

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ  
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Академия Государственной противопожарной службы

 На правах рукописи

Береснев Денис Сергеевич

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ  
ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ  
ОПЕРАЦИЯМИ В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ**

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

Диссертация на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

д.т.н., профессор

Н.Г. Топольский

Москва 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b>	5
<b>Глава 1. Анализ проведения поисково-спасательных операций в природной среде</b> .....	10
1.1. Системный анализ проведения поисково-спасательных операций.....	10
1.2. Статистический анализ поисково-спасательных операций в природной среде .....	22
1.3 Анализ систем поддержки управления поисково-спасательных операций.....	29
Выводы по главе 1.....	37
<b>Глава 2. Модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при планировании и проведении поисково-спасательных операций</b> .....	38
2.1. Модель построения карт вероятностей местонахождения объекта поиска .....	38
2.2. Математические модели распределения сил и средств при проведении поиска относительно исходной точки и исходной линии .....	44
2.3. Алгоритм передислокации сил и средств при проведении поисково-спасательной операции.....	52
2.4. Моделирование и оптимизация параметров сети передачи данных в системе информационно-аналитического обеспечения поддержки управления поисково-спасательными операциями.....	58
2.5 Планирование и проведение поисково-спасательной операции при взаимодействии с ГИМС.....	63
2.6 Поддержка принятия управленческих решений при	

преодоления водных преград в зимний период времени.....	68
2.7 Экспериментальная проверка выполнения поисково-спасательных операций в природной среде с использованием предложенной модели построения карт вероятностей.....	71
Выводы по главе 2.....	79
<b>Глава 3. Разработка структуры, основных элементов, принципов функционирования и взаимодействия системы поддержки управления поисково-спасательными операциями.....</b>	<b>81</b>
3.1. Разработка структурной схемы системы поддержки управления поисково-спасательными операциями и ее основных элементов.....	81
3.2. Взаимодействие системы поддержки принятия управленческих решений при проведении поисково-спасательных операций с подразделениями министерств и ведомств .....	90
3.3. Поддержка принятия управленческих решений на основе многофункциональной интегрированной системы связи и управления....	93
3.4. Информационно-аналитическое обеспечение управления поисково-спасательными операциями в работе поисково-спасательной службы МЧС России .....	97
3.5 Разработка программного обеспечения системы поддержки управления поисково-спасательными операциями .....	101
Выводы по главе 3.....	103
<b>Заключение.....</b>	<b>104</b>
<b>Литература.....</b>	<b>106</b>
Приложение 1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ - Информационная система трехмерного проектирования поверхности земли.....	119
Приложение 2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ - Информационная система контроля знаний	120

обучающихся.....	
Приложение 3. Методика выбора эффективных мероприятий для предупреждения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях.....	121
Приложение 4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ - Построение карт вероятностей местонахождения объекта поиска в природной среде .....	122
Приложение 5. Листинг программного кода .....	123
Приложение 6. Акты внедрения .....	133

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Успех поисково-спасательной операции зависит от того, насколько быстро спланирована и проведена операция. Быстрое получение спасательными центрами имеющейся информации необходимо для всесторонней оценки ситуации, скорейшего принятия решения об оптимальном комплексе мер и своевременного приведения в действие средств поиска с целью обнаружения и спасения терпящих бедствие лиц в максимально короткий срок. Опыт показывает, что шансы на выживание лиц, получивших телесные повреждения (растяжения, переломы, раны, ожоги и др.), уменьшаются на 80% в первые 24 часа, а шансы лиц, не получивших телесных повреждений, резко снижаются после первых трех дней. После происшествия даже лица, не получившие телесных повреждений, которые предположительно считаются здоровыми и способными логически мыслить, зачастую не могут справиться с самыми простыми задачами и, как показывает практика, затрудняют, замедляют и даже препятствуют своему спасению. Особенно остро вопрос времени спасения стоит в регионах с суровыми и экстремальными природно-климатическими условиями. Данные регионы занимают 2/3 площади России. В зимний период времени значение среднемесячных температур на этой территории составляет ( $-30^{\circ}$  –  $-35^{\circ}C$ ), наблюдаются сильные ветра с порывами до 30-40 м/с, которые значительно снижают шансы на выживание и затрудняют проведение поисково-спасательных операций. В летний период на территории России ситуация осложняется отсутствием дорог, а также низкой плотностью населения на большей части страны. В последнее время идет активная популяризация туризма и отдыха в России, что способствует увеличению числа лиц попавших в чрезвычайное происшествие.

Анализ статистических данных показал, что процент людей, пропавших без вести или найденных уже мертвыми при проведении поисково-спасательных операций (ПСО), составляет 20%.

Особенностью работы поисковых групп в природной среде является большая площадь района поиска пострадавших. В настоящее время при проведении поисково-спасательных операций в природной среде не в полной мере используются научные методы и математический аппарат. В существующих

методиках проведения поисково-спасательных операций оценка местонахождения объекта поиска осуществляется на основе субъективного мнения руководителя операции, что влечет ошибки в поиске. Отсутствие моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки управления ПСО приводит к увеличению времени поиска пострадавшего и нерациональному использованию имеющихся сил и средств.

Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью совершенствования существующих методов поиска за счет разработки моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки управления поисково-спасательными операциями.

В основе настоящей диссертационной работы лежат результаты научной деятельности отечественных и зарубежных ученых, занимающихся исследованием поисково-спасательных работ: Л.Г. Одинцова, Н.В. Трофимовой, В.О. Коорман, W. Syrotuck, D.C. Cooper, J.R. Frost и др.; в области систем поддержки принятия решений и автоматизированных информационных систем: Н.Г. Топольского, Ю.В. Пруса, Р.Ш. Хабибулина, Е.А. Мешалкина, А.В. Мокшанцева и др.

**Объектом исследования диссертационной работы** является поддержка управления поиском пострадавших в природной среде.

**Предметом исследования** являются модели и алгоритмы поддержки управления при проведении поисково-спасательных операций в природной среде.

**Целью исследования** является разработка моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки для совершенствования управления поисково-спасательными операциями в природной среде.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи.

1. Анализ поисково-спасательных операций в природной среде и выявление критериев, влияющих на распределение вероятности местонахождения объекта поиска. Анализ используемых программно-технических средств обеспечения управления поисково-спасательными операциями.

2. Разработка моделей и алгоритмов построения карт вероятностей местонахождения объекта поиска, определения оптимального распределения сил и средств и маршрутов передислокации сил и средств.

3. Моделирование и экспериментальное исследование поисково-спасательных операций в целях подтверждения адекватности предложенных моделей и алгоритмов.

4. Разработка структурной и функциональной схем информационно-аналитического обеспечения поддержки управления поисково-спасательными операциями.

**Основные методы исследования.** В диссертации использованы методы целевого программирования, теория вероятностей и случайных процессов, теория систем и системного анализа.

**Новизна научных результатов** заключается в следующем.

1. На основе анализа поисково-спасательных операций в природной среде определены основные критерии, влияющие на местонахождение объекта поиска. Проведен анализ систем поддержки управления поисково-спасательными операциями.

2. Разработана модель построения карты вероятности местонахождения объекта поиска в природной среде, использующая полученные критерии, а также расстояния до последнего известного местонахождения объекта поиска.

3. Разработана математическая модель определения оптимального маршрута передислокации сил и средств на основе двухкритериального комплексного показателя для информационно-аналитического обеспечения ЛПР.

4. Обоснованы и разработаны алгоритмы информационно-аналитического обеспечения управления поисково-спасательными операциями, осуществляющие поддержку принятия решений руководителя при планировании и осуществлении поиска – алгоритм работы информационно-аналитического обеспечения поддержки управления поисково-спасательными операциями, алгоритм построения карт вероятностей, алгоритм передислокации сил и средств, алгоритм взаимодействия ЛПР с системой поддержки управления при проведении поиска в природной среде, алгоритм взаимодействия с ГИМС.

**Практическая ценность и значимость работы** заключаются в том, что использование предлагаемых математических моделей и алгоритмов информационно-аналитического обеспечения управления поисково-спасательными операциями позволяют обеспечить поддержку принятия

управленческих решений руководителю поисково-спасательных операций путём построения карт вероятностей местонахождения объекта и определения оптимального распределения имеющихся сил и средств.

**Достоверность** полученных результатов обеспечивается применением апробированного математического аппарата, проведением вычислительного эксперимента и удовлетворительной сходимостью теоретических и экспериментальных результатов.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации докладывались на международных научно-технических конференциях «Системы безопасности» (Москва, Академия ГПС МЧС России, 2013 – 2017 гг.), научно-практических конференциях молодых учёных и специалистов «Проблемы техносферной безопасности» (Москва, Академия ГПС МЧС России, 2014 – 2018 гг.), VI международной научно-практической конференции «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы перспективы» (Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2014 г.), на научно-технических семинарах учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий Академии Государственной противопожарной службы МЧС России (2013 – 2019 гг.) и др.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 17 работ, в том числе 6 работ опубликовано в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России, 4 работы опубликованы в единоличном авторстве, получено 4 свидетельства Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Личный вклад автора.** Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, состоит в следующем: в работах [2], [33], [46], автору принадлежит модель и алгоритм передислокации сил и средств; в работах [19], [22], [27] – модель и алгоритм построения карт вероятностей местонахождения объекта поиска; в работах [36], [47] – алгоритм распределения сил и средств при проведении поисково-спасательных операций; в работах [10], [37], [41] – концепция комплексного подхода при проведении поисково-спасательных операций.



**Внедрение результатов работы.** Результаты диссертационной работы использованы:

– в научно-технической компании ООО «Научно-логистический центр», связанные с научно-методическим обоснованием и разработкой поддержки принятия управленческих решений при проведении поисково-спасательных операций в Арктической зоне;

– в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России при выполнении научно-исследовательских работ и в учебном процессе при проведении занятий по дисциплинам «Информационные технологии управления», «Информационно-аналитические технологии государственного и муниципального управления», «Информационные технологии в сфере безопасности», «Информационные технологии управления в РСЧС»;

– в научно-технической компании ООО «ГлобалКонтроль», связанные с научно-методическим обоснованием и разработкой модели построения карт вероятностей местонахождения объекта поиска в научной деятельности общества с ограниченной ответственностью «ГлобалКонтроль», а также при производстве комплексов связи и управления.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- модели построения карты вероятности местонахождения объекта поиска в природной среде и определения оптимального маршрута передислокации сил и средств;

- алгоритм построения карт вероятностей, алгоритм распределения сил и средств, алгоритм передислокации сил и средств к месту поиска;

- алгоритм работы, структура и схема системы информационно-аналитического обеспечения управления поисково-спасательными операциями;

- результаты моделирования проведения поисково-спасательных операций в природной среде на основе разработанных моделей и алгоритмов.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объём диссертации 136 страниц. Работа иллюстрирована 44 рисунками и 16 таблицами. Библиографический список включает 97 наименований.

## **ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ**

### **1.1. Системный анализ проведения поисково-спасательных операций**

Поисково-спасательные операции входят в перечень аварийно-спасательных работ. Аварийно-спасательные работы (АСР) - это действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне чрезвычайных ситуаций, локализации чрезвычайных ситуаций и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов [1]. АСР характеризуются наличием факторов, угрожающих жизни и здоровью проводящих эти работы людей, и требуют специальной подготовки, экипировки и оснащения. К аварийно-спасательным работам относятся поисково-спасательные, горноспасательные, газоспасательные, противодонные работы, а также аварийно-спасательные работы, связанные с тушением пожаров, работы по ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций и другие, перечень которых может быть дополнен решением Правительства Российской Федерации [1].

В настоящей работе рассматриваются непосредственно поисково-спасательные операции. Из названия видно, что данные работы состоят из двух частей – проведения поиска пострадавших и проведения спасательных работ. Поисковые операции — одна из наиболее дорогостоящих, связанных с опасностью работ. Во многих случаях поиск является также единственным возможным способом обнаружения оставшихся в живых и оказания им помощи. До проведения поиска и через небольшие интервалы в ходе поиска вся полученная информация должна тщательно анализироваться и оцениваться. Прежде всего, необходимо проанализировать все признаки, указывающие на вероятное состояние и местонахождение оставшихся в живых, и обеспечить безопасность поисковых средств и их экипажей. Поиск предшествует спасению. Когда местоположение пострадавшего или другого объекта поиска известно достаточно точно, поиск упрощается до визуального определения местоположения объекта по прибытию в указанную точку. Но имеют место и

такие случаи, когда поиски длятся неделями и занимают 99 % общих трудозатрат операции [2, 3]. Спасательная фаза может и не начаться, так как поиск может ни к чему не привести. Руководитель поисково-спасательной операции в природной среде с самого её начала имеет дело с недостатком значимой информации, что затрудняет и увеличивает сроки проведения поисковых операций.

