и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений в системе розничного кредитования: дис. ...канд.техн.наук:/ Андиева Елена Юрьевна. – Уфа: 2009. – 196 с.
6. Антюхов, В.И. Системный анализ и принятие решений / В.И. Антюхов [и др.]; под ред. В.С. Артамонова. – СПб: СПбУ ГПС МЧС России, 2009. – 389 с.
7. Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении: учеб. Пособие В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
8. Анфилатов, В.С. Теоретические основы автоматизации управления войсками / Анфилатов В.С., Синякин Ю.Е., Ходасевич Г.Б., Шелутко Л.А. – Ленинград: Военная академия связи им. С.М. Буденного, 1978 — с. 97-106.
9. Артамонов, В.С. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие/ В.С. Артамонов, В.Е. Кадулин. – СПб.: СПбУ МВД России, Академия права, экономики и безопасности жизнедеятельности, 2002. – 54с.
10. Артамонов, В.С. Информационное обеспечение государственной пожарно-спасательной службы в условиях чрезвычайных ситуаций / В.С. Артамонов, В.Е. Кадулин, Р.Н. Козленко // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России.– 2003. – № 3. – С.58.
11. Артамонов, В.С. Требования, предъявляемые к построению интегрированной автоматизированной системы органов управления подразделениями МЧС России / В.С. Артамонов, А.П. Чуприян // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». – 2008. – № 4(8). – С.211–215.

12. Архипова, Н.И. Управление в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. / Н.И. Архипов, В.В. Кульба – М.: РГГУ, 2008. – 474с.
13. Беллман, Р., Заде, Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976. С. 172–215.
14. Беляев, Л.А., Поляков, Е.В., Чуприян, А.П. Проблема применения прикладных экспертных систем В ГПС // Проблемы обеспечения пожарной безопасности Северо-Западного региона. Материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 15 ноября 2000 г. СПб.: СПбУМВД России, 2000.
15. Беляев, Л.А. Проблемы информационного обеспечения процессов организации повседневной деятельности управления ГПС МВД России крупного региона // Проблемы обеспечения пожарной безопасности Северо-Западного региона. Материалы международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбУ МВД России, 2001.
16. Беляев, Л.А. Математическое моделирование процессов функционирования подразделений ГПС МЧС России / Л.А. Беляев, Р.Н. Козленко // Материалы межвузовского научно-практического семинара «Новые информационные технологии в управлении подразделениями Государственной противопожарной службы МЧС России». СПб.: СПБИ ГПС МЧС России, 2003.
17. Богданов, А.Г. Методы разработки управленческих решений: учеб.-метод. пособие. Казань: Издательство КГУ, 2010. 49 с.
18. Болотова, Л.С., Смирнов Н.А., Смольянинов А.А. Системы искусственного интеллекта. Теоретические основы СИИ и формальные модели представления знаний М. 2003.
19. Бомас, В.В. Поддержка субъективных решений в многокритериальных задачах / Бомас В.В., Судаков В.А. М.: Изд-во МАИ, 2011. 176 с.
20. Бречалов, С.А. Моделирование процессов управления боевыми действиями подразделений пожарной охраны на основе теории массового обслуживания: дис. ... канд. техн. наук: / Бречалов Сергей Леонидович. – СПб., 2005. – 125 с.
21. Брушлинский, Н. Н. Математические методы и модели управления в государственной противопожарной службе: учеб. пособие / Н.Н. Брушлинский, Соколов С. В. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 248 с.
22. Брушлинский, Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. – М.: Стройиздат, 1981. – 96 с.
23. Брушлинский, Н.Н. Гришин, А.Ф., Соболев, Н.Н. Об имитационном моделировании процесса функционирования пожарной охраны // Вопросы экономики в

пожарной охране: Сб. науч. тр. Вып. 6. – М.: ВНИИПО, 1977. – С.51-55.

24. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ деятельности государственной противопожарной службы: учеб. пособие / Н.Н. Брушлинский. – М.: Академия ГПС МЧС России, 1998. – 197 с.

25. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства // Н.Н. Брушлинский, В.В. Кафидов, В.И. Козлачков и др. Под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с

26. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1968. – 357 с.

27. Васильев, В.И. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учеб. пособие / Васильев В.И., Ильясов Б.Г. М.: Радиотехника, 2009. 392 с.

28. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – 2-е изд., стер. – М.: Наука.1988. – 208 с. 27. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 5-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2011. – 448с.

29. Вильчик, С.И. Формирование баз знаний для интеллектуальной системы по предупреждению и ликвидации ЧС на промышленном предприятии: дис. ... канд. техн. наук./ Вильчик Сергей Иванович. – Красноярск: 2003. – 140 с.

30. Гвоздев, Е.В. Информационно-управляющая система обеспечения пожарной безопасности территориально распределенных объектов жилищно-коммунального типа: дис. ... техн. наук: 05.13.10 / Гвоздев Евгений Владимирович. Москва, 2016. 156 с.

31. Гвоздик, М.И., Программная система определения ранга пожара с использованием нечеткой логики / Гвоздик М.И., Абдулалиев Ф.А., Шилов А.Г. // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. – № 1 (37). – С. 80–87.

32. Геловани, В.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. В.А. Геловани, А.А. Башлыков, В.Б. Бритков, Е.Д. Вязилов – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 304 с.

33. Горенский, Б.М. Принципы построения автоматизированной системы управления / Б.М. Горенский. – Красноярск: ГАЦМиЗ, 1995. – 84 с.

34. Григорьев, А.Н. Поддержка принятия управленческих решений при тушении крупных пожаров в общественных зданиях: дис. ... техн. наук: 05.13.10 / Григорьев Алексей Николаевич. Москва, 2012. 209 с.

35. ГОСТ 34.201-89 Виды, комплектность и обозначение документации при создании автоматизированных систем – М.: Изд-во стандартов, 1989.
36. ГОСТ 19.101-77 Виды программ и программных документов – М.: Изд-во стандартов, 1977.
37. ГОСТ 19.701-90 Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения – М.: Изд-во стандартов, 1990.
38. ГОСТ 34.003-90 Комплекс стандартов на автоматизированные системы «Автоматизированные системы» Термины и определения – М.: Изд-во стандартов, 1990.
39. ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств – М.: Изд-во стандартов, 1989.
40. ГОСТ Р 51904-2002 Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию – М.: Изд-во стандартов, 2003.
41. Дульзон, А.А. Разработка управленческих решений: учебник. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. 295 с.
42. Дырин, С.Ю. Информационная система поддержки принятия решений для определения ранга пожара в жилых и административных зданиях: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Дырин Сергей Юрьевич. СПб., 2007. 162 с.
43. Евграфов, П.М. Разработка алгоритмов интеллектуальной поддержки в системах социального управления (на примере ГПС) : дис. ...канд.техн.наук:/ Евграфов Павел Михайлович. – М.: 2003. – 222 с.
44. Евграфов, П.М. Система интеллектуальной поддержки принятия решений организации при пожаре / П.М. Евграфов, И.П. Евграфов // Пожаровзрывобезопасность: научно-технический журнал. - 2006. - №4(15). – С.10–17.
45. Еникеева, К.Р. Интеллектуальная информационная поддержка принятия решений в процессе разработки паспортов безопасности промышленных объектов: дис. ...канд.техн.наук:/ Еникеева Карина Рафаэлевна. – Уфа: 2008. – 120 с.
46. Заседание коллегии МЧС России от 27 марта 2017 года «О дополнительных мерах по повышению эффективности деятельности пожарно-спасательных гарнизонов, спасательных воинских подразделений и региональных поисково-спасательных формирований с учетом структурных изменений в системе МЧС России»
47. Заседание коллегии МЧС России от 5 декабря 2014 года «О концепции развития системы управления МЧС России до 2030 года»
48. Иванов, А.Ю. Анализ существующих систем поддержки принятия решений и их информационного базиса / А.Ю. Иванов, В.Н. Скребов, Е.В. Алексеева // Научно-

аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». – 2011. - № 4(11). – С.120–129.

49. Иванов, А.Ю. Критерии оценки информации для системы поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях / А.Ю. Иванов, Е.В. Алексеева // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета государственной Противопожарной службы МЧС России". – 2012. – № 4. – С.1–6.

50. Иванов, А.Ю. Определение подходов к построению модели информационной системы интеллектуального анализа данных о пожарной обстановке / А.Ю. Иванов, С.С. Чернов, Н.Н. Гусев // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». – 2011. – № 4(20). – С.32–36.

51. Кацман, М.Д. Информационные и математические модели автоматизации процессов выработки рекомендаций руководителю тушения пожара на железнодорожном транспорте: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Кацман Михаил Давыдович. Херсон, 2006. 176 с.

52. Качанов, С.А. Информационные технологии поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях: АИУС РСЧС: вчера, сегодня, завтра: монография / С.А. Качанов, С.Н. Нехорошев, А.П. Попов. – М.: Деловой экспресс, 2011. – 400 с.

53. Климовцов, В.М. Разработка методов и алгоритмов решения управленческой задачи определения сил и средств для тушения пожаров в крупном городе: дис. ... канд. техн. наук: / Климовцов Василий Михайлович. – М.: 2005. – 193 с.

54. Колесникова, С.И. Модификация метода анализа иерархий для динамических наборов альтернатив. Прикладная дискретная математика. 2009. № 4 (6), Математические основы интеллектуальных систем. С. 102-109.

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

56. Курносов, Ю.В. АНАЛИТИКА: методология, технология и организация информационно-аналитической работы / Ю.В. Курносов, П.Ю. Конотопов — Москва: Издательство «Русаки», 2004 г. — 550 с.