Когда в подразделение поисково-спасательной службы (ПСС) МЧС России поступают первые сведения о потере человека, собранная информация и начальные действия часто имеют решающее значение для успешного проведения поисково-спасательной операции. Всегда следует исходить из предположения, что человек жив и нуждается в помощи и шансы на выживание с течением времени непрерывно уменьшаются. Успех операции зависит от того, насколько быстро спланирована и проведена такая операция. Быстрое получение спасательными центрами всей имеющейся информации необходимо для всесторонней оценки ситуации, скорейшего принятия решения об оптимальном комплексе мер и своевременного приведения в действие средств поиска с целью обнаружения и спасения терпящих бедствие лиц в максимально короткий срок.

Поисково-спасательная служба МЧС России является подведомственным учреждением Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и предназначена для проведения поисково-спасательных операций в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В состав поисково-спасательной службы (ПСС) МЧС России на сегодняшний день входят 8 региональных поисково-спасательных отрядов (РПСО), 38 филиалов (10 поиска и спасания на водных объектах), Байкальский ПСО, Отряд «Центроспас», Арктический спасательный научно-учебный центр «Вытегра», Южный конно-кинологический центр (филиалы в Геленджике, Архызе и Симферополе). Структура ПСС МЧС России представлена на рисунке 1.1.

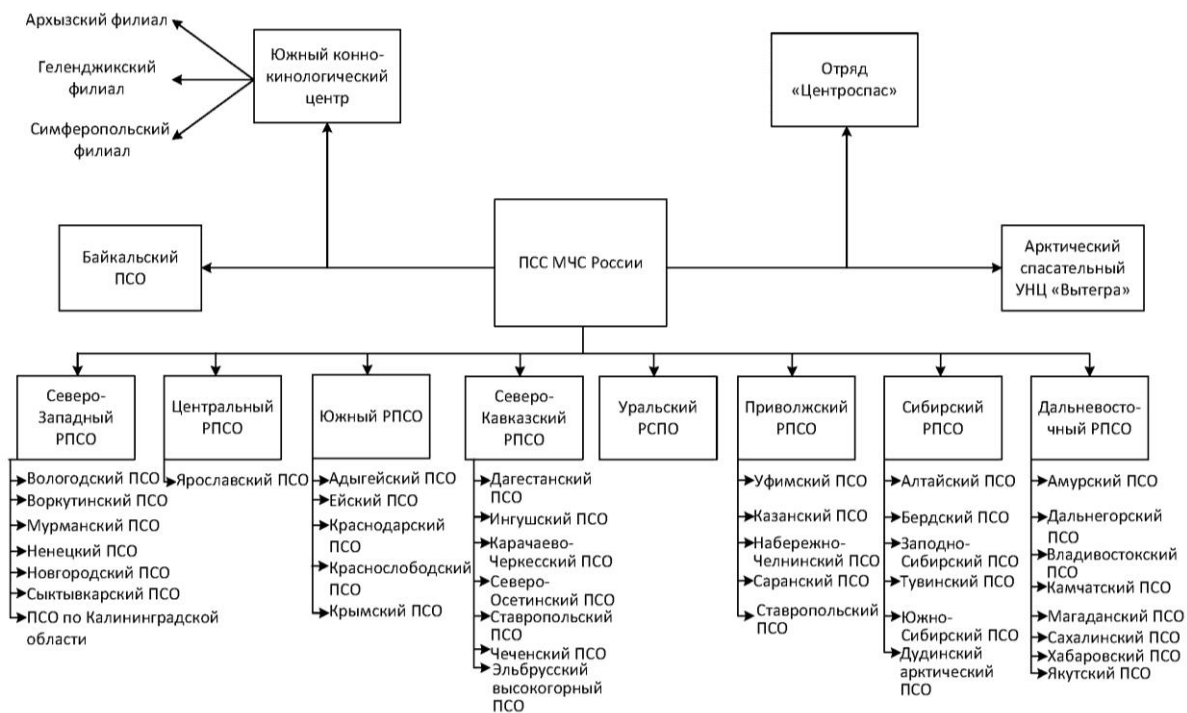


Рисунок 1.1 - Структура поисково-спасательной службы МЧС России

В состав ПСС МЧС России входят органы управления службы, поисково-спасательные отряды (ПСО) и подразделения обеспечения. Служба, имеющая в своем составе региональный поисково-спасательный отряд (РПСО), является базовой для региона ее дислокации.

В своей деятельности ПСС МЧС России руководствуется законами и нормативными правовыми актами Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, нормативными актами МЧС России, региональных центров по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий МЧС России (далее – РЦ МЧС России) и уставом ПСС МЧС России.

ПСС МЧС России осуществляет свою повседневную деятельность под непосредственным руководством РЦ МЧС России, а также во взаимодействии с постоянно действующими органами управления при органах исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органах местного самоуправления, специально уполномоченными на решение задач в области защиты населения и территорий. Данная служба входит в состав функциональной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Основными задачами ПСС МЧС России являются [1]:

1) Поддержание в постоянной готовности органов управления, сил и средств поисково-спасательных формирований к выполнению задач по назначению.

2) Контроль за готовностью обслуживаемых объектов и территорий к проведению на них работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций.

3) Организация и проведение поисково-спасательных операций в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера.

В целях решения возлагаемых задач поисково-спасательные формирования ПСС МЧС России:

- создают необходимую материально-техническую базу;
- разрабатывают оперативные документы по вопросам организации и проведения поисково-спасательных операций в соответствии с предназначением;
- осуществляют подготовку, переподготовку, повышение квалификации штатных сотрудников поисково-спасательных формирований ПСС МЧС России;
- готовят спасателей и поисково-спасательные формирования к аттестации на право ведения аварийно-спасательных работ;
- осуществляют мероприятия по реабилитации, социальной и правовой защите работников поисково-спасательных формирований ПСС МЧС России и членов их семей;
- обмениваются опытом работы с другими, в том числе, международными спасательными службами и формированиями;
- участвуют в разработке органами исполнительной власти субъектов РФ планов предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- участвуют в подготовке спасателей общественных аварийно-спасательных формирований (спасателей-общественников);
- участвуют в подготовке населения к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций.

Полный перечень задач и функций, возлагаемых на конкретные поисково-спасательные формирования, определяется региональными центрами, органами управления по делам ГО и ЧС, по согласованию с МЧС России, в соответствии с их полномочиями и закрепляется в уставах (положениях) указанных формирований. Алгоритм действий аварийно-спасательных формирований при сообщении о ЧС рассмотрен ниже.

При поступлении сообщения о пропавшем человеке (или случившемся ЧС) в дежурную часть, оперативный дежурный уточняет у заявителя информацию об объекте поиска, обстоятельствах пропажи и фиксируется в установленной форме (на бумажном носителе).

После сбора основных сведений о происшествии, начальник дежурной смены (НДС) докладывает о факте пропажи человека (или ЧС) и передает полученные сведения заместителю начальника центра по оперативной работе, который назначает РПСО (согласно графику дежурства или отдельным распоряжением). После назначения лица, ответственного за сбор информации о пропавшем человеке, НДС выдает данному лицу на руки пакет документов из папки оперативно-контрольного дела (ОКД) для сбора информации. Папка ОКД, откуда выданы бланки, остается в центре для дальнейшего документального сопровождения.

В случае поступившего отказа от заявителя о проведения ПСО, заполненные бланки из ОКД уничтожаются сотрудниками в установленном порядке.

РПСО приступает к дальнейшему сбору информации, который включает в себя:

- составление списка информаторов, который может в дальнейшем пополняться;
- опрос (желательно независимый) каждого информатора (допускается проведение опроса по телефону);

- сбор информации из дополнительных источников.

Под сбор информации из дополнительных источников подразумевает получение необходимых сведений от людей, знакомых с районом поиска. Это могут быть местные работники полиции, работники местного лесхоза, работники лесозаготовительных, геологических и т.п. организаций, служащие войсковых частей (расположенных в данной местности), опытные охотники, рыбаки (знакомые с данной местностью), работники местной поселковой администрации, начальники пожарных частей.

Одновременно со сбором сведений РПСО оповещает указанных лиц о пропаже человека, определяет канал связи с ними и передаёт приметы пропавшего. До начала активной фазы поисков следует использовать все возможные каналы сбора информации по телефону, радиосвязи и т.п. Сбор информации с использованием средств связи гораздо более эффективен, чем обследование плохо просматриваемой местности.

Схема прохождения информационных потоков при проведении поисково-спасательных операций представлена на рисунке 1.2.

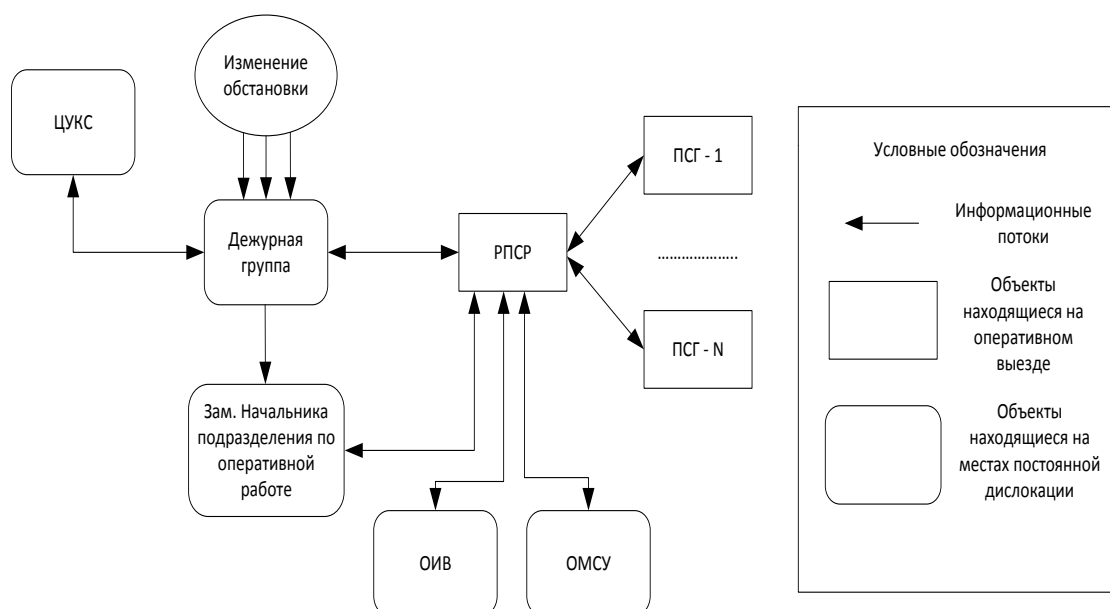


Рисунок 1.2 - Схема информационных потоков при проведении поисково-спасательных операций

Исходя из схемы видно, что РПСО не является центральным объектом в

системе информационных потоков, и часть информации проходит через посредников, что может привести к искажению и потере информации. При этом достоверность и полнота информации необходима РСНР при принятии управленческих решений.

При поисках здорового человека ПСО начинаются на следующий день или через день после пропажи, при поисках людей с серьезными заболеваниями, детей, беременных женщин – немедленно. Также немедленно следует проводить поиски при наличии в районе поисков опасных для жизни факторов – внезапной плохой погоды, низкой температуры и т.п.

После того, как собраны достаточные сведения, РПСО должен выработать одну или несколько версий поведения пропавшего и развития ситуации и в соответствии с этими версиями определить район поисков. Данный выбор основывается на полученной информации и личного опыта РПСО.

После принятия решения о проведении ПСО, учитывая размер, форму и удаленность района поисков, а также имеющиеся в его распоряжении ресурсы, РПСО определяет:

- ориентировочное время проведения ПСО;
- порядок выдвижения в район поисков поисково-спасательных групп (ПСГ);
- место расположения временной базы (лагеря);
- задание для каждой из задействованных на поисках групп на первый операционный период.

В полученном районе поиска отмечают дороги, тропинки, берега рек, ручьи, удобные для движения линейно ориентированные склоны, водоразделы и т.д., как потенциальные направления движения пропавшего. Данные направления, отмеченные на карте, необходимо также проанализировать на предмет определения логичных мест возможного отклонения (схода с маршрута) и обозначения новых потенциальных направлений движения пропавшего.

Вопрос о необходимом количестве ресурсов (людей, техники и т.п.)



является самым сложным при планировании. Количество людей и техники, которыми располагает РПСО, никогда не позволяет эффективно перекрыть весь район. Руководителю ПСО приходится, опираясь на свой опыт и первичные расчеты, распределять силы по району поиска.

По прибытию на место осуществляются поисково-спасательные работы. Отслеживание оперативной обстановки в районе поисков ведет дежурная группа спасательного центра, она же информирует руководство центра и РПСО об изменениях обстановки.

При обследовании района поиска старшие ПСГ ведут поисковый журнал, представляющий собой тетрадь, в которую вносится вся информация полученная в ходе работ.

Затем в районе поиска выделяются места возможного пребывания пропавшего. В первую очередь обследованию подлежат те из подобных участков и направлений, которые находятся близко к вероятному направлению движения пропавшего (если оно известно). В случае получения отрицательного результата, а также в случае отсутствия сведений о вероятном направлении движения пропавшего, необходимо в процессе поиска уделить внимание всем перспективным участкам и направлениям.

При получении отрицательного результата пересматривается район и маршруты поиска. После обнаружения объекта поиска проводятся спасательные работы и при необходимости его отправляют в медицинское учреждение. Силы и средства возвращаются на место постоянной дислокации.

Проведя анализ ПСО, можно выделить пять последовательных этапов [4, 5, 6, 7], представленных на рис.1.3.

Эти этапы представляют собой комплексы мероприятий, как правило, осуществляемых ПСС в ходе реагирования на сообщение с момента поступления в систему первых сведений до завершения мер реагирования. При реагировании на то или иное конкретное происшествие все пять этапов могут не потребоваться. При некоторых инцидентах мероприятия одного этапа могут совпадать с

мероприятиями другого этапа, и таким образом отдельные мероприятия двух или нескольких этапов осуществляются одновременно.

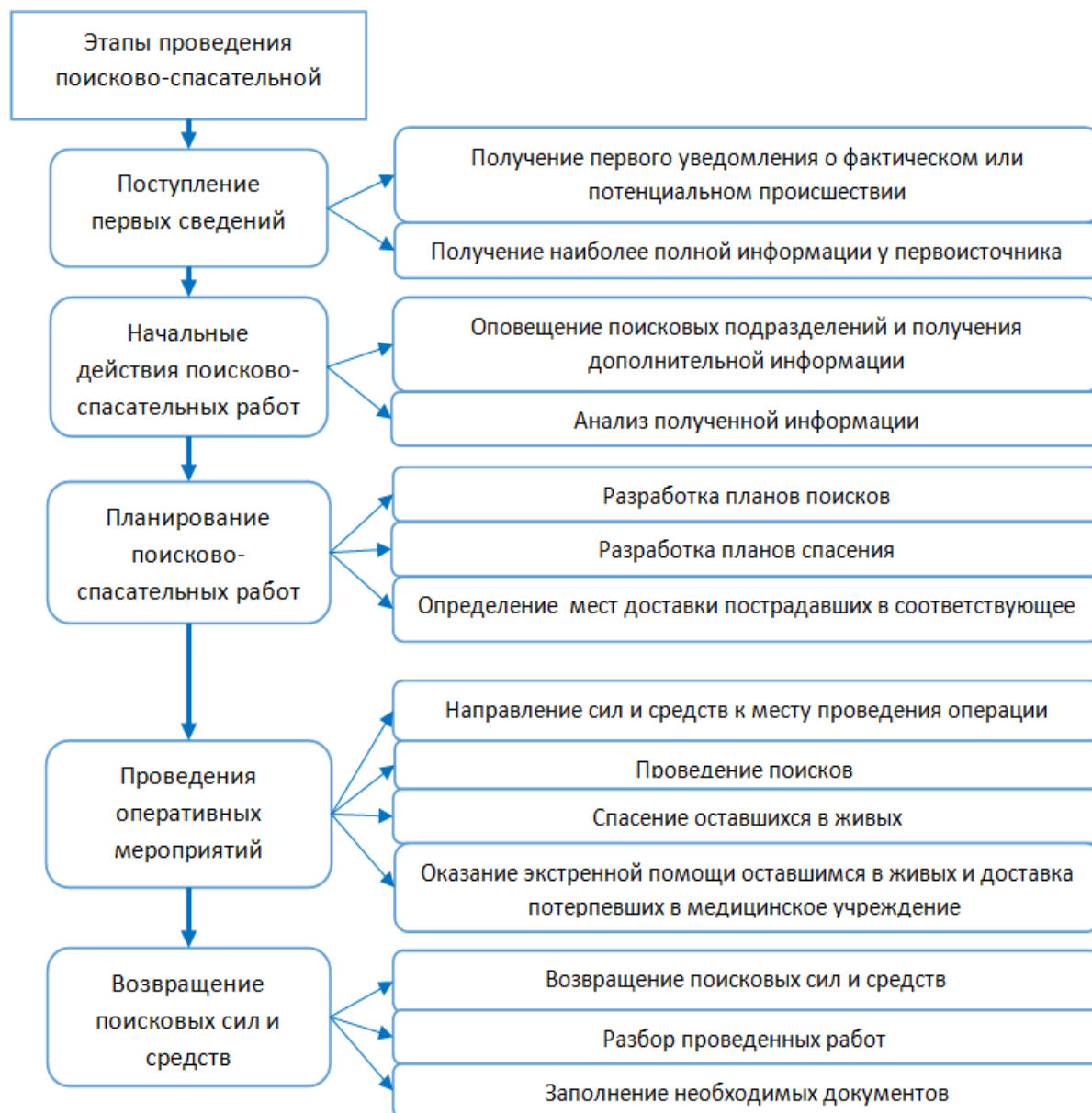


Рисунок 1.3 – Этапы реагирования ПСС МЧС России на ЧС

Первый этап – это поступление первых сведений. Наличие у любого сотрудника или подразделения ПСС сведений о существовании или возможности существования чрезвычайной ситуации.

Второй этап - начальные действия. Предварительные действия, предпринимаемые с целью оповещения поисковых подразделений и получения дополнительной информации. Этот этап может включать в себя оценку и классификацию информации, аварийное оповещение поисковых подразделений,

проверку связи и, в экстренных случаях, немедленное осуществление соответствующих мероприятий, относящихся к другим этапам.

Третий этап - планирование. Разработка оперативных планов, включая планы поиска, спасения и конечной доставки спасённых в соответствующее медицинское учреждение или другие безопасные места.

Четвертый этап - оперативные мероприятия. Направление сил и средств к месту проведения операции, проведение поисков, спасание оставшихся в живых, оказание необходимой экстренной помощи оставшимся в живых и доставка потерпевших в медицинское учреждение.

Пятый этап заключается в возвращении поисковых сил и средств в центры постоянного нахождения, в которых производится их опрос, дозаправка топливом, пополнение запасов и подготовка к другим операциям, подготовка сотрудников к своей обычной деятельности и завершение подготовки всех необходимых документов.

#### *Этап поступления первых сведений.*

Этап поступления первых сведений начинается с получения первого уведомления о фактическом или потенциальном происшествии подразделениями МЧС России. О возникновении ЧС могут сообщить пострадавшие, находящийся поблизости сотрудники или граждане; информацию могут получить посты аварийного оповещения. В качестве первых сведений можно рассматривать отсутствие связи или факт неприбытия. Любое лицо, которому стало известно о фактическом или потенциальном происшествии, требующем привлечения ПСС, должно немедленно сообщить об этом в подразделения МЧС. Все сообщения, касающиеся происшествия, полученные до или в ходе поисково-спасательных операций, должны тщательно оцениваться для определения их достоверности, срочности принятия мер и масштаба операции. Оценка должна быть всесторонней, решения и меры должны приниматься в кратчайшие сроки [4]. Если невозможно своевременно получить подтверждение о надежности информации, следует предпринять действия даже на основании неподтвержденного сообщения, а не ждать его проверки. Особые трудности с

точки зрения оценки возникают в связи с сообщениями о не прибывших в расчетное время объектов поиска:

а) Задержки при передаче сообщений средствами связи. В ряде районов России задержки при передаче сообщений средствами связи могут привести к несвоевременному поступлению сведений о местоположении и прибытии. Подразделения МЧС должны учитывать это обстоятельство при оценке степени важности сообщения для предотвращения неоправданного ввода режима ЧС.

б) Метеорологические условия. Неблагоприятные метеорологические условия могут привести к задержкам в передаче сообщений из-за нарушения связи и отклонения от плана маршрута.

в) Профессиональные привычки проводника или водителя (если они известны). Известно, что некоторые проводники определенным образом реагируют на конкретные обстоятельства. Знание их привычек, включая предпочтения при выборе маршрута, может помочь при оценке того или иного происшествия, а также при последующем планировании и проведении поисковых операций.

После оценки всей полученной информации и в случае объявления чрезвычайной ситуации органы РСЧС немедленно информируют все соответствующие полномочные органы, центры, службы или средства. В тех случаях, когда осуществление поисково-спасательной операции ведется несколькими подразделениями, налаживается их координация, и каждое подразделение информирует другие о действиях, предпринятых в связи с проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР).

#### *Этап начальных действий*

Этап начальных действий начинается с периода, когда подразделения МЧС приступают к осуществлению мер реагирования, хотя некоторые мероприятия, такие, как оценка, могут начинаться в рамках этапа поступления первых сведений и продолжаться в ходе всех этапов. К начальным действиям относятся: назначение координатора поисково-спасательной операции, оценка происшествия, поиски с помощью средств связи.

Процедура первоначального сбора информации требует соблюдения ключевого условия, выполнение которого кардинальным образом влияет на конечный результат. Проводит ее специалист, который в дальнейшем будет руководителем ПСО, имеющий достаточный опыт и представляющий картину предстоящей работы. Это исключает потери и искажение информации при передаче её другому лицу. Малозначительные на первый взгляд факты, которые теряются при передаче, могут повлиять на весь ход поисковой операции [8].

Для соблюдения этого условия предпочтителен следующий алгоритм действий [4]:

1. Диспетчер при поступлении сигнала выясняет основные сведения о ЧС:

- сведения о заявителе;
- канал обратной связи;
- предположительное место, дату, время начала бедствия (исчезновения);
- дату, время, до истечения которого объект поиска должен был прибыть в определенное место (выйти на связь);
- техническое состояние пропавшего транспортного средства, состояние здоровья пропавшего (если пропал человек).

2. Диспетчер передает сведения уполномоченному лицу, который назначает руководителя ПСО (РПСО).

3. РПСО приступает к дальнейшему сбору информации.

Сбор информации включает:

1. Составление списка информаторов, который может в дальнейшем пополняться.

2. Опрос каждого информатора. Допускается проведение опроса по имеющимся средствам связи.

3. Сбор информации из дополнительных источников.

Оповещение и повышение степени готовности, так же как и выдвижение сил и средств в район поисков возможно на этапе первоначальных действий, если имеется уверенность в необходимости их применения по решению РПСО. Следующие этапы подробно рассматриваются ниже.

## 1.2. Статистический анализ поисково-спасательных операций в природной среде

В настоящее время поисково-спасательными подразделениями не уделяется должного внимания оптимизации проведения поисково-спасательных операций в природной среде. Поиски занимают много времени, в связи с чем руководители подразделений, по возможности, не отправляют на поиски большие силы и средства, находящиеся в первом эшелоне и готовые выехать на более крупные ЧС [9]. Эффективность поисков малыми силами крайне низка. Пешие поиски подразумевают большие затраты физических сил участниками. Авиация применяется редко, в основном по резонансным случаям.

В работе проведен анализ ПСО подразделений МЧС России. На рисунке 1.4 показано количество спасенных и количество погибших человек при проведении ПСО в природной среде [10].