57. Ле Нгуен Виен. Дистанционная диагностическая система на основе гибридных моделей знаний: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Ле Нгуен Виен. Волгоград, 2015. 123 с.

58. Леоненков, А. В. 7 Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.: ил.

59. Локтаев, С.В. Математические модели и методы принятия решений при управлении организационными системами: дисс. док. техн. наук: / Локтаев Сергей Викторович – СПб., 2008г. – 401 с.

60. Луценко, Е.В. Интеллектуальные информационные системы: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2004. 633 с.

61. Макаренко, С.И. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – Ставрополь: СФ МГГУ им. М.А. Шолохова, 2009. – 206с.

62. Максимов А.В. Анализ оперативной деятельности подразделений ГПС МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2015. – № 1 (13). – С. 67-73.

63. Максимов, А.В. Комплексная математическая модель процесса управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны /В.А. Водахова, А.В. Матвеев, А.В. Максимов // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2015. – № 2 (34). – С. 85–96.

64. Максимов, А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны / А.В. Матвеев, А.В. Максимов, А.А. Крупкин // Научный электронный журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России», vestnik.igps.ru. – 2015. – № 4. – С. 30–34.

65. Максимов, А.В. Перспективные направления информационно-аналитической деятельности в области обеспечения безопасности / А.В. Матвеев, А.В. Максимов, И.И. Попивчак // Аналитический и научно-практический журнал «Геополитика и безопасность». – №2(30). – С. 113–117.

66. Максимов, А.В. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений по управлению силами и средствами гарнизона пожарной охраны / А.В. Матвеев, А.В. Максимов, А.А. Крупкин // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». – 2015. – № 4(36). – С. 75–81.

67. Максимов, А.В. Система поддержки принятия решений по управлению ресурсами гарнизона пожарной охраны: дис....канд. техн. наук. / А. В. Максимов. – СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2016.

68. Максимов, А.В. Матвеев, А.В. Теоретические основы моделирования безопасности социально-экономических систем // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2014. – №4. – с.46-53.

69. Матвеев, А.В. Опасность – безопасность – риск : этимологический и семантико-философский анализ // Национальная безопасность и стратегическое

планирование. – 2013. – №4. – с.4-12.

70. Матвеев, А.В. Подготовка кадров для информационно-аналитической деятельности в сфере прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2015. – №4(12). – с.109-113.

71. Матвеев, А.В. Максимов, А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе государственной противопожарной службы МЧС России // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2015. – № 1. – С. 62-68.

72. Матвеев, А.В. Системное моделирование управления риском возникновения чрезвычайных ситуаций: дис. ... канд. техн. наук: / Матвеев Александр Владимирович. – СПб, 2007. – 150с.

73. Матвеев, А.В. Матвеев, В.В. Системно-кибернетический подход к определению понятия «безопасность» // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2015. – №1(9). – с.18-25.

74. Матвеев, А.В. Схема выработки управленческих решений на основе структурно-функционального синтеза системы обеспечения безопасности потенциально опасных объектов / А.В. Матвеев // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2013. – №1. – С.60– 68.

75. Матюшин, А.В. Информационно-аналитическое обеспечение деятельности оперативных подразделений пожарной охраны / Матюшин А.В., Порошин А.А., Бобринев Е.В. и др. // Пожарная безопасность. - 2007. - № 2. - С.34-41.

76. Мохов, В.А. Разработка алгоритмов прямого синтеза аппроксимирующих искусственных нейронных сетей: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11 / Мохов Василий Александрович. Ростов н/Д, 2005. 179 с.

77. Муравьева – Витковская, Л.А. Моделирование интеллектуальных систем. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 145с.

78. Нго Куанг Тоан, Модель и алгоритмы системы поддержки управления ресурсами оперативных подразделений пожарной охраны крупных городов Вьетнама : дис. ...канд.техн.наук:/ - М.: 2016. – 204 с.

79. Новиков, Д.А. Методология управления. М.: Либроком, 2011. 128 с.

80. Новиков, Д.А. Петраков, С.Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999. – 104 с.

81. Ноженкова, Л.Ф. Технология построения экспертных геоинформационных систем поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных

ситуаций: дис. ...докт.техн.наук./ Ноженкова Людмила Федоровна. – Красноярск: 2000. – 365с.

82. Николаев, А.Б. Интеллектуальные системы: учебное пособие / А.Б. Николаев, А.В. Остроух – М.: МАДИ, 2012. – 271 с.

83. Остудин, Н.В. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». – 2016. - №1 С. 97-106.

84. Остудин, Н.В. Методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин, А.В. Сорока // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». – 2016. - №4 С. 63-76.

85. Остудин, Н.В. Моделирование процесса интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». – 2017. - №2. С.78-94.

86. Остудин, Н.В. Алгоритмизация деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин // Научно-аналитический журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2017. - № 2 (42). С. 10-15.

87. Остудин, Н.В. Модель информационной поддержки принятия решения при оценке деятельности сотрудников МЧС России / Онов В.А., Остудин Н.В., Сафонов Д.П., Иванов А.Ю. // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 2. С. 5-13.

88. Остудин, Н.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Система интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений должностными лицами центров управления в кризисных ситуациях МЧС России» / В.А. Онов, Н.В. Остудин // Федеральная служба по интеллектуальной собственности – Москва, 2016. - №2016619140.

89. Остудин, Н.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Система оценки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России» / Н.В. Остудин, В.И. Антюхов, В.А. Онов, Сафонов Д.П. // Федеральная служба по интеллектуальной собственности – Москва, 2017. - №2017617679.

90. Остудин, Н.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для

ЭВМ «Система анализа информационной потребности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России» / Н.В. Остудин, В.И. Антюхов // Федеральная служба по интеллектуальной собственности – Москва, 2017. - №2017617627.

91. Остудин, Н.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Система сопровождения процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России» / Н.В. Остудин, В.И. Антюхов // Федеральная служба по интеллектуальной собственности – Москва, 2017. - №2017617625.

92. Остудин, Н.В. Интеллектуальная поддержка оперативно-служебной деятельности должностных лиц подразделений МЧС России / В.И. Антюхов, А.Ю. Ярошенко, Н.В. Остудин // VI Международная научно-практической конференции «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Вопросы обеспечения комплексной безопасности деятельности в Арктическом регионе». – Санкт-Петербург, 2014 – С. 57.

93. Остудин, Н.В. Информационная потребность должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России / А.К. Черных, А.Ю. Ярошенко, Н.В. Остудин // VII Международной научно-практической конференция «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях». – Санкт-Петербург, 2015 – С. 70 – 71.

94. Остудин, Н.В. Интеллектуальная поддержка должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при решении задач обеспечения безопасности на транспорте / Н.В. Остудин // Юбилейная международная научно – практическая конференция «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2015», посвященной 25-летию Института проблем транспорта им. Н.С.Соломенко Российской академии наук. – Санкт-Петербург, 2015 – С. 227 – 231.

95. Остудин, Н.В. Моделирование процесса интеллектуализации деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России / Остудин Н.В. // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». – Воронеж, 2015 – С. 74-76.

96. Остудин, Н.В. Поиск задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России / Остудин Н.В., Антюхов В.И., Онов В.А., Щетка В.Ф. // XII Международная Научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». – 2015 – С. 54 – 57.

97. Остудин, Н.В. Интеллектуализация процесса оценки знаний курсантов высших учебных заведений ГПС МЧС России / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин // Международная научно-практическая конференция «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». – Санкт-Петербург, 2016 – С.143-146.

98. Остудин, Н.В. Анализ информационной потребности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России / В.И. Антюхов, А.П. Корольков, Н.В. Остудин // VIII Всероссийская научно-практическая конференция «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе». – Санкт-Петербург, 2016 – С.156-160.

99. Остудин, Н.В. Интеллектуальная поддержка процесса обеспечения информационной безопасности должностными лицами подразделений / Остудин Н.В., Сорока Н.В., Ярошенко А.Ю. // МЧС России XI Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы обеспечения безопасности и противодействия терроризму». – Санкт-Петербург, 2016 – С. 28 – 30.

100. Остудин, Н.В. Концептуальная модель процесса интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при обеспечении пожарной безопасности / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин // X Международная научно-практическая конференция молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов). – Санкт-Петербург, 2016 – С. 72-73.

101. Остудин, Н.В. Интеллектуальные информационные технологии как средство повышения эффективности функционирования органов управления МЧС России в условиях оптимизации личного состава / Н.В. Остудин // XXI Санкт-Петербургская ассамблея молодых ученых и специалистов. – Санкт-Петербург, 2016 – С.134.

102. Остудин, Н.В. Интеллектуальная поддержка должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России при решении задач обеспечения безопасности на транспорте / Н.В. Остудин, В.И. Антюхов // Юбилейная международная научно – практическая конференция «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016». – Санкт-Петербург, 2016 – С.246-249.

103. Остудин, Н.В. Моделирование процесса оценки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России по методу динамики средних / Антюхов В.И., Сафонов Д.П., Остудин Н.В. // V Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Проблемы обеспечения

безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Санкт-Петербург, 2016 – С. 120-122.

104. Остудин, Н.В. Концептуальные вопросы оценки эффективности моделей интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин // *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире: материалы XVI Международной Научно-практической конференции*. – Санкт-Петербург: изд-во Стратегия будущего, 2016 – С. 106 – 110.

105. Остудин, Н.В. Методика анализа информационной потребности деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин, А.В. Сорока // *Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере»*. 2016. - №4 – С.18-28.

106. Остудин, Н.В. Системы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при ликвидации чрезвычайных ситуаций экологического характера / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин // *XIX Международная конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы»*. 2017 – С. 94-100.