Из анализа диаграммы (рисунок 1.4) следует, что существует тенденция к снижению общего количества человек, пропавших в природной среде. Тем не менее, соотношение числа спасенных и числа погибших имеет стабильно установившееся значение в 80% и 20% соответственно.

Для поиска пропавших в природной среде, используются два способа:

- наземный поиск;
- воздушный поиск.

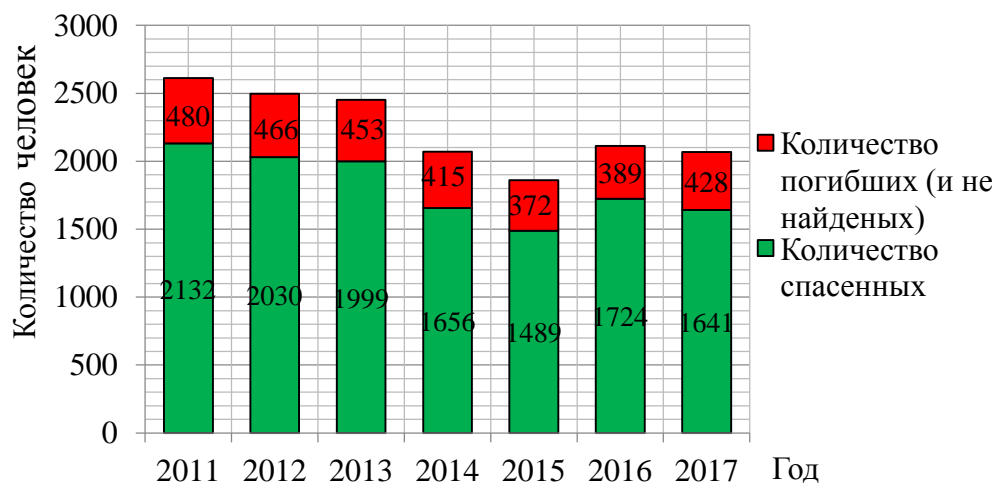


Рисунок 1.4 – Результаты поисково-спасательных операций проведенных подразделениями МЧС России

Наземный поиск основан на аудиовизуальном и визуальном обследовании. При наземном поиске спасательные подразделения Российской Федерации применяют три метода: точечный поиск (по ориентирам), поиск по квадратам (аудиовизуальный) и поиск прочёсыванием.

Наиболее распространённый метод - точечный поиск. Руководитель ПСО (РПСО) оценивает район поиска и определяет ориентиры, куда мог бы направиться объект поиска. Он делит участников поиска на поисково-спасательные группы (ПСГ) и направляет их в данные ориентиры. Минусом данного метода является то, что решения РПСО носят субъективный характер, на принятия которых могут влиять многочисленные факторы (опыт, усталость, настроение и т.д.). В дополнение к вышесказанному, данный метод упускает из виду большую площадь района поиска.

Поиск по квадратам применяется при количестве участников достаточном, чтобы пройти за один или несколько операционных периодов весь определенный РПСО район с интервалом в 100-300 м. РПСО делит район на квадраты со стороной 100-300 м и каждой группе определяет список квадратов, который следует посетить в данном операционном периоде. При движении участники поиска каждые 2-3 минуты кричат, чтобы привлечь внимание пропавшего. За 4 часа непосредственно поисков на одного участника приходится 0,5-2 кв. км обследованной местности. Спасатели в группах могут расходиться на расстояние голоса и больше, при наличии УКВ радиостанций [11]. Недостатком данного способа является необходимость привлечения достаточно большого количества человек, а также то, что объект поиска может находиться в бессознательном состоянии и не отреагировать на проходящих рядом спасателей.

Поиск прочёсыванием применяется для поиска детей дошкольного возраста, людей с отклонениями в психике, тел погибших, отдельных молчащих объектов. Участники выстраиваются вдоль линейного ориентира с расстоянием между людьми, как правило, на дистанции прямой видимости. На флангах – наиболее опытные специалисты – спасатели, егеря и др. с УКВ радиостанциями. Размер отдельной цепи – не более 20 человек. При большем количестве людей цепь

разрушается и хорошего качества обследования местности не получается, кроме того, затруднены перестроения. Руководитель группы с УКВ радиостанцией занимает позицию в центре, либо на одном из флангов. По его команде цепь начинает движение, обычно перпендикулярно ориентиру и движется до другого линейного ориентира. Направление движения определяется участниками на флангах. Длина одного маршрута не должна превышать 2 км, иначе цепь разрушается. Если в цепи неопытные участники, рельеф сложен или имеются другие усложняющие факторы, длина маршрута уменьшается до 500-1000 метров. По окончании маршрута цепь смещается и по команде начинает движение в обратном направлении [11]. Недостатком поиска методом прочесывания является использование большого количества сил, которых в большинстве случаев недостаточно в подразделениях аварийно-спасательных формирований. В дополнение к этому, данный метод очень энергозатратный.

В зарубежных странах методы поиска имеют отличия от используемых в нашей стране. Подразделения спасения в некоторых других странах используют метод оценки вероятности местонахождения объекта поиска на определенной территории. На основе данной оценки спасатели строят сценарии и осуществляют поиск. Использование данного метода повышает эффективность использования имеющихся в распоряжении сил и средств. Однако оценка вероятности местоположения объекта поиска осуществляется на основе субъективного мнения РПСО, что, как уже говорилось выше, не всегда отражает реальную картину.

Построить модель поведения пропавших представляется возможным только для конкретного региона, имеющего однородные природные характеристики и привычки живущих в нем людей [4]. Причем модель может опираться только на статистику, накопленную в данном регионе, а не на теоретические заключения РПСО о том, как ведет себя тот или иной человек. Общими для разных регионов могут быть только профили поведения маленьких детей, не получивших еще полноценного воспитания и не имеющих устоявшихся привычек, а также людей с отклонениями в психике. Такая работа ведется во многих странах путем сбора и обработки информации по каждому случаю, анализа и выявления характерных



особенностей различных групп людей. Результатом являются рекомендации, касающиеся распределения вероятности пребывания пропавшего в районе поисков [12].

Таким образом, статистические данные и проведенный анализ ПСО подтверждают наличие ряда проблем, связанных с планированием и проведением поиска.

Был проведен анализ ПСО Санкт-Петербургской региональной общественной организации «Объединение добровольных спасателей «Экстремум»» (СПб РОО «ОДС «Экстремум»») [10].

На рисунке 1.5 показано:

- количество людей, которые были найдены спасателями;
- количество людей, которые вышли самостоятельно;
- количество людей, которых не нашли (или погибли).

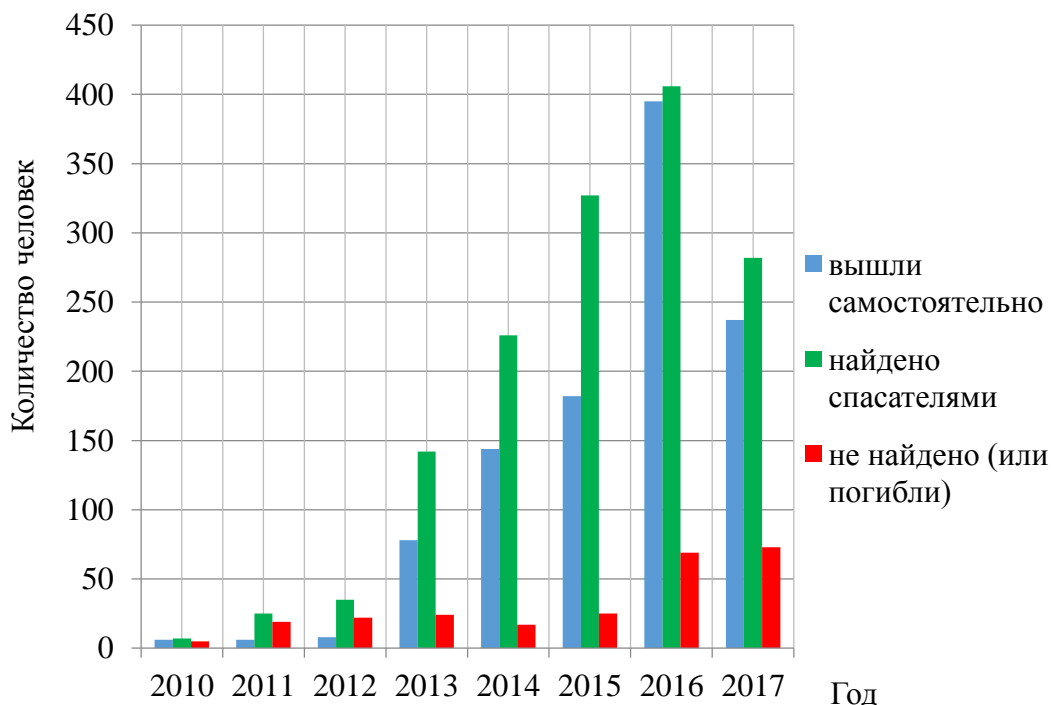


Рисунок 1.5 – Результаты ПСО проведенных СПб РОО «ОДС «Экстремум»»

По результатам анализа в работе выделены следующие места, рядом с которыми были найдены люди:

$O_1$  - кромка воды (территория в непосредственной близости от воды);

$O_2$  - сооружения, предназначенные для временного проживания (охотничьи домики, лесничество и т.д.);

$O_3$  - технические сооружения (ЛЭП, телефонные вышки и т.д.);

$O_4$  - дорога (автомобильные, ж/д, лесные тропы и т.д.);

$O_5$  – приграничная территория лесной зоны;

$O_6$  - открытая площадка (поляны, проталины и т.д.);

$O_7$  – лесной массив.

В таблице 1.1 отображено количество людей найденных в определенной местности и рядом с различными ориентирами в Ленинградской области.

Таблица 1.1 – Распределение найденных людей с ближайшим ориентиром

№ п/п	Обозначения критерия	Наименование ориентира	Количество найденных людей, чел.
1	$O_1$	Кромка воды	244
2	$O_6$	Открытая площадка	160
3	$O_3$	Технические сооружения	129
4	$O_4$	Дорога	84
5	$O_7$	Лесной массив	84
6	$O_2$	Сооружения, предназначенные для временного проживания	38
7	$O_5$	Приграничная территория лесной зоны	23

Из анализа таблицы следует, что большинство потерявшихся людей при обнаружении водоема остаются рядом с ним или продолжают двигаться вдоль кромки воды. Многие потерявшиеся, выходя на открытые участки, могут там оставаться, ожидая помощь.

Проведен анализ соотношения количества спасенных людей и мест обнаружения (рис. 1.6). Результаты позволили выделить первичные критерии, влияющие на местонахождение объекта поиска, опираясь на которые, необходимо производить оценку вероятности.

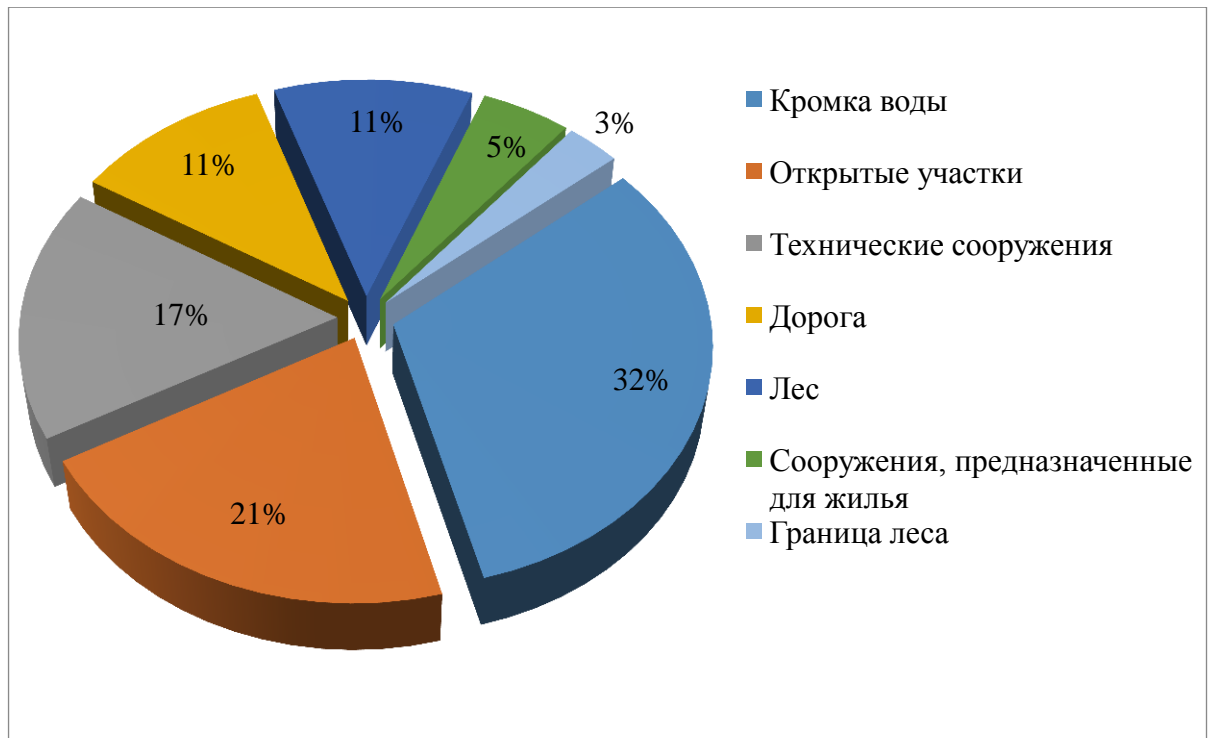


Рисунок 1.6 – Процентное соотношение количества найденных людей к месту, где они были найдены

Необходимо учесть, что представленные показатели различны для субъектов РФ, существует необходимость разработки методики, модели, а также информационно-аналитического обеспечения, способного адаптироваться под изменяющиеся условия.