107. Остудин, Н.В. Программная реализация процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России / В.И. Антюхов, Н.В. Остудин // *I Международная научно-практическая конференция «Высокие интеллектуальные технологии в науке и образовании»*. 2017 – С. 85-91.

108. Патченко, Т.В. Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие / под ред. Ю.Ю. Тарасевича. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. 87 с.

109. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ. — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 798 с. : ил. — (Адаптивные и интеллектуальные системы).

110. Поклад, П.М. Анализ методов интеллектуализации управления сложными динамическими объектами // *Вестник ИГЭУ*. 2010. №2. С. 76-79.

111. Попов, В.А., Бренерман М.Х. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Казань: Издательство КГУ, 2008. 120 с.

112. Порфирьев, Б.Н. Организация управления в чрезвычайных ситуациях / Б.Н. Порфирьев. – М.: Мир, 1989. – 59 с. 112. Порфирьев, Б.Н. Управление в чрезвычайных ситуациях: проблемы теории и практики / Б.Н. Порфирьев. – Итоги науки и техники.

Сер. Проблемы безопасности: Чрезвычайные ситуации.– М.: ВИНТИ, 1991. Т.1.

113. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12. 2003 № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

114. Приказ МЧС России от 08.07.2004 № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях».

115. Приказ МЧС России от 05.08.2009 г. № 457 «Основные приоритеты научно-технического и информационного обеспечения управления деятельности РСЧС»

116. Прохоров, Ю.К., Фролов В.В. Управленческие решения: учеб. пособие; 2-е, изд., испр. и доп. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. 138 с.

117. РД IDEF0 Методология функционального моделирования IDEF0: руководящий документ – 2000 М.: Госстандарт России, 2000. – 64 с.

118. Ротштейн, А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. 320 с.

119. Ротштейн, А.П., Штовба, С.Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. № 3. С. 150-154.

120. Розенберг, В.Я. Специальное математическое обеспечение управления/ В.Я. Розенберг [и др.]. – М.: Советское радио, 1980. – 536с.

121. Рыбкин, Л.В. Автоматизация проектирования систем управления сетями связи / Л.В. Рыбин, В.К. Кобзарь, В.К. Демин. – М: Радио и связь, 1990. –207 с.

122. Саати, Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1989. 311 с.

123. Саати, Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Научн. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Издательство ЛКИ, 2008 – 360 с.

124. Серебренников, Е.А. Моделирование процессов управления совместными действиями оперативных подразделений пожарной охраны и поисково-спасательных формирований МЧС: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Серебренников Евгений Александрович. СПб, 2002. 189 с.

125. Снопелев, Ю.М., Моделирование и управление в сложных системах / Ю.М. Снопелев, В.А. Старосельский. – М.: Советское радио. – 1974. – 86 с.

126. Советов, Б.Я. Яковлев, С.А. Моделирование систем: учебник / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – Юрайт, 2012 – 343с.

127. Станкевич, Т.С. Информационно-аналитическая поддержка управления при тушении пожаров в морских портах: дис. ...канд.техн.наук:/ Станкевич Татьяна Сергеевна. – М.:2016. – 172 с.

128. Степанова, Е.Е. Информационное обеспечение управленческой деятельности: учеб. пособие / Е.Е. Степанова, Н.В. Хмелевская. – М.: ИнфраМ, 2002. – 340 с.

129. Страусс, А., Корбин Дж. Основы качественного исследования: обоснованная теория, процедуры и техники / пер. с англ. и послесловие Т.С. Васильевой. Москва: Эдиториал УРСС, 2001. 256 с.

130. Тараканов, Д.В. Поддержка принятия управленческих решений при тушении крупных пожаров на основе многокритериальной оптимизации: дис. ...канд. техн. наук: 05.13.10 / Тараканов Денис Вячеславович. М., 2011. 150 с.

131. Терребнев, В.В. Управление силами и средствами на пожаре / В.В. Терребнев, А.В. Терребнев – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 261 с.

132. Термины МЧС России [Электронный ресурс]: <http://www.mchs.gov.ru/>

133. Харрингтон, Дж. Совершенство управления знаниями / Дж. Харрингтон, Ф. Воул; пер. с англ. А.Л. Раскина; Под науч. ред. А.Б. Болдина – М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. – 272 с. – (Деловое совершенство).

132. Katsman M., Ph.D., Kryvopishyn O., Ph.D., Lapin V., Ph.D. Katsman M., Kryvopishyn O., Lapin V. Mathematical models of decision support system for the head of the firefighting department on railways // Reliability: Theory & Applications. 2011, V. 2. 03 (22). pp. 86-93.

133. Mehdi Ben Lazreg, Jaziar Radianti, Ole-Christoffer Granmo. SmartRescue: Architecture for Fire Crisis Assessment and Prediction [Электронный ресурс] // Proceedings of the ISCRAM 2015 Conference - Kristiansand, May 24-27. 7 p. URL: <http://iscram2015.uia.no/wp-content/uploads/2015/05/10-1.pdf>.

134. Russel, S. Artificial Intelligence. A Modern Approach / S. Russel, P. Norvig // Pearson Education, Inc., Upper Saddle River; New Jersey, 2003. – p.230

135. Sanae Khali Issa, Abdellah Azmani, Benaissa Amami. Vulnerability Analysis of Fire Spreading in a Building using Fuzzy Logic and its Integration in a Decision Support System // International Journal of Computer Applications. 2013. 76 (6). pp. 48-53.

136. Shershakov, V.M. Trakhtengerts E.A. Decision making in emergency as computer analysis with dynamically changeable rules / V.M. Shershakov, E.A. Trakhtengerts // Fourth International Workshop. Decision making support for offsite emergency management. AR Sweden. Radiation protection dosimetry. Vol. 13. № 1– 4, 2012. – p. 141– 142.

137. Simonovic, A. Decision support for sustainable water resources development in water resources planning in changing world / A. Simonovic, P. Slobodan // Proceeding of International UNESCO symposium. – Germany, 1994. – Pt.3. – p. 3 – 13.

138. Thrun S. Towards programming tools for robots that integrate probabilistic computation and learning. In Proceedings of the IEEE / International Conference on Robotics and Automation (ICRA), San Francisco, CA, 2000 - p. 18 -22

139. Turban, E. Decision support and expert systems / E. Turban / N-Y.: Maxwell Macmillan, 1990. – p.50.

140. Weld D. S., Anderson C R., and Smith D. E. Extending graphplan to handle uncertainty and sensing actions. In Proceedings of the Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence, Madison, Wisconsin. AAAI Press, 1998 - p. 897-904

141. Wellman M. P., Breese J. S., and Goldman R. From knowledge bases to decision models. Knowledge Engineering Review, 1991 - p. 35—53.

142. Wirth R. and O'Rorke P. Constraints on predicate invention. In Machine Learning: Proceedings of the Eighth International Workshop (ML-91), 1991 - p. 457-461, Evanston, Illinois. Morgan Kaufmann.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Результаты визуальных отображений разработанных систем (Приложение А)

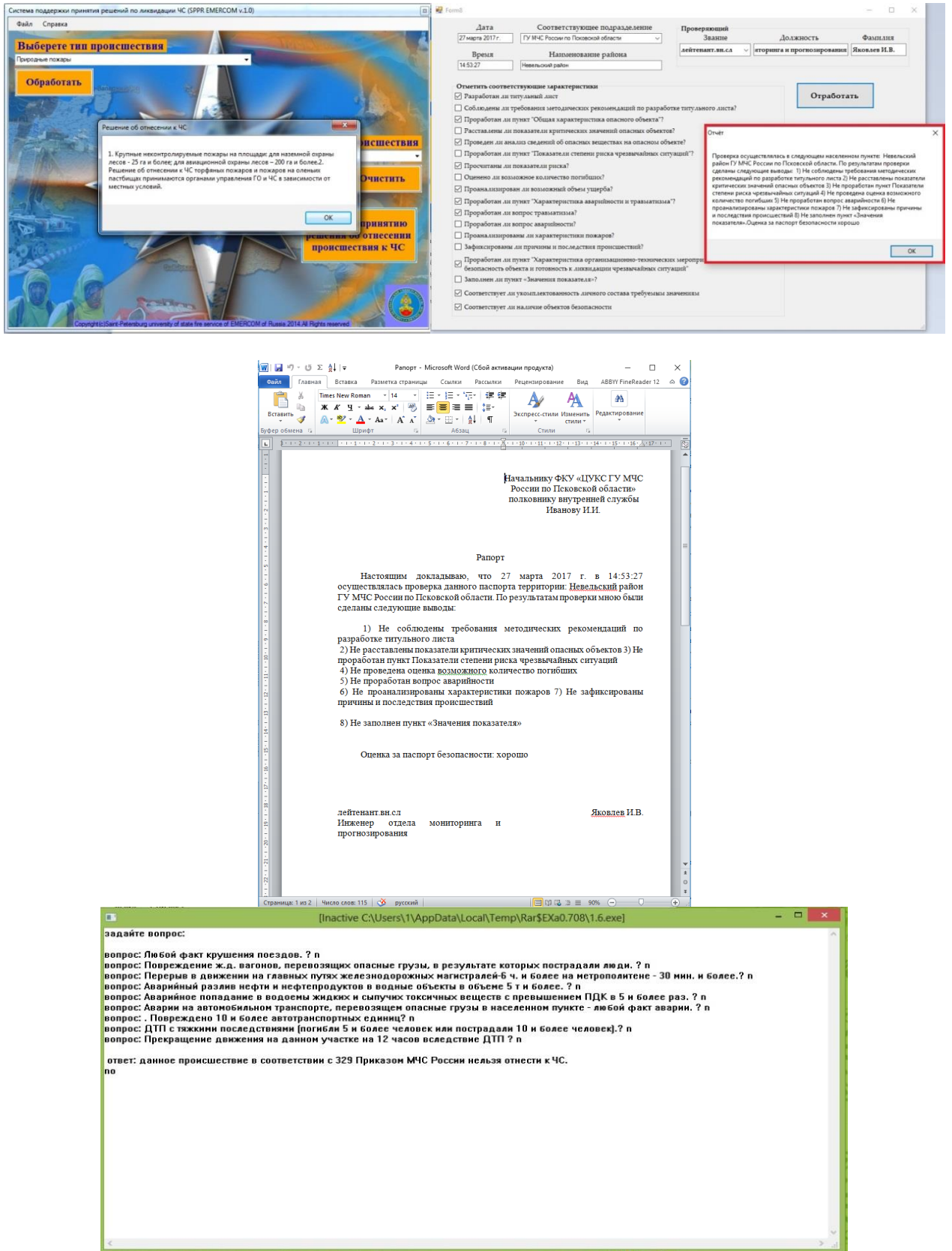


Рисунок 1 – Результаты программной реализации системы информационно-аналитической поддержки

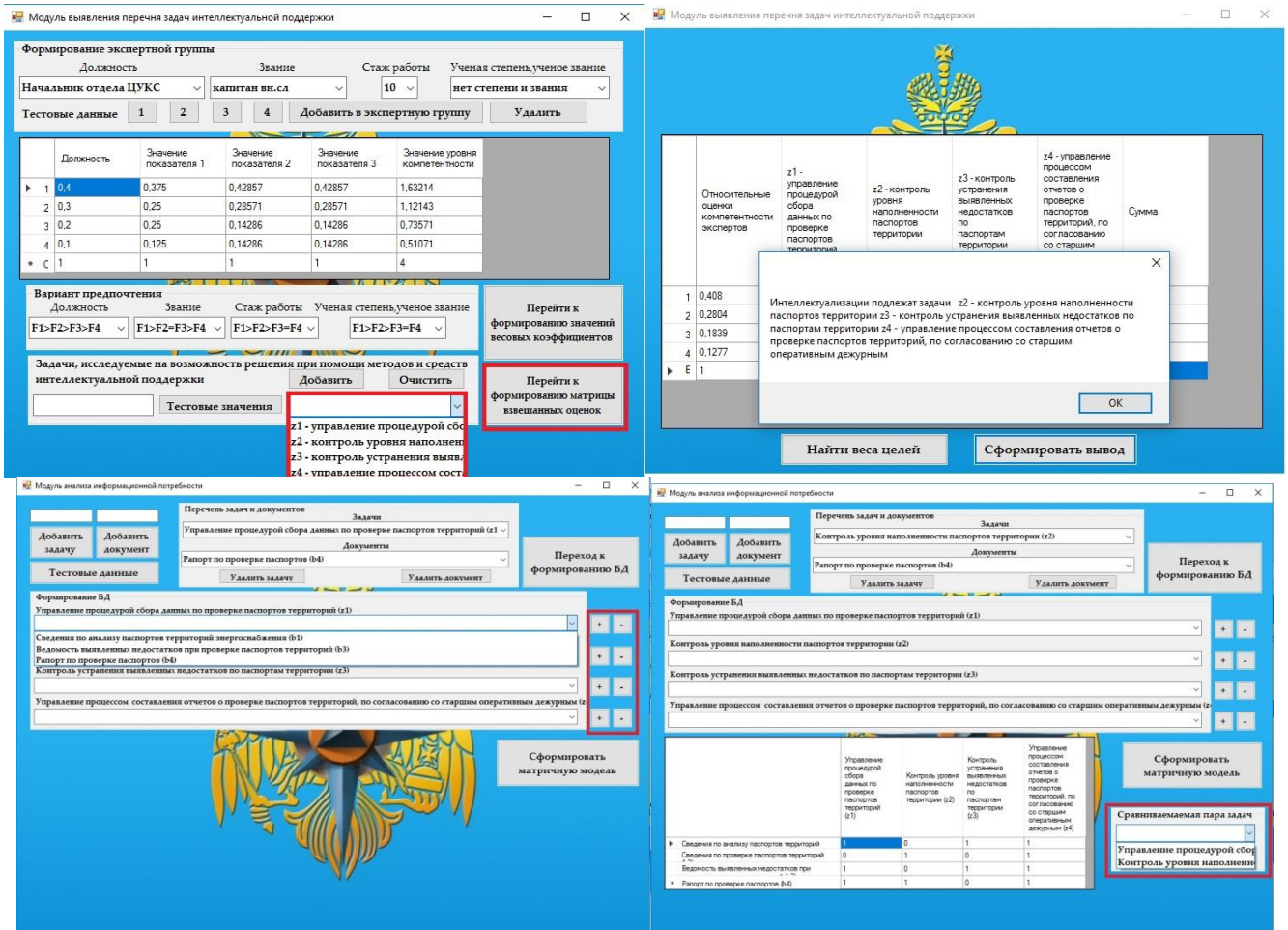


Рисунок 2 – Результаты программной реализации модели анализа информационной потребности и выявления перечня задач информационно-аналитической поддержки

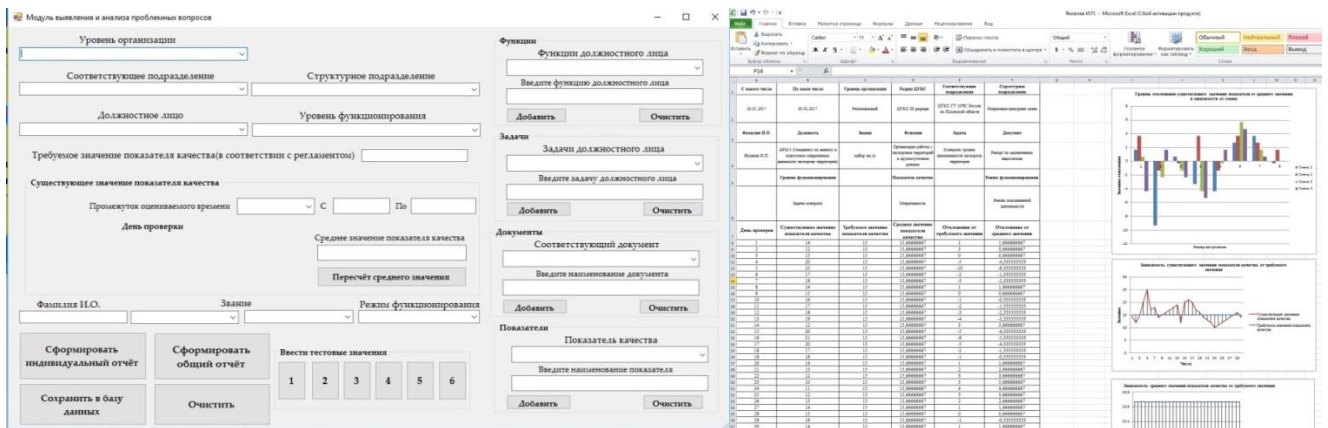


Рисунок 3 – Результаты программной системы оценки деятельности должностных лиц ЦУКС

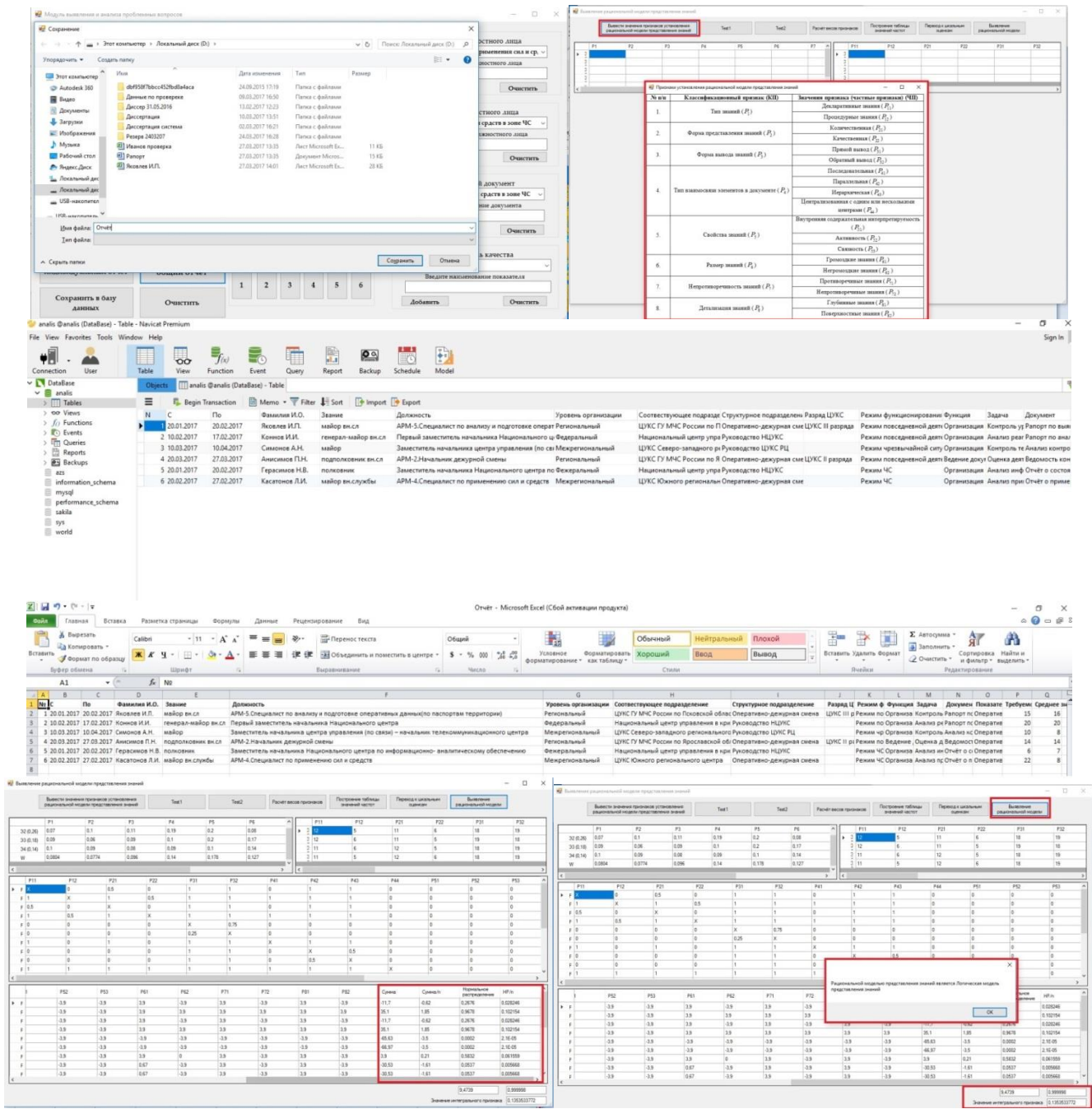
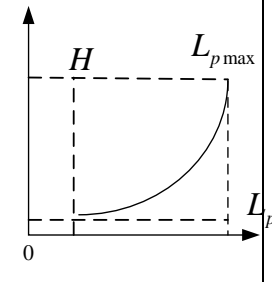
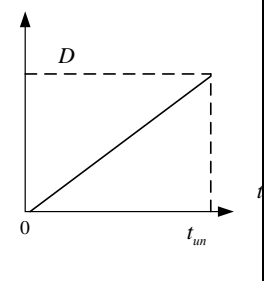
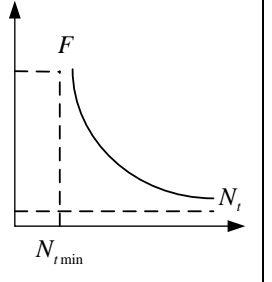
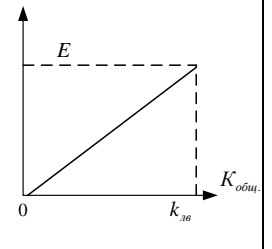