Важным критерием, влияющим на вероятность местонахождения объекта поиска, является возрастная категория. Показатель определяет радиус поиска с максимальной вероятностью местонахождения.

На четвертом этапе проведена категоризация пострадавших. Исходя из статистики поисково-спасательных операций в природной среде [4, 11] можно их разделить на следующие группы:

*Дети (до 12 лет).* Поведение детей старшего возраста идентично поведению взрослых: выйдя на линейный ориентир, ребенок будет двигаться в одном направлении; в темное время суток может остановиться в произвольном месте. В результате, основной статистической причиной смерти является переохлаждение или физическое истощение. Основываясь на исследованиях [4,11], можно

заклучить, что большинство детей найдено в радиусе 8 км. Данный факт необходимо учитывать при построении карт вероятностей.

*Взрослые (от 13 до 59 лет).* Характерна хорошая ориентация в пространстве, способность достаточно точно определять направление. Данная категория обычно выбирает статичный ориентир, который старается постоянно держать в поле внимания (звук автомобильной или ж/д дороги, высокое дерево и т.п.). В большинстве случаев взрослые передвигаются по лесу по ориентирам, запоминая последовательность. Вероятность самостоятельного выхода при благоприятных погодных условиях достаточно высока. Тем не менее, возможен уход от последнего известного местоположения на большие расстояния.

*Пожилые люди (от 60 лет).* В отношении ориентирования данная категория схожа с категорией взрослых людей. Значительным отличием является физическое состояние. В связи с тем, что пожилые люди не могут проходить ежедневно большие расстояния и, находя точечный ориентир, часто остаются на месте, радиус с максимальной вероятностью местонахождения объекта поиска меньше, чем у категории взрослых.

*Психически не уравновешенные люди.* Как правило, люди, попадающие под данную категорию, заблудившимися себя не считают. Двигаясь по лесу и выйдя на дорогу, или в населенный пункт могут перейти его и уйти снова в лес. Линейные ориентиры не являются препятствием. Поиски эффективны только методом прочесывания. Они могут прятаться от поисковой группы. Ограничить район поиска можно при обнаружении вещей объекта поиска. Если группа находит вещи, необходимо провести круговое прочесывание в радиусе 500 м в поисках других вещей или потерявшегося. Особое внимание уделяется местам, где можно спрятаться, естественным природным укрытиям. В случае обнаружения живым, необходимо в приказном порядке, либо приложив физическую силу доставить в медицинское учреждение. Любые уговоры малоубедительны и имеют кратковременное действие.

В данной работе рассматриваются первые три группы.

### **1.3. Анализ систем поддержки управления поисково-спасательных операций**

При проведении аварийно-спасательных работ (АСР) спасателю необходимы, прежде всего, технические средства, навыки владения этими средствами и знания технологий проведения работ. Аварийно-спасательные средства (АСС) в соответствии с видом и классом должны применяться при выполнении наземных, надводных, подводных, горных и подземных аварийно-спасательных работ в зонах: радиационного загрязнения; химического заражения; разрушений; пожаров; биологического загрязнения; наводнений и затоплений. Они должны обладать свойствами мобильности, надежности и производительности на уровне, обеспечивающем реализацию организационно-технологических принципов проведения АСР.

Технические средства ведения аварийно-спасательных работ и средства обеспечения данных работ подразделяются на семь основных групп [13]:

- средства разведки (средства радиационной разведки, средства химической разведки, средства бактериологической разведки, средства инженерной разведки);
- средства проведения АСР (приборы поиска пострадавших; аварийно-спасательный инструмент и оборудование; вспомогательный инструмент и оборудование; средства спасения при АСР на высотных объектах; подводные спасательные средства);
- транспортные средства (авиационные транспортные средства; автомобили, мотоциклы и другие транспортные средства; спасательные плавсредства);
- средства инженерного обеспечения (робототехнические средства; машины преодоления препятствий; машины разборки завалов; землеройные машины; рабочее оборудование; средства энергоснабжения);
- средства жизнеобеспечения (быстровозводимые сооружения, нагреватели воздуха, средства водоснабжения);

- средства индивидуальной защиты (респираторы, самоспасатели и противогазы, защитная одежда);
- средства связи и оповещения (радиостанции, мобильные телефоны, средства громкоговорящей связи).

Один из основных факторов успешного выполнения аварийно-спасательных работ – это взаимодействие между силами и средствами РСЧС. Сущность взаимодействия заключается в целенаправленной управленческой деятельности, согласованной по целям, задачам, месту, времени и способам действий подчиненных и взаимодействующих органов управления, и сил РСЧС на всех этапах предупреждения и ликвидации ЧС. Взаимодействующие органы управления, решая совместные задачи должны [14]:

- знать обстановку в районе ЧС и постоянно уточнять данные о ней;
- правильно понимать замысел начальника и задачи совместно проводимых мероприятий;
- поддерживать между собой непрерывную связь и осуществлять взаимную информацию;
- организовывать совместную подготовку и планирование проводимых мероприятий;
- согласовывать вопросы управления, разведки и всех видов обеспечения.

Проведя анализ существующих программно-технических средств, направленных на обеспечение работы подразделений спасений в природной среде, можно выделить два основных класса: информационное обеспечение и аналитическое обеспечение.

К основным образцам программно-технических средств, относящихся к классу информационного обеспечения, можно отнести следующие.

1. Программное обеспечение (ПО) «Банк данных ежемесячных отчётов о результатах работы поисково-спасательных формирований МЧС России», разработано ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям МЧС России»

(ФГБУ «ВНИИ ГОЧС МЧС России»). Программа позволяет производить ввод и накопление данных о поступающих в департамент поисково-спасательных формирований МЧС России (ДПСФ МЧС России) отчётах по форме № 2/ПСС табеля срочных донесений, готовить сводные отчёты о результатах выполненной работы всеми ПСФ МЧС России. Данное обеспечение сделано на базе Microsoft Excel. Недостатком данного ПО является накопление общих данных (таких как количество проведенных работ, количество пострадавших, количество спасенных) по всем видам поиска, а не индивидуальные данные по каждому поиску. Так, например, для проведения полного анализа поисково-спасательных операций в природной среде необходимы такие данные, как возраст, пол, место обнаружения объекта поиска, метод поиска, маршруты поиска и т.д.

2. АИС оперативного персонального поиска и спасения людей с использованием ресурсов космической системы поиска аварийных судов и самолётов. Данная система основана на использовании международной спутниковой системы КОСПАС-SARSAT, которая является одной из основных частей глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ) и предназначена для обнаружения и определения местоположения судов, самолетов, других объектов, потерпевших аварию.

Использование данной автоматизированной информационной системы в целях обнаружения объекта поиска в природной среде, возможно только при наличии у объекта поиска датчика, подающего сигнал. К сожалению в подавляющем большинстве у объекта поиска отсутствуют такие устройства. Также данная система не предназначена для осуществления аналитической поддержки управления поисково-спасательными операциями.

Из образцов, относящихся к классу аналитического обеспечения можно выделить две программные разработки, направленные на планирование АСДНР.

1. Программно-аппаратный комплекс (ПАК) «АРГО» принят на снабжение приказом МЧС России от 03 апреля 2013 г. № 225. Данный комплекс предназначен для автоматизации деятельности подразделений центров управления в кризисных ситуациях главных управлений МЧС России по

субъектам Российской Федерации, а также подразделений территориальных гарнизонов пожарной охраны по оперативному управлению силами и средствами, предназначенными для тушения пожаров, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на территории соответствующего субъекта Российской Федерации и аналитической информационно-справочной поддержки принятия управленческих решений по своевременному прогнозированию, выявлению, предупреждению и ликвидации техногенных чрезвычайных ситуаций [15].

В состав ПАК «АРГО» входят следующие целевые функциональные подсистемы:

- подсистема оперативного управления подразделениями гарнизона пожарной охраны при тушении пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС);
- подсистема информационно-справочной поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров, ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- подсистема информационно-аналитической поддержки управленческих решений при тушении пожаров и планировании проведения АСДНР;
- геоинформационная подсистема поддержки управленческих решений по оперативному применению сил и средств, содержащая редактор для нанесения и изменения оперативной обстановки на цифровом плане города, карте местности;
- специальное программное обеспечение.

Данный программный продукт в большей степени ориентирован на оператора диспетчерской службы. Также ПАК «АРГО» охватывает весь круг АСДНР, кроме поисково-спасательных операций в природной среде.

2. Программный комплекс по прогнозированию обстановки, объемов аварийно-спасательных и других неотложных работ при воздействии на объекты тыла обычными современными средствами поражения, принятый в ФАП ГОЧС МЧС России от 23 апреля 2012 г [16].



Программа позволяет проводить прогнозирование показателей медицинской, пожарной, инженерной и химической обстановки, объемов АСДНР при воздействии на объекты тыла обычными ССП. Оценка показателей медицинской, пожарной, инженерной и химической обстановки, объемов АСДНР при нанесении ударов по объектам, не обладающим свойствами потенциально опасного объекта, проводится по первичным поражающим факторам, а при нанесении ударов по ХОО и ПВОО – преимущественно по вторичным поражающим факторам. При этом защищенность производственного персонала объектов тыла от поражающих факторов соответствует выполненным в мирное время на объектах тыла защитным мероприятиям гражданской обороны.

Вид главного меню программного комплекса прогнозирования обстановки и объемов АСДНР представлен на рисунке 175.

Рисунок 1.7 – Главное меню программного комплекса

Программный комплекс по прогнозированию обстановки сохраняет в своей базе данных исходную информацию по объектам экономики, что дает

возможность в дальнейшем, при необходимости, вновь обращаться к ним и производить их корректировку, а не вводить характеристики объектов экономики многократно.

Данный программный продукт предусмотрен для планирования мероприятий гражданской обороны на различных уровнях (федеральный, региональный, муниципальный). Рассматриваемый программный комплекс не ориентирован на оценку необходимых сил и средств при проведении поисково-спасательных операций в природной среде.

3. Программное обеспечение «Win CASIE III» предназначено для руководителей поисково-спасательных операций. Данная система производит распределение сил и средств в районе поиска. Главное меню программного обеспечения представлено на рисунке 1.8.