Рисунок 4 – Результаты формирования вывода о выборе рациональной модели представления знаний

Результаты формализации процесса информационно-аналитической поддержки должностных лиц ЦУКС (Приложение Б)

№ п/п	Свойства	Показатели исхода операции	Наименование показателя	Математическое обозначение	Вид функции полезности
1.	Закономерность	$Q_{зак.}$ – количество задач, в которых возможно проследить закономерность	Вероятность установления закономерности в решаемой задаче	$P(Q_{зак.}) \in [0,1]$	
2.	Логическая связность	$S_{лсвяз.}$ – количество элементов имеющих логическую связь между собой $S_{общ.}$ – общее количество элементов в документе $Q_{логич.}$ – количество задач, в которых возможно сделать логический вывод	Количество логически связанных элементов в документе	$A = \frac{S_{лсвяз.}}{S_{общ.}}$	
			Вероятность формирования логического вывода	$P(Q_{логич.}) \in [0,1]$	
3.	Структурированность	$S_{структ.}$ – количество подсистем имеющих определенную структуру; $S_{общ.}$ – общее количество подсистем в системе; $N_{элемент.}$ – количество элементов в документе; $N_{связ.}$ – количество связей между документами	Коэффициент, характеризующий наличие определенной структуры в решаемой задаче	$B = \frac{S_{структ.}}{S_{общ.}}$	
			Отношение количества элементов к количеству связей (чем больше значение, тем выше структурированность)	$G = \frac{N_{связ.}}{N_{элемент.}}$	
4.	Достоверность	$N_{пр}$ – число правильных решений задач N – общее число решений L_p – количество подтвержденных решений L_{pmax} – количество подтвержденных решений	Коэффициент, характеризующий относительное число правильных решений	$C = \frac{N_{пр}}{N}$	

			Степень достоверности	$H = L_{p \max}(L_p)$	
5.	Экономичность	t_{un} – время использования системы информационно-аналитической поддержки; t – общее время использования средств автоматизации; N_t – трудозатраты на решения комплекса задач $N_{t \min}$ – минимальные трудозатраты на решения комплекса задач	Коэффициент использования средств информационно-аналитической поддержки	$D = \frac{t_{un}}{t}$	
			Коэффициент соответствующих трудозатрат	$F = N_{t \min}(N_t)$	
6.	Многокритериальность	$k_{лв}$ – число критериев, используемых для формирования выводов $K_{общ}$ – общее количество критериев	Количество критериев при форматировании логического вывода	$E = \frac{k_{лв}}{K_{общ}}$	

Расчетные значения математической (комбинированной) модели процесса выбора рациональной модели представления знаний (Приложение В)

1. Найдем частоты f_{zy} (табл.2).

Частоты, в зависимости от мнения экспертов, могут принимать следующие значения (табл.1):

Таблица 1 - Значения частот в зависимости от мнения экспертов

№ п/п	Значение	Условие
1.	$f_{zy} = 0 / 4 = 0$	если 0 экспертов высказались за предпочтительность показателя
2.	$f_{zy} = 1 / 4 = 0,25$	если 1 эксперт высказался за предпочтительность показателя
3.	$f_{zy} = 2 / 4 = 0,5$	если 2 эксперта высказались за предпочтительность показателя
4.	$f_{zy} = 3 / 4 = 0,75$	если 3 эксперта высказались за предпочтительность показателя
5.	$f_{zy} = 4 / 4 = 1$	если 4 эксперта высказались за предпочтительность показателя

Таблица 2 - Таблица значения частот f_{zy}

f	P_{11}	P_{12}	P_{21}	P_{22}	P_{31}	P_{32}	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{51}	P_{52}	P_{53}	P_{61}	P_{62}	P_{71}	P_{72}	P_{81}	P_{82}
Продукционная модель (l_n)																			
P_{11}	X	0	0,5	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
P_{12}	1	X	1	0,5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
P_{21}	0,5	0	X	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
P_{22}	1	0,5	1	X	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
P_{31}	0	0	0	0	X	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P_{32}	0	0	0	0	0,25	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P_{41}	1	0	1	0	1	1	X	1	1	0	0	0	0	1	0,5	1	0	1	0
P_{42}	0	0	0	0	1	1	0	X	0,5	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
P_{43}	0	0	0	0	1	1	0	0,5	X	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
P_{44}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	0	0	0	1	1	1	1	1	1
P_{51}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	0,5	0,75	1	1	1	1	1	1
P_{52}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	X	0,5	1	1	1	1	1	1
P_{53}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,5	X	1	1	1	1	1	1
P_{61}	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	X	0	0,75	0	1	0
P_{62}	1	0	1	0	1	1	0,5	1	1	0	0	0	0	1	X	1	0	1	0
P_{71}	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	X	0	0,75	0
P_{72}	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	X	1	0,5
P_{81}	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	X	0
P_{82}	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0,5	1	X
Фреймовая модель (l_f)																			
f_{ik}	P_{11}	P_{12}	P_{21}	P_{22}	P_{31}	P_{32}	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{51}	P_{52}	P_{53}	P_{61}	P_{62}	P_{71}	P_{72}	P_{81}	P_{82}
P_{11}	X	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0,5	0	1
P_{12}	0	X	0	0	1	1	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0,5	0	0	0,25
P_{21}	0	1	X	0,25	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
P_{22}	0	1	0,75	X	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
P_{31}	0	0	0	0	X	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P_{32}	0	0	0	0	0,5	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P_{41}	0	0	0	0	1	1	X	0	0,5	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
P_{42}	1	1	1	1	1	1	1	X	1	1	0	0	0	0,25	1	1	1	0,75	1
P_{43}	0	1	0	0	1	1	0,5	0	X	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
P_{44}	0	0,75	0	0	1	1	0	0	0	X	0	0	0	0	0,75	1	0	0	0,5
P_{51}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	0,25	0,5	1	1	1	1	1	1
P_{52}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	X	1	1	1	1	1	1	1
P_{53}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	X	1	1	1	1	1	1
P_{61}	1	1	1	1	1	1	1	0,75	1	1	0	0	0	X	1	1	1	0,75	1
P_{62}	0	0,75	0	0	1	1	0	0	0	0,25	0	0	0	0	X	1	0	0	0,25
P_{71}	0	0,5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0
P_{72}	0,5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	X	0	1
P_{81}	1	1	1	1	1	1	1	0,25	1	1	0,25	0	0	0,25	1	1	1	X	1
P_{82}	0	0,75	0	0	1	1	1	0	0	0,5	0	0	0	0	0,75	1	0	0	X
Логическая модель (l_l)																			
f_{ik}	P_{11}	P_{12}	P_{21}	P_{22}	P_{31}	P_{32}	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{51}	P_{52}	P_{53}	P_{61}	P_{62}	P_{71}	P_{72}	P_{81}	P_{82}
P_{11}	X	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0

P ₁₂	0	X	0,5	0,5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₂₁	0	0,5	X	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₂₂	0	0,5	1	X	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
P ₃₁	0	0	0	0	X	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₃₂	0	0	0	0	0,25	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₄₁	0	1	1	1	1	1	X	0,5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
P ₄₂	0	1	1	1	1	1	0,5	X	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
P ₄₃	0,5	1	1	1	1	1	1	1	X	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
P ₄₄	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	0	0	0	0	1	1	1	1	1
P ₅₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	0,75	0,75	1	1	1	1	1	1
P ₅₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	X	0,75	1	1	1	1	1	1
P ₅₃	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,25	X	1	1	1	1	1	1	1
P ₆₁	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	X	0	1	0,5	1	0
P ₆₂	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	X	1	1	1	0,5
P ₇₁	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0
P ₇₂	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	1	X	0
P ₈₁	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	X	0
P ₈₂	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	X
Семантические сети (l _c)																			
f _{ik}	P ₁₁	P ₁₂	P ₂₁	P ₂₂	P ₃₁	P ₃₂	P ₄₁	P ₄₂	P ₄₃	P ₄₄	P ₅₁	P ₅₂	P ₅₃	P ₆₁	P ₆₂	P ₇₁	P ₇₂	P ₈₁	P ₈₂
P ₁₁	X	1	0,5	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
P ₁₂	0	X	0	0,5	1	1	0	0	0	0,5	0	0	0	0	1	1	0	0	0,75
P ₂₁	0,5	1	X	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
P ₂₂	0	0,5	0	X	1	1	0	0	0	0,25	0	0	0	0	1	1	0	0	0,5
P ₃₁	0	0	0	0	X	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₃₂	0	0	0	0	0,25	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P ₄₁	0	1	0	1	1	1	X	0,75	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
P ₄₂	0	1	0	1	1	1	0,25	X	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
P ₄₃	1	1	1	1	1	1	1	1	X	1	0	0	0	0,5	1	1	0,25	0,75	1
P ₄₄	0	0,5	0	0,75	1	1	0	0	0	X	0	0	0	0	1	1	0	0	0,75
P ₅₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	0,75	1	1	1	1	1	1	1
P ₅₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	X	0,5	1	1	1	1	1	1
P ₅₃	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,5	X	1	1	1	1	1	1	1
P ₆₁	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	0	0	0	X	1	1	0,5	1	1
P ₆₂	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0,5	0	0	0
P ₇₁	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	X	0	0	0
P ₇₂	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	1	0	0	0	0,5	1	1	X	1	1
P ₈₁	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	1	0	0	0	0	1	1	1	X	1
P ₈₂	0	0,25	0	0,5	1	1	0	0	0	0,25	0	0	0	0	1	1	0	0	X

2. Перейдем от частот к шкальным оценкам:

В таблице 2 встречаются шкальные частоты со значениями 1;0;0,25;0,5;0,75. В соответствии с табличными значениями в [28] значения шкальных оценок будут принимать следующие значения (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi(X_{zy}) = 3,9 \text{ при } f_{ik} = 1 \\ \Phi(X_{zy}) = -3,9 \text{ при } f_{ik} = 0 \\ \Phi(X_{zy}) = -0,67 \text{ при } f_{ik} = 0,25 \\ \Phi(X_{zy}) = 0,67 \text{ при } f_{ik} = 0,75 \\ \Phi(X_{zy}) = 0 \text{ при } f_{ik} = 0,5 \end{array} \right. \quad (1)$$

Следовательно, таблица значений шкальных оценок будет принимать следующий вид (табл.3).

3. Вычислим веса критериев.

Таблица 4 - Суммарные значения шкальных частот и весов значений признаков P_{ij}

P_{ij}	\bar{X}_{ij}	$\Phi(\bar{X}_{ij})$	J_{ij}	P_{ij}	\bar{X}_{ij}	$\Phi(\bar{X}_{ij})$	J_{ij}
Продукционная модель (l_n)				Фреймовая модель (l_ϕ)			
P_{11}	-0,82105	0,205808	0,021478	P_{11}	0,615789	0,730983	0,076626
P_{12}	1,847368	0,967653	0,100985	P_{12}	-1,40158	0,080521	0,008441
P_{21}	-0,20526	0,418683	0,043694	P_{21}	0,615789	0,730983	0,076626
P_{22}	1,847368	0,967653	0,100985	P_{22}	-1,47211	0,070496	0,00739
P_{31}	-3,45421	0,000276	2,88E-05	P_{31}	-3,45421	0,000276	2,89E-05
P_{32}	-3,52474	0,000212	2,21E-05	P_{32}	-3,52474	0,000212	2,22E-05
P_{41}	0,205263	0,581317	0,060667	P_{41}	-0,17	0,432505	0,045338
P_{42}	-1,43684	0,075381	0,007867	P_{42}	-0,24053	0,404961	0,042451
P_{43}	-1,43684	0,075381	0,007867	P_{43}	1,847368	0,967653	0,101435
P_{44}	2,463158	0,993114	0,103642	P_{44}	-1,16105	0,12281	0,012874
P_{51}	3,319474	0,999549	0,104314	P_{51}	3,524737	0,999788	0,104804
P_{52}	3,284211	0,999489	0,104307	P_{52}	3,248947	0,999421	0,104765
P_{53}	3,248947	0,999421	0,1043	P_{53}	3,078947	0,998961	0,104717
P_{61}	-2,70368	0,003429	0,000358	P_{61}	2,052632	0,979946	0,102724
P_{62}	0,205263	0,581317	0,060667	P_{62}	-2,66842	0,00381	0,000399
P_{71}	-2,25789	0,011976	0,00125	P_{71}	-2,66842	0,00381	0,000399
P_{72}	1,026316	0,847629	0,088459	P_{72}	2,087895	0,981596	0,102897
P_{81}	-2,49842	0,006237	0,000651	P_{81}	1,812105	0,965015	0,101159
P_{82}	1,026316	0,847629	0,088459	P_{82}	-1,50737	0,065858	0,006904
Логическая модель (l_n)				Семантические сети (l_c)			
P_{11}	1,026316	0,847629	0,088989	P_{11}	0,615789	0,730983	0,076626
P_{12}	-2,05263	0,020054	0,002105	P_{12}	-1,40158	0,080521	0,008441
P_{21}	-2,05263	0,020054	0,002105	P_{21}	0,615789	0,730983	0,076626
P_{22}	-1,84737	0,032347	0,003396	P_{22}	-1,47211	0,070496	0,00739
P_{31}	-3,45421	0,000276	2,9E-05	P_{31}	-3,45421	0,000276	2,89E-05
P_{32}	-3,52474	0,000212	2,23E-05	P_{32}	-3,52474	0,000212	2,22E-05
P_{41}	0,205263	0,581317	0,06103	P_{41}	-0,17	0,432505	0,045338
P_{42}	0,205263	0,581317	0,06103	P_{42}	-0,24053	0,404961	0,042451
P_{43}	0,821053	0,794192	0,083379	P_{43}	1,847368	0,967653	0,101435
P_{44}	2,463158	0,993114	0,104263	P_{44}	-1,16105	0,12281	0,012874
P_{51}	3,354737	0,999603	0,104944	P_{51}	3,524737	0,999788	0,104804
P_{52}	3,284211	0,999489	0,104933	P_{52}	3,248947	0,999421	0,104765
P_{53}	3,213684	0,999345	0,104917	P_{53}	3,078947	0,998961	0,104717
P_{61}	-0,61579	0,269017	0,028243	P_{61}	2,052632	0,979946	0,102724
P_{62}	1,847368	0,967653	0,10159	P_{62}	-2,66842	0,00381	0,000399
P_{71}	-2,87368	0,002029	0,000213	P_{71}	-2,66842	0,00381	0,000399
P_{72}	-0,41053	0,34071	0,03577	P_{72}	2,087895	0,981596	0,102897
P_{81}	-1,23158	0,109053	0,011449	P_{81}	1,812105	0,965015	0,101159
P_{82}	1,847368	0,967653	0,10159	P_{82}	-1,50737	0,065858	0,006904

Таблица 5 – Исходные данные для расчета интегрального показателя установления рациональной модели представления знаний

КП	a_i	ЧП	$k_{ij}(S_{n3})$			
			l_n	l_ϕ	l_l	l_c
P_1	$a_1 = 0,0804$	P_{11}	$k_{11} = 0,021478$	$k_{11} = 0,076626$	$k_{11} = 0,088989$	$k_{11} = 0,076626$
		P_{12}	$k_{12} = 0,100985$	$k_{12} = 0,008441$	$k_{12} = 0,002105$	$k_{12} = 0,008441$
P_2	$a_2 = 0,0774$	P_{21}	$k_{21} = 0,043694$	$k_{21} = 0,076626$	$k_{21} = 0,002105$	$k_{21} = 0,076626$
		P_{22}	$k_{22} = 0,100985$	$k_{22} = 0,00739$	$k_{22} = 0,003396$	$k_{22} = 0,00739$
P_3	$a_3 = 0,0933$	P_{31}	$k_{31} = 2,88E-05$	$k_{31} = 2,89E-05$	$k_{31} = 2,9E-05$	$k_{31} = 2,89E-05$
		P_{32}	$k_{32} = 2,21E-05$	$k_{32} = 2,22E-05$	$k_{32} = 2,23E-05$	$k_{32} = 2,22E-05$
P_4	$a_4 = 0,14$	P_{41}	$k_{41} = 0,060667$	$k_{41} = 0,045338$	$k_{41} = 0,06103$	$k_{41} = 0,045338$
		P_{42}	$k_{42} = 0,007867$	$k_{42} = 0,042451$	$k_{42} = 0,06103$	$k_{42} = 0,042451$
		P_{43}	$k_{43} = 0,007867$	$k_{43} = 0,101435$	$k_{43} = 0,083379$	$k_{43} = 0,101435$
		P_{44}	$k_{44} = 0,103642$	$k_{44} = 0,012874$	$k_{44} = 0,104263$	$k_{44} = 0,012874$
P_5	$a_5 = 0,206$	P_{51}	$k_{51} = 0,104314$	$k_{51} = 0,104804$	$k_{51} = 0,104944$	$k_{51} = 0,104804$
		P_{52}	$k_{52} = 0,104307$	$k_{52} = 0,104765$	$k_{52} = 0,104933$	$k_{52} = 0,104765$
		P_{53}	$k_{53} = 0,1043$	$k_{53} = 0,104717$	$k_{53} = 0,104917$	$k_{53} = 0,104717$
P_6	$a_6 = 0,127$	P_{61}	$k_{61} = 0,000358$	$k_{61} = 0,102724$	$k_{61} = 0,028243$	$k_{61} = 0,102724$
		P_{62}	$k_{62} = 0,060667$	$k_{62} = 0,000399$	$k_{62} = 0,10159$	$k_{62} = 0,000399$
P_7	$a_7 = 0,1288$	P_{71}	$k_{71} = 0,00125$	$k_{71} = 0,000399$	$k_{71} = 0,000213$	$k_{71} = 0,000399$
		P_{72}	$k_{72} = 0,088459$	$k_{72} = 0,102897$	$k_{72} = 0,03577$	$k_{72} = 0,102897$
P_8	$a_8 = 0,148$	P_{81}	$k_{81} = 0,000651$	$k_{81} = 0,101159$	$k_{81} = 0,011449$	$k_{81} = 0,101159$
		P_{82}	$k_{82} = 0,088459$	$k_{82} = 0,006904$	$k_{82} = 0,10159$	$k_{82} = 0,006904$