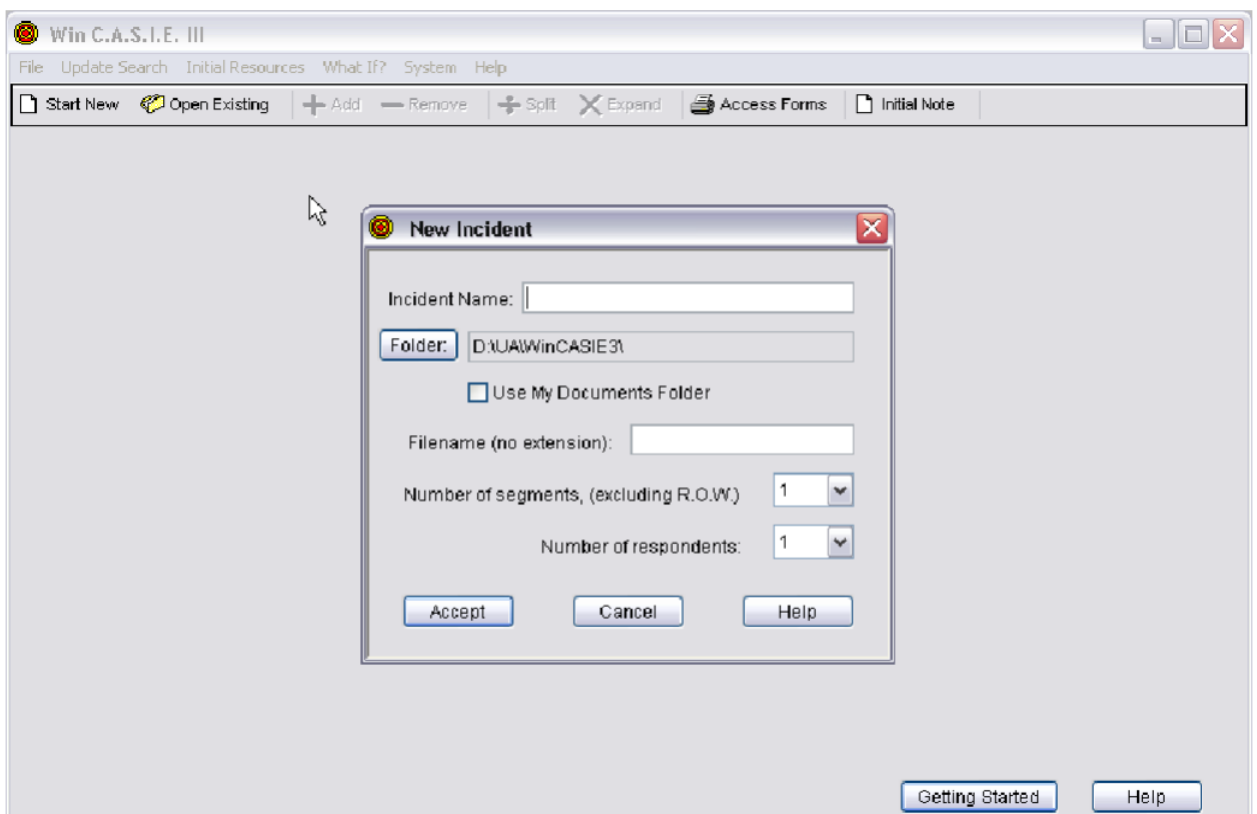


Рисунок 1.8 - Главное меню программного обеспечения

Район поиска делится на участки. Руководителем ПСО каждому участку присваивается вероятность местонахождения объекта поиска

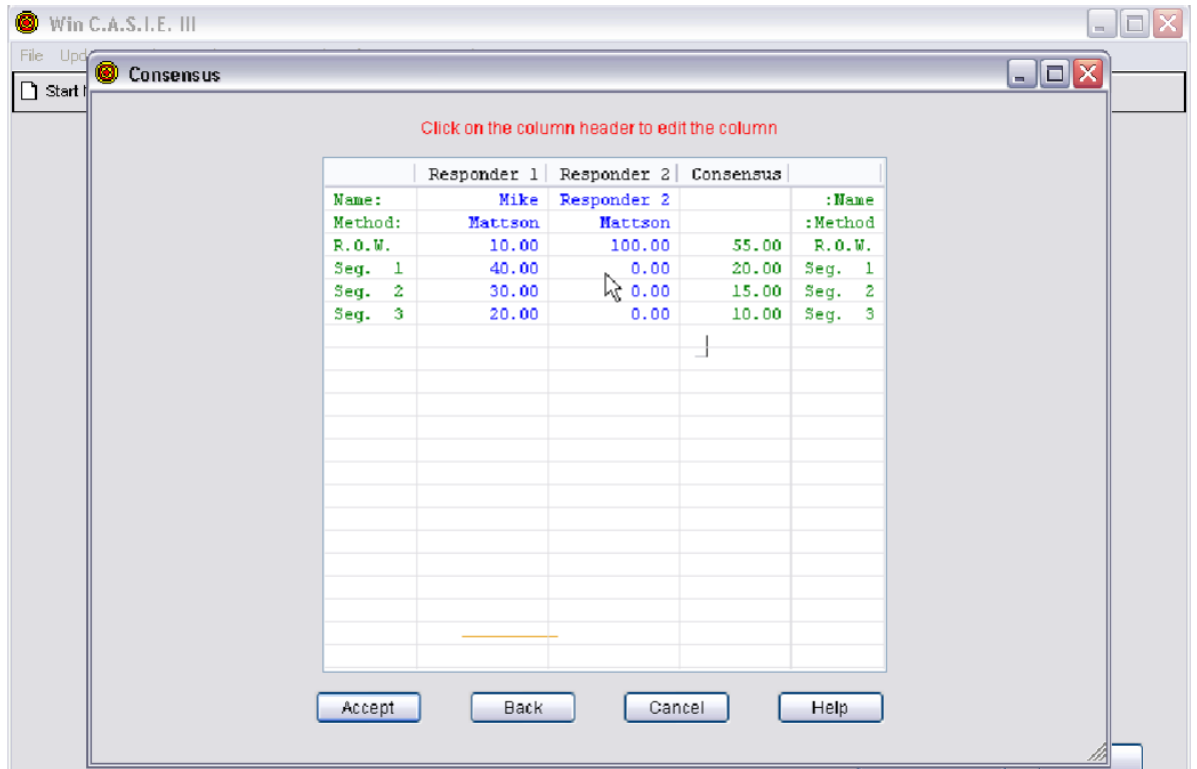


Рисунок 1.9 – Окно распределения вероятностей

Распределение вероятностей, основанное только на субъективном мнении РПСО, является недостатком «Win CASIE III», так как на решения руководителя могут воздействовать различные факторы и принятое решение может быть ошибочным.

Результаты анализа систем поддержки управления поисково-спасательных операций представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Анализ систем поддержки управления поисково-спасательных операций

№ п/п	Наименование	Информационное обеспечение	Аналитическое обеспечение	Визуально-графическое обеспечение	Недостатки
1	ПО «Банк данных ежемесячных отчётов о результатах работы поисково-спасательных формирований МЧС России»	+	-	-	Не анализирует результаты ПСО
2	«АИС Оперативного персонального поиска и спасения людей с	+	-	+	Необходимо специальное оснащение у пострадавших. Отсутствие

	использованием ресурсов космической системы поиска аварийных судов (и самолётов)»				аналитических модулей
3	ПАК «АРГО»	+	+	+	Не обеспечивает проведение ПСО в природной среде
4	ПАК прогнозирование обстановки и объемов АСДНР	+	+	+	Не обеспечивает проведение ПСО в природной среде
5	АИС «Win CASIE III»	+	-	+	Работа программы основана на субъективном мнении РПСО

В настоящее время вопрос обеспечения поддержки принятия решений при проведении ПСО в природной среде недостаточно проработан. Накопленный в МЧС России опыт показывает, что даже в повседневных условиях требуется постоянно актуализированная комплексная информация о возможной чрезвычайной ситуации, результатах предварительного анализа, отданных или требуемых рекомендациях, или распоряжениях, на основе которых планируется организовать деятельность аварийно-спасательных формирований. При проведении поисково-спасательных операций в природной среде не в полной мере используются научные методы и математический аппарат. Разработка методов поддержки принятия управленческих решений при поиске пострадавших, является одним из путей снижения времени их обнаружения, поскольку позволяет находить оптимальные варианты управленческих решений, распределять имеющиеся в наличии силы и средства при проведении поисковых работ наиболее рациональным образом, когда возникает риск неправильного определения приоритета потребностей.

В диссертации разрабатывается информационно-аналитическое обеспечение управления поисково-спасательными операциями в природной среде,

которое позволяет ускорить процесс планирования проведения поисково-спасательной операции, сократить вероятность ошибок, что в свою очередь повышает эффективность проведения поисково-спасательных операций в природной среде, а также повышает уровень взаимодействия между силами и средствами поисково-спасательных формирований.

### **Выводы по главе 1**

1. Проведён статистический анализ поисково-спасательных операций в природной среде, по результатам которого установлено, что существует тенденция к снижению общего количества людей, пропавших в природной среде. Соотношение числа спасённых и числа погибших имеет стабильно установившееся значение в 80% и 20% соответственно.

2. По результатам анализа существующих систем поддержки управления поисково-спасательными операциями установлено, что они либо не направлены на обеспечение управления ПСР в природной среде, либо они не выполняют аналитические функции. В них не производится объективная оценка вероятностей местонахождения объекта поиска, что ведет к увеличению затрат на проведение поиска и времени.

3. Выявлены основные ориентиры, влияющие на местонахождение объекта поиска. Использование данных факторов позволяет строить карты распределения плотности вероятности местонахождения объекта поиска, на основе которых возможно осуществлять планирование и проведение поисково-спасательных операций.

4. В настоящее время поисково-спасательные операции в природной среде проводятся без использования научно-обоснованных методов, без использования математического аппарата. Разрабатываемое в данной работе информационно-аналитическое обеспечение управления поисково-спасательными операциями в природной среде позволит сократить время планирования проведения поисково-спасательной операции, снизить вероятность ошибок, что в свою очередь повысит эффективность проведения поисково-спасательных операций.

## **ГЛАВА 2. МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И ПРОВЕДЕНИИ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ**

Процесс поисково-спасательных работ является сложным процессом, состоящим из многих управленческих задач, таких как сбор и анализ информации, определение сценариев поиска, распределение и передислокация сил и средств в районе поиска, взаимодействие с подразделениями других министерств и ведомств. От успешного решения обозначенных задач во многом зависит успех планируемой операции. В данной главе рассматривается решение данных задач в отдельности, их общая работа в целом рассмотрена в 3 главе.

### **2.1. Модель построения карт вероятностей местонахождения объекта поиска**

Проведение поисково-спасательной операции состоит из нескольких этапов. Первый этап заключается в сборе информации руководителем поисково-спасательных операций. Ему необходимо определить соответствующий географический ориентир или исходный пункт, относящийся к наиболее вероятному местоположению оставшихся в живых [13]. Также необходимо определить границы района в котором находятся все возможные местоположения объекта поиска. Наличие сведений о предельных границах района поиска дает возможность сотруднику, планирующему поиск, определить, где искать дополнительную информацию о пропавших без вести лицах, и может ли относиться к ЧС поступающее сообщение.

Систематический поиск в районе столь больших размеров обычно практически неосуществим. В связи с этим, необходимо разработать один или несколько сценариев при анализе совокупностей известных фактов в сочетании с рядом тщательно продуманных допущений. Данные факты позволяют судить о том, что могло произойти с оставшимися в живых с того момента, когда они находились в безопасности. Каждый сценарий должен согласовываться с

известными фактами, быть наиболее вероятным и позволять сотруднику, планирующему поиск, определить соответствующий географический ориентир, или исходный пункт, относящийся к наиболее вероятному местоположению оставшихся в живых. Такие критерии были определены по результатам анализа в первой главе.

При построении карт вероятности необходимо учитывать степень влияния каждого критерия. Весовые коэффициенты предлагается определять как соотношение количества найденных людей к общему количеству поисковых операций:

$$c_i = \frac{n_i}{N}, \quad (2.1)$$

где  $n_i$  – количество обнаруженных людей по  $i$ -му фактору;

$N$  – общее количество поисковых операций на определенной территории.

Построен алгоритм определения степени влияния ориентиров на распределение вероятности местонахождения объекта поиска (рис. 2.1).

В целях получения данных, необходимых для определения весового коэффициента  $c_i$ , разработана база данных (БД) ПСО в природной среде [17]. Данная БД была разработана в Microsoft Office Excel. Структура разработанной БД представлена на рисунке 2.2. Для заполнения полей «возрастная категория», «ход работ» и «ближайший ориентир» используется раскрывающийся список, с целью однообразности вносимых данных.