Результаты моделирования деятельности должностных лиц ЦУКС при функционировании системы информационно-аналитической поддержки (Приложение Г)

Для математического моделирования предлагается представить систему деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России как систему разнородных элементов, где N^{PP} — деятельность должностного лица в повседневном режиме; $N^{ЧС}$ — деятельность должностного лица в режиме ЧС [87].

Должностное лицо в данных режимах может находиться в следующих состояниях:

PP_1 — ожидания;

PP_2 — решения задач без использования методов и средств поддержки принятия решений;

PP_3 — решения задач с использованием методов и средств поддержки принятия решений;

$ЧС_1$ — ожидания;

$ЧС_2$ — решения задач без использования методов и средств поддержки принятия решений;

$ЧС_3$ — решения задач с использованием методов и средств поддержки принятия решений;

$ЧС_4$ — решения задач с использованием методов и средств информационно-аналитической поддержки.

Пусть на центр управления в кризисных ситуациях поступают пуассоновские потоки заявок на выполнение задач с интенсивностью λ^{PP} и $\lambda^{ЧС}$. Тогда интенсивность суммарного потока $A_2 = a(1 - e^{-y})$, где y — общее число задач.

Для моделирования предлагается:

- 1) составить граф состояний элементов системы;
- 2) написать дифференциальные уравнения для средних численностей состояний.

Введем следующие обозначения, отражающие состояние системы в тот или иной момент времени t :

m_1^{np} , $m_1^{чс}$ — среднее число должностных лиц в режиме ожидания в момент времени t в режиме соответственно повседневной деятельности и ЧС;

m_2^{np} , $m_2^{чс}$ — среднее число должностных лиц, решающих задачи без использования средств поддержки принятия решений в момент времени t в режиме соответственно повседневной деятельности и ЧС;

m_3^{np} , $m_3^{чс}$ — среднее число должностных лиц, решающих задачи с использованием средств поддержки принятия решений в момент времени t в режиме соответственно повседневной деятельности и ЧС;

$m_4^{чс}$ — среднее число должностных лиц, решающих задачи с использованием средств информационно-аналитической поддержки в момент времени t в режиме ЧС.

t_{23} — время на принятие решений по способу решения задачи;

t_{32} — время перехода к решению задачи в ручном режиме.

Граф системы состояний состоит из двух подграфов (рис. 1):

- 1) состояний элементов системы в режиме повседневной деятельности;
- 2) состояний в режиме ЧС.

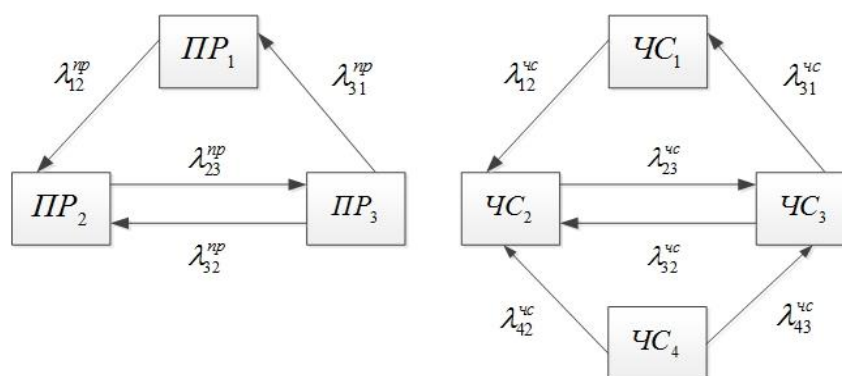


Рисунок 1 - Графы состояний системы

На основе метода динамики средних [28] для разработки математической модели, представляющей собой систему дифференциальных уравнений, вводятся вспомогательные переменные $R(x)$ и $\rho(x)$:

$$R(x) = \begin{cases} x, & \text{при } x \leq 1 \\ 1, & \text{при } x > 1 \end{cases}; \quad (1)$$

$$\rho(x) = \frac{R(x)}{x} = \begin{cases} 1, & \text{при } x \leq 1 \\ \frac{1}{x}, & \text{при } x > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Задачи, решаемые должностными лицами ЦУКС и поступающие от руководства ЦУКС в повседневном режиме, можно представить функцией $\lambda_{\text{норм}}^{np} = \lambda^{np} R(X_1^{np})$, в режиме ЧС — $\lambda_{\text{норм}}^{чс} = \lambda^{чс} R(X_1^{чс})$.

Следующим шагом будет расчет интенсивности потока задач при переходе элементов системы из одного состояния в другое. Таким образом, при переходе функционирования должностного лица из режима PP_1 в режим PP_2 λ^{np} определяется следующей функцией (40,41,42):

$$\lambda_{12}^{np} = \frac{\lambda_{\text{норм}}^{np}}{X_1^{np}} = \lambda^{np} \frac{R(X_1^{np})}{X_1^{np}} = \lambda^{np} \rho(X_1^{np}); \quad (3)$$

$$\lambda_{23}^{np} = \frac{1}{t_{23}^{np}}; \quad (4)$$

$$\lambda_{32}^{np} = \frac{1}{t_{32}^{np}}. \quad (5)$$

Интенсивность λ_{31} предлагается вывести через суммарную интенсивность потока задач во время ЧС и в повседневном режиме с использованием методов и средств поддержки принятия решений:

$$A_{\Sigma} = a \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{чс})} \right]. \quad (6)$$

Итоговое значение интенсивности λ_{31}^{np} получается путем деления суммарной интенсивности A_{Σ} на $X_3^{np} + X_3^{чс}$ и умножения на значение вероятности того, что будут использоваться методы и средства поддержки принятия решений $1 - P^{np}$:

$$\lambda_{31}^{np} = \frac{(1 - P^{np}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{чс})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{чс}}; \quad (7)$$

$$\lambda_{42}^{np} = \frac{(1 - P^{np}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_4^{чс})} \right]}{X_3^{np} + X_4^{чс}}; \quad (8)$$

$$\lambda_{43}^{np} = \frac{(1 - P^{np}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{чс} + X_4^{чс})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{чс} + X_4^{чс}}. \quad (9)$$

Таким же образом определяются интенсивности потоков событий для второго подграфа (режим ЧС).

$$\lambda_{12}^{uc} = \lambda^{uc} \rho(X_1^{uc}); \quad (10)$$

$$\lambda_{23}^{uc} = \frac{1}{t_{23}^{uc}}; \quad (11)$$

$$\lambda_{32}^{uc} = \frac{1}{t_{32}^{uc}}; \quad (12)$$

$$\lambda_{31}^{uc} = \frac{(1-P^{uc}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{uc})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{uc}}. \quad (13)$$

Итак, все интенсивности потоков событий для графов 1 и 2 найдены. Теперь запишем систему дифференциальных уравнений динамики средних:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dm_1^{np}}{dt} = -\lambda_{12}^{np} m_2^{np} + \lambda_{31}^{np} m_3^{np} = -\lambda_{np} \rho(X_1^{np}) m_2^{np} + \frac{m_3^{np} (1-P_{np}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{uc})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{uc}} \\ \frac{dm_2^{np}}{dt} = \lambda_{12}^{np} m_1^{np} + \lambda_{32}^{np} m_3^{np} - \lambda_{23}^{np} m_3^{np} = -\lambda^{np} \rho(X_1^{np}) m_1^{np} + \frac{m_3^{np}}{t_{32}^{np}} - \frac{m_3^{np}}{t_{23}^{np}} \\ \frac{dm_3^{np}}{dt} = -\lambda_{32}^{np} m_2^{np} + \lambda_{23}^{np} m_2^{np} - \lambda_{31}^{np} m_1^{np} = -\frac{m_2^{np}}{t_{32}^{np}} + \frac{m_1^{np}}{t_{23}^{np}} - \frac{m_1^{np} (1-P_{np}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{uc})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{uc}} \\ \frac{dm_1^{uc}}{dt} = -\lambda_{12}^{uc} m_2^{uc} + \lambda_{31}^{uc} m_3^{uc} = -\lambda_{uc} \rho(X_1^{uc}) m_2^{uc} + \frac{m_3^{uc} (1-P_{uc}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{uc})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{uc}} \\ \frac{dm_2^{uc}}{dt} = \lambda_{12}^{uc} m_1^{uc} + \lambda_{32}^{uc} m_3^{uc} - \lambda_{23}^{uc} m_3^{uc} = -\lambda^{uc} \rho(X_1^{uc}) m_1^{uc} + \frac{m_3^{uc}}{t_{32}^{uc}} - \frac{m_3^{uc}}{t_{23}^{uc}} \\ \frac{dm_3^{uc}}{dt} = -\lambda_{32}^{uc} m_2^{uc} + \lambda_{23}^{uc} m_2^{uc} - \lambda_{31}^{uc} m_1^{uc} = -\frac{m_2^{uc}}{t_{32}^{uc}} + \frac{m_1^{uc}}{t_{23}^{uc}} - \frac{m_1^{uc} (1-P_{uc}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{uc})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{uc}} \\ \frac{dm_4^{uc}}{dt} = -\lambda_{42}^{uc} m_2^{uc} - \lambda_{43}^{uc} m_3^{uc} = -\frac{m_2^{uc} (1-P^{np}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{uc})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{uc}} - \frac{m_3^{uc} (1-P^{np}) \left[1 - e^{-(X_3^{np} + X_3^{uc} + X_4^{uc})} \right]}{X_3^{np} + X_3^{uc} + X_4^{uc}} \end{array} \right. \quad (14)$$