Использование однотипного заполнения базы данных позволяет в автоматическом режиме считывать количество данных и производить расчет по формуле (2.1). Варианты заполнения полей представлены на рисунке 2.3

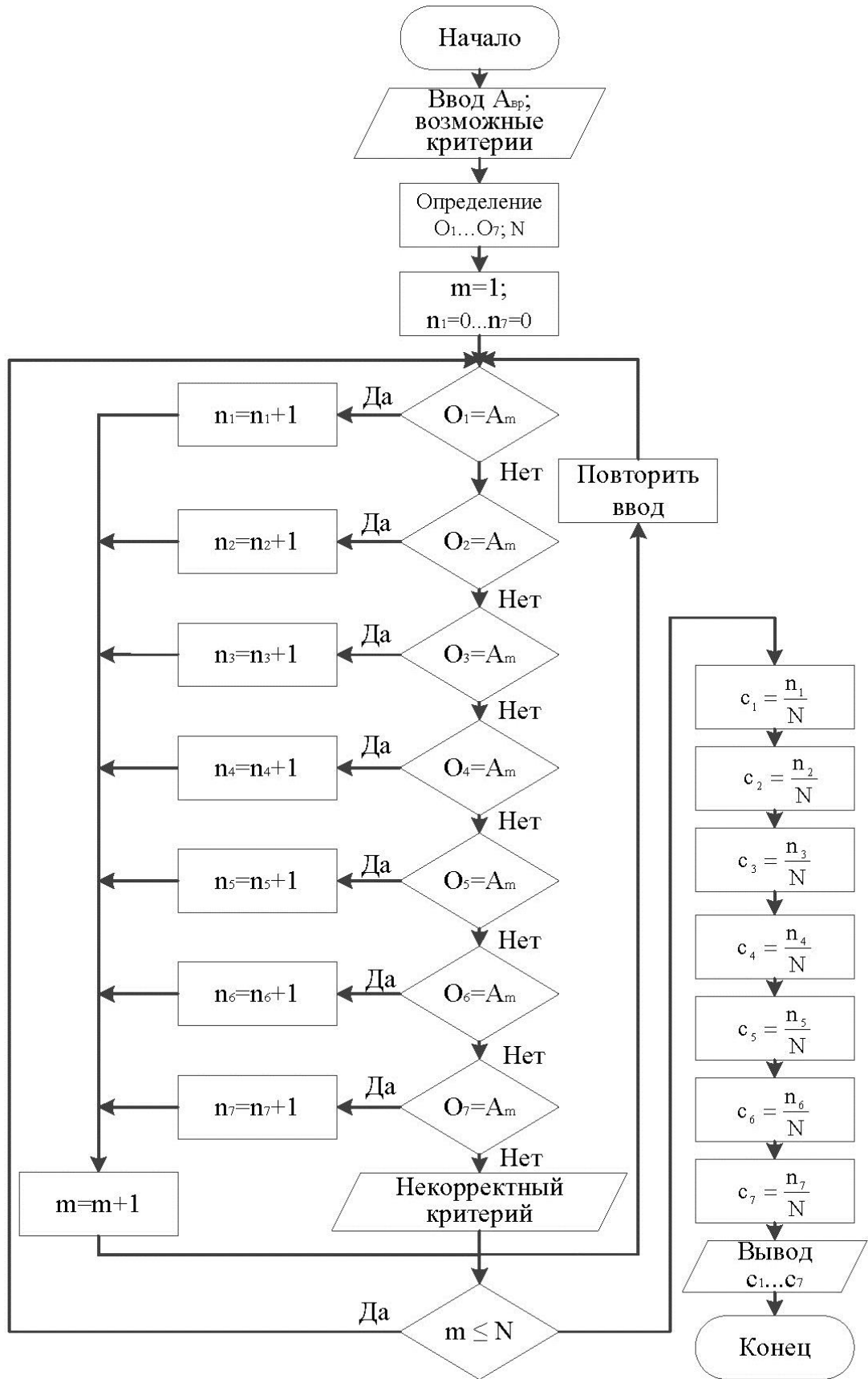


Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритма определения степени влияния ориентиров на распределение вероятности местонахождения объекта поиска



БД результатов ПСР в природной среде														
№ п/п	Дата получения сообщения	Описание объекта поиска				Последнее известное местонахождение	Метод поиска	Задействованные силы и средства	Маршрут поисковой группы	Кол-во дней поиска	Ход работ	Результат операции	Ближайший ориентир (река, озеро, ж/д дорога, авто дорога, ЛЭП, просека и т.п.)	Расстояние до исходной точки
		Возраст	Возрастная категория	Пол	Отличительные признаки									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Рисунок 2.2 – Структура БД результатов ПСО в природной среде

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Ориентир			Возрастная категория				Ход работ	
2	O <sub>1</sub>	Кромка воды (территория в непосредственной близости от воды)		Дети	0-12 лет			Завершены	Объект поиска обнаружен
3	O <sub>2</sub>	Сооружения, предназначенные для временного проживания (охотничьи домики, лесничество и т.д.)		Взрослые	13-59 лет			Прекращены	Объект поиска не обнаружен
4	O <sub>3</sub>	технические сооружения (ЛЭП, телефонные вышки и т.д.)		Пожилые люди	60 и старше			Ведутся работы	Продолжаются активные действия
5	O <sub>4</sub>	дорога (автомобильные, ж/д, лесные тропы и т.д.)							
6	O <sub>5</sub>	приграничная территория лесной зоны							
7	O <sub>6</sub>	открытая площадка (поляны, проталины и т.д.)							
8	O <sub>7</sub>	лесной массив							

Рисунок 2.3 – Элементы БД результатов ПСО в природной среде

Исходя из определенных критериев и возрастной группы алгоритм принятия решений при планировании поисково-спасательной операции выглядит следующим образом: район поиска разбивается на крупноблочные ячейки, размеры которых задает РПСО, исходя из множества факторов (например: природно-климатические условия, имеющиеся силы, размер района поиска и т.д.). Рекомендуемый размер ячейки определяется максимальной дальностью видимости в районе поиска, большие ячейки снизят точность определения реперных точек и эффективность поиска [4].

Каждой ячейке присваивается значение величины  $A$  в зависимости от критериев и весовых коэффициентов, влияющих на распределение вероятности:

$$\begin{cases} A = L + \sum_{i=1}^n O_i \cdot c_i; & 0 < L \leq 1; \\ A \in [0;1], \end{cases} \quad (2.2)$$

где  $O_i$  – фактор, влияющий на распределение вероятностей местонахождения (при наличии фактора значение ячейки и принимается равным 1, при отсутствии фактора - принимается равным 0);

$c_i$  – весовой коэффициент, определяющий значимость данного фактора, определяется из соотношения количества найденных людей рядом с фактором, к общему количеству поисков;

$L$  – поправочный коэффициент, учитывающий расстояние от исходной точки (линии),

$$L = \left(1 - \frac{l}{r}\right), \quad (2.3)$$

где  $l$  – расстояние до исходной точки, км;

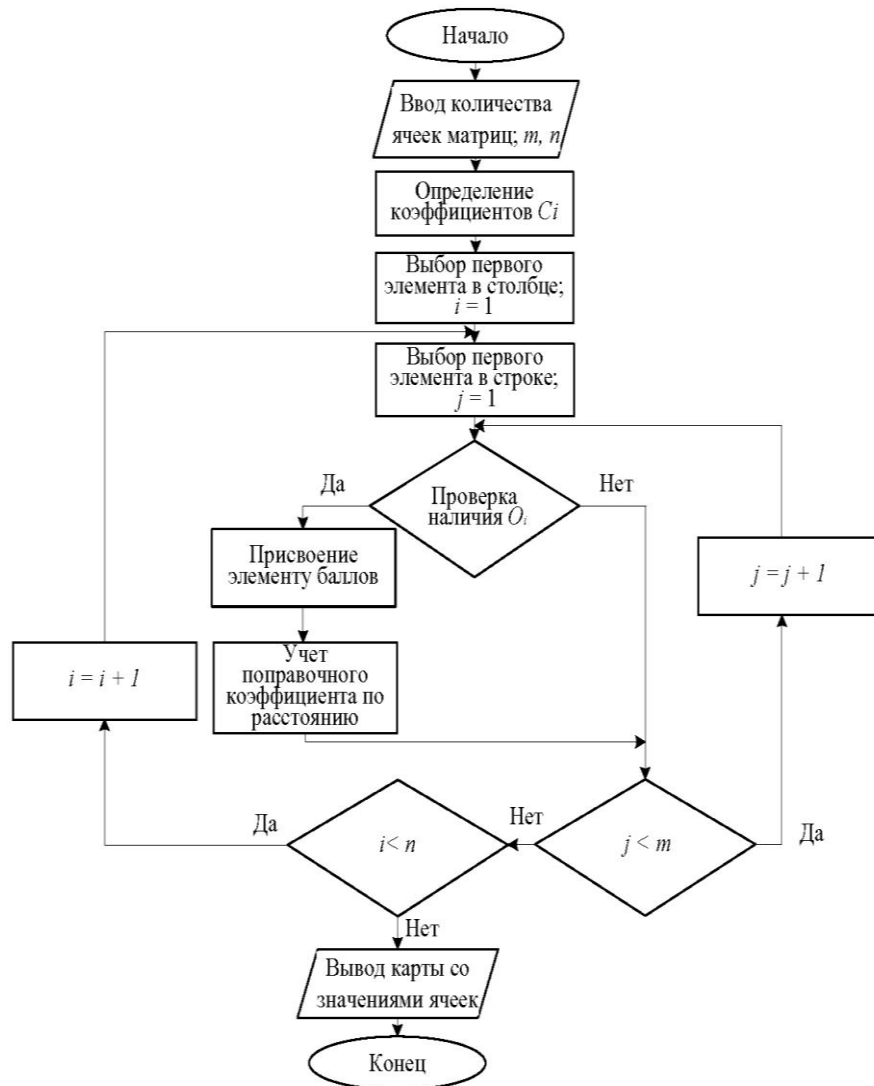
$r$  – максимальное расстояние, на котором были найдены люди определенной возрастной категории (если данное расстояние превышает границы района поиска,  $L$  принимаем равным радиусу максимального района поиска), км.

Значение  $L$  изменяется, пока выполняется условие  $0 < L$ . Как только данное условие нарушается, для всех последующих клеток  $L$  принимается равной последнему значению, отвечающему данному условию.

В результате формируется матрица – поле с наиболее актуальными местами поиска, что позволяет лицу, принимающему решения, выбрать сценарии развития поисковой операции. Для удобства использования полученных результатов значения матрицы переводят в проценты.

$$A = \begin{bmatrix} 0.84\% & \dots & 1.03\% \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.84\% & \dots & 0.52\% \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Блок-схема алгоритма построения карт вероятностей местонахождения объекта при проведении поисково-спасательных операций в природной среде представлена на рисунке 2.4 [22].



Рисунке 2.4 - Блок-схема построения карт вероятностей местонахождения объекта при поисково-спасательных операциях в природной среде

## **2.2. Математические модели распределения сил и средств при проведении поиска относительно исходной точки и исходной линии**

При планировании поиска немаловажным фактором успеха является правильная оценка и расстановка сил и средств. Имеющиеся силы и средства необходимо распределить на расстоянии максимально удаленном друг от друга, для обследования как можно большей площади района. Объект поиска может находиться в бессознательном состоянии или у него может отсутствовать возможность подать сигнал, при этом существует риск распределения сил на очень большом расстоянии и эффективность обследования района будет резко снижена.

Для обеспечения поддержки принятия управленческих решения РПСО при планировании поиска, предлагается использовать модель построения карт вероятностей местонахождения объекта.

Распределение сил и средств производится с использованием международной методики поиска на суше [4,6,13].

Исходный пункт на начальной стадии происшествия определяется на основе оценки известных фактов, связанных с ЧС, ряда допущений, которые с высокой степенью вероятности соответствуют действительности. Затем оценивается степень неопределенности координат исходного пункта, и определяются границы района, в котором находятся все возможные местоположения объекта поиска.

Распределение вероятностей местоположения объекта в пределах возможного района является одним из важных факторов при планировании поиска, поскольку, исходя из этого распределения производится развертывание имеющихся поисковых средств. Возможные районы могут устанавливаться относительно одной исходной точки или исходной линии.

В существующих методиках поиска зачастую используется нормальное распределение (распределение Гаусса) или равномерное распределение.