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016619140

**Система интеллектуальной поддержки принятия
управленческих решений должностными лицами центров
управления в кризисных ситуациях МЧС России**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (RU)*

Авторы: *Остудин Никита Вадимович (RU),
Онов Виталий Александрович (RU)*

Заявка № 2016616968

Дата поступления 30 июня 2016 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 15 августа 2016 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017617679

**Система оценки деятельности должностных лиц центров
управления в кризисных ситуациях МЧС России**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (RU)*

Авторы: *Остудин Никита Вадимович (RU), Антюхов Валерий Иванович (RU), Онов Виталий Александрович (RU), Сафонов Дмитрий Павлович (RU)*

Заявка № 2017614647

Дата поступления 22 мая 2017 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 11 июля 2017 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017617625

Система сопровождения процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (RU)*

Авторы: *Остудин Никита Вадимович (RU),
Антюхов Валерий Иванович (RU)*

Заявка № 2017614641

Дата поступления 22 мая 2017 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 11 июля 2017 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017617627

**Система анализа информационной потребности
должностных лиц центров управления в кризисных
ситуациях МЧС России**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (RU)*

Авторы: *Остудин Никита Вадимович (RU),
Антюхов Валерий Иванович (RU)*

Заявка № 2017614643

Дата поступления 22 мая 2017 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 11 июля 2017 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



Акты внедрения результатов работы (Приложение Е)



Ю.С. Пасечник
2017 года

АКТ
о внедрении результатов исследования,
полученных в диссертации Н.В. Остудина на тему:
«Интеллектуальная поддержка деятельности должностных лиц центров
управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии управленческих
решений» по специальности
05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

Комиссия в составе: начальника Центра (оперативного реагирования), подполковника Киль Александра Сергеевича; начальника Центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, капитана внутренней службы Гильманова Артема Валерьевича; заместителя начальника Центра (оперативного реагирования) – начальника отдела (оперативно-аналитического), старшего лейтенанта Калмыкова Дениса Сергеевича; начальника отдела оперативного реагирования Центра (оперативного реагирования), капитана внутренней службы Логинова Антона Михайловича подтверждает, что результаты диссертационной работы Остудина Никиты Вадимовича «Интеллектуальная поддержка деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии управленческих решений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в практической деятельности ЦУКС Северо-Западного регионального центра МЧС России.

В деятельность должностных лиц подразделений внедрена, разработанная её автором Остудиным Никитой Вадимовичем, система сопровождения процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России, алгоритмы и модели процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС. Система сопровождения процессов интеллектуальной поддержки используется при оценке деятельности должностных лиц ЦУКС СЗРЦ МЧС России. Модели и алгоритмы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России используются для оценки возможности решения задач должностных лиц ЦУКС СЗРЦ МЧС России средствами интеллектуализации.

подполковник

А.С. Киль

капитан внутренней службы

А.В. Гильманов

старший лейтенант

Д.С. Калмыков

капитан внутренней службы

А.М. Логинов

УТВЕРЖДАЮ

ВрИО начальника ФКУ «ЦУКС ГУ
МЧС России по Псковской области»
подполковник внутренней службы

А.С. Бугаев

« 03 »

2017 года



АКТ

**о внедрении результатов исследования,
полученных в диссертации Н.В. Остудина на тему:
«Интеллектуальная поддержка деятельности должностных лиц центров
управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии
управленческих решений» по специальности
05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах**

Комиссия в составе:

председателя:

заместителя начальника центра по оперативному обеспечению,
подполковника внутренней службы Кузина Артема Юрьевича;

членов комиссии:

заместителя начальника центра (старшего оперативного дежурного),
майора внутренней службы Семенова Андрея Александровича;

заместителя начальника центра – начальника службы пожаротушения и
проведения аварийно-спасательных работ, подполковника внутренней
службы Самойленко Станислава Юрьевича;

начальника отдела организации оперативной службы, майора
внутренней службы Жукова Александра Рудольфовича;

ВрИО начальника отдела мониторинга и прогнозирования, капитана
внутренней службы Ласточкина Андрея Александровича.

настоящим подтверждает, что результаты диссертационной работы
Остудина Никиты Вадимовича «Интеллектуальная поддержка деятельности
должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России
при принятии управленческих решений», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук, использованы в практической
деятельности ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по Псковской области».

В деятельность должностных лиц подразделений внедрена, разработанная её автором Остудиным Никитой Вадимовичем, система интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России и система сопровождения процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. Система интеллектуальной поддержки используется для повышения обоснованности принимаемых решений при анализе степени происшествия. Система сопровождения процессов интеллектуальной поддержки используется при оценке деятельности должностных лиц ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по Псковской области», а также при анализе структуры и уровня наполненности паспортов безопасности районов Псковской области.

Председатель комиссии:
подполковник внутренней службы



А.Ю. Кузин

Члены комиссии:
майор внутренней службы



А.А. Семенов

подполковник внутренней службы



С.Ю. Самойленко

майор внутренней службы



А.Р. Жуков

капитан внутренней службы



А.А. Ласточкин

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии
ГПС МЧС России по учебной работе
полковник внутренней службы
к. воен. наук, доцент

М.В. Бедило
2017 г.



АКТ

о внедрении результатов исследования диссертации Н.В. Остудина на тему: «Интеллектуальная поддержка деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии управленческих решений» по специальности 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах» в учебный процесс Академии Государственной противопожарной службы МЧС России

Комиссия в составе: заместителя начальника учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий - начальника кафедры информационных технологий кандидата технических наук, доцента Хабибулина Рената Шамильевича, профессора кафедры информационных технологий доктора технических наук, профессора Топольского Николая Григорьевича, старшего преподавателя кафедры информационных технологий кандидата технических наук Мокшанцева Александра Владимировича подтверждает, что результаты диссертационного исследования Остудина Никиты Вадимовича на тему «Интеллектуальная поддержка деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии управленческих решений» внедрены в учебный процесс кафедры информационных технологий Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, а именно: методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России; модели и алгоритмы процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России.

Результаты внедрены в дисциплину «Интеллектуальные системы и технологии», направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии» (уровень бакалавриата).

кандидат технических наук, доцент

Р.Ш. Хабибулин

доктор технических наук, профессор

Н.Г. Топольский

кандидат технических наук

А.В. Мокшанцев

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по научной работе доктор политических наук, кандидат исторических наук

Т.В. Мусиенко
«12» _____ 2017 г.



АКТ

о внедрении результатов исследования диссертации Н.В. Остудина на тему: «Интеллектуальная поддержка деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии управленческих решений» по специальности 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах» в научную деятельность Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России

Комиссия в составе: начальника кафедры системного анализа и антикризисного управления кандидата технических наук, доцента Онова Виталия Александровича; заместителя начальника кафедры системного анализа и антикризисного управления кандидата технических наук, доцента Анашечкина Александра Дмитриевича; профессора кафедры системного анализа и антикризисного управления кандидата технических наук, профессора Антюхова Валерия Ивановича, профессора кафедры системного анализа и антикризисного управления кандидата технических наук, профессора Королькова Анатолия Павловича; профессора кафедры системного анализа и антикризисного управления кандидата военных наук, профессора Щетки Владимира Федоровича; доцента кафедры системного анализа и антикризисного управления кандидата технических наук, доцента Погребова Сергея Алексеевича подтверждает, что результаты диссертационного исследования Остудина Никиты Вадимовича на тему «Интеллектуальная поддержка деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии управленческих решений» внедрены в научную деятельность Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России, а именно: система интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России;

модели и алгоритмы процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России.

Результаты использованы в научно-исследовательской работе «Формализация процесса оценки деятельности должностных лиц органов повседневного управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС» кафедры системного анализа и антикризисного управления.

кандидат технических наук, доцент

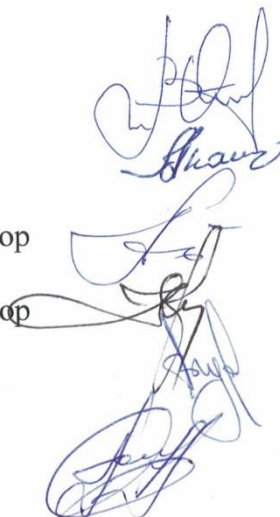
кандидат технических наук, доцент

кандидат технических наук, профессор

кандидат технических наук, профессор

кандидат военных наук, профессор

кандидат технических наук, доцент



В.А. Онов

А.Д. Анашечкин

В.И. Антюхов

А.П. Корольков

В.Ф. Щетка

С.А. Погребов