В данной работе предлагается использовать неравномерное распределение в зависимости от факторов, влияющих на местоположение объекта поиска.

В работе рассматриваются два основных типа информации о местонахождении ЧС:

1. *Исходная точка.* Она может определяться широтой и долготой, расстоянием и направлением от какой-либо известной точки или с использованием иного метода указания географического местоположения. Ее либо указывают сами пострадавшие, либо определяют с помощью соответствующих приборов. Если известно время происшествия, но отсутствуют сведения об исходном пункте, возможное место происшествия можно определить исходя из последнего известного местоположения и выбранного маршрута объектом поиска.

2. *Исходная линия.* Для определения данного показателя используются известные данные о маршруте или предполагаемом направлении.

Задача РПСО состоит в том, чтобы определить как можно наиболее эффективно использовать имеющиеся поисковые средства. Для того чтобы спасти жизнь оставшихся в живых, их необходимо быстро обнаружить. Поиск требует больших затрат и иногда в ходе его силы и средства подвергаются повышенному риску. По этим двум причинам одним из важных факторов становится достижение максимальной эффективности поиска. Максимальная эффективность поиска достигается посредством:

- разделения возможного района, соответствующего определенному сценарию, на подрайоны;
- оценки вероятности местонахождения объекта поиска для каждого подрайона;
- разработки плана поиска, обеспечивающего максимальную совокупную вероятность успеха;
- осуществления плана поиска;

- корректировки всех значений вероятности местонахождения объекта поиска с учетом результатов предыдущих поисков;
- использования уточненных значений вероятности местонахождения объекта поиска для достижения максимального значения вероятности успеха при следующем поиске.

Такая стратегия обеспечивает автокоррекцию. Даже если в момент выбора исходных значений местонахождения объект поиска не находится в выбранном подрайоне, использование этой стратегии ведет к тому, что поисковые усилия будут смещаться в направлении фактического местоположения оставшихся в живых.

Разработка методов поддержки принятия управленческих решений при поиске пострадавших является одним из важнейших путей снижения времени их обнаружения, поскольку требуется находить оптимальные варианты принятия управленческих решений, распределять имеющиеся в наличии силы и средства при проведении поисковых работ в природной среде, когда возникает риск неправильного определения приоритета потребностей [4].

На первом этапе поисков необходимо определить возможный район поиска, с этой целью определяется максимальное расстояние, которое могли преодолеть оставшиеся в живых с момента, когда было получено последнее известное местоположение, до известного или предполагаемого времени возникновения аварийной ситуации, и построения квадрата, который определяется по формуле (2.5) для исходной точки и имеет вид, представленный на рисунке 2.5

$$A_{\text{вр}} = 4(\pi(V_{\text{оп}} * T_{\text{нп}})^2), \quad (2.5)$$

где  $A_{\text{вр}}$  – возможный район поиска,  $\text{км}^2$ ;

$V_{\text{оп}}$  – скорость передвижения объекта поиска,  $\text{км/ч}$ ;

$T_{\text{нп}}$  – период времени с момента происшествия или момента поступления последнего сигнала от объекта поиска до начала поисков,  $\text{ч}$ ;

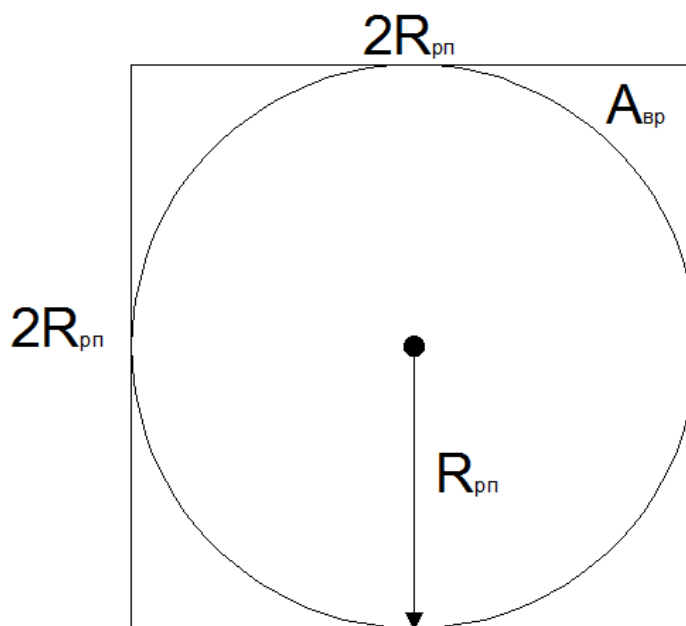


Рисунок 2.5 - Полученный район поиска относительно исходной точки

В случае, когда место ЧС не известно, но известен маршрут передвижения объекта поиска, возможный район поиска определяется по формуле (2.6) и имеет вид, представленный на рисунке 2.6:

$$A_{вр} = (2 * V_{оп} * T_{нп}) * (L + 2 * V_{оп} * T_{нп}), \quad (2.6)$$

$L$  – длина маршрута, км

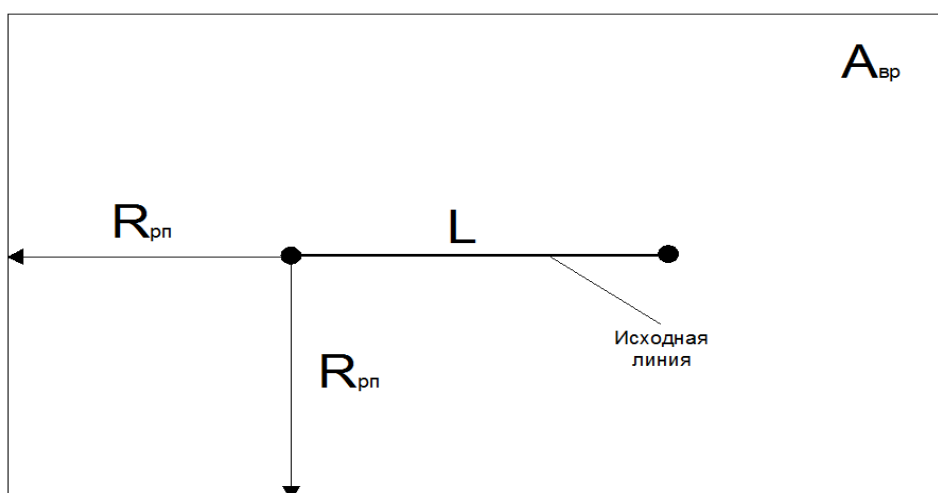


Рисунок 2.6 - Полученный район поиска относительно исходной линии

После определения района поиска происходит его деление на ячейки и присвоение каждому значению вероятности, как описано в п. 2.1. Пример карты

вероятностей при поиске относительно исходной точки представлен на рисунке 2.7.

	1	2	3	4	5
А	2,03%	0,38%	0,88%	0,38%	0,03%
Б	0,38%	6,97%	11,59%	4,97%	0,38%
В	0,88%	11,59%	20,05%	12,59%	0,88%
Г	0,38%	4,97%	11,59%	4,97%	1,38%
Д	0,03%	0,38%	0,88%	0,38%	0,03%

Исходная точка

Рисунок 2.7 - Карта вероятностей при поиске относительно исходной точки

Пример карты распределения возможных мест нахождения объекта поиска применительно к исходной линии представлен на рисунке 2.8.

	1	2	3	4	5	6	7	8
А	1,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Б	2,8%	3,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	4,8%	2,8%
В	5,5%	5,5%	6,5%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%	5,5%
Г	2,8%	2,8%	2,8%	3,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%
Д	0,2%	0,2%	0,2%	1,2%	0,2%	0,2%	1,2%	0,2%

Исходная линия

Рисунок 2.8 - Карта вероятностей при поиске относительно исходной линии

После построения карт вероятностей определяются подрайоны поиска. Относительно полученных подрайонов определяется суммарная площадь ( $S_{\text{сум}}$ ), которую могут обследовать силы и средства поисково-спасательной службы. Данное значение определяется числом имеющихся в распоряжении сил и средств



и их возможностями. К факторам, которые необходимо при этом учитывать, относятся поисковая скорость, возможная продолжительность поиска, используемые сенсоры, погодные условия, абсолютная высота поиска, видимость, рельеф местности, размер объекта поиска и др. Эти факторы определяют ширину обзора и расстояние, которое поисковое средство может обследовать в районе поиска. Поисковая скорость, возможная продолжительность поиска и ширина обзора определяют площадь эффективного обследования, которое способно обеспечить каждое средство.

Обеспечиваемая поисковым средством эффективная площадь поиска равна произведению его поисковой скорости ( $V$ ), возможной продолжительности поиска ( $T$ ) и ширины обзора ( $W$ ):

$$S_i = V * T * W, \quad (2.7)$$

где  $V$  – скорость поискового средства, км/ч (средняя скорость человека во время поиска 1,75 км/ч [8]);

$T$  – возможная продолжительность работы поискового средства, ч;

$W$  – ширина обзора поискового средства (км).

Суммарная площадь обследования ( $S_{\text{сум}}$ ) равна сумме площадей обследования всех поисковых средств:

$$S_{\text{сум}} = S_1 + S_2 + \dots + S_i, \quad (2.8)$$

Площадь подрайона ( $S_{\text{уч}}$ ) определяется исходя из полученной карты вероятностей. Далее сотрудник, планирующий поиск, может определить оптимальный коэффициент охвата ( $C$ ). Коэффициент охвата используется для сопоставления величины суммарной площади обследования, которую могут обеспечить поисковые средства, с размерами подрайона, который необходимо обследовать:

$$C = S_{\text{сум}}/S_{\text{уч}}. \quad (2.9)$$

В зависимости от значения коэффициента охвата определяется соответствующее значение вероятности обнаружения ( $P_{\text{оо}}$ ) (рисунок 2.9):

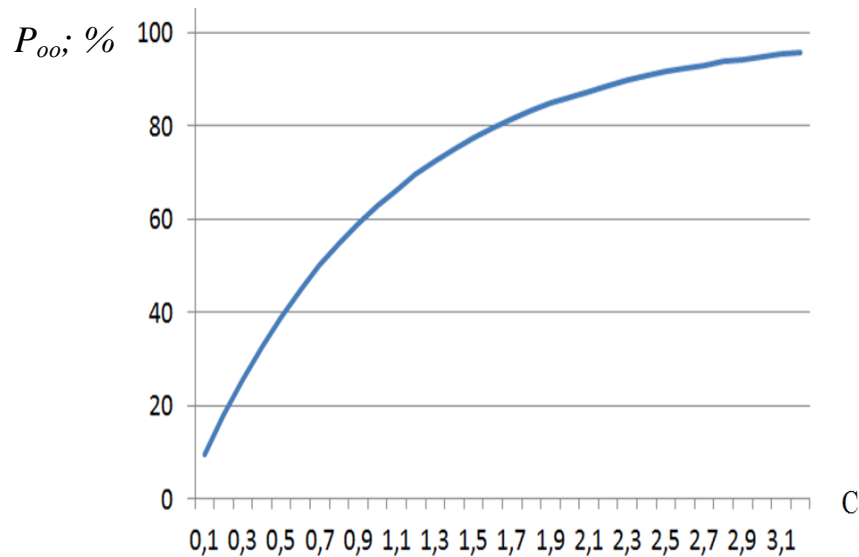


Рисунок 2.9 - График вероятности обнаружения в зависимости от коэффициента охвата поиска

Тщательный поиск в том или ином районе, в котором практически отсутствуют шансы нахождения объекта поиска ( $P_{но} \approx 0\%$ ), практически не имеет шансов на успех ( $P_y \approx 0\%$ ). Аналогичным образом, крайне плохо проведенный поиск в том или ином районе ( $P_{oo} \approx 0\%$ ), в котором почти несомненно находится объект поиска ( $P_{но} \approx 100\%$ ), также практически не имеет шансов на успех ( $P_y \approx 0\%$ ). Если  $P_{oo}$  или  $P_{но}$  равны нулю, то и  $P_y$  при данном поиске также равна нулю. Иными словами, если объекта поиска нет в районе поиска, то никакой объем поискового усилия не позволит его обнаружить; если не провести поиск в районе, в котором действительно находится объект поиска, успешный результат никогда не будет достигнут. Успех гарантирован только в том случае, если как  $P_{oo}$ , так и  $P_{но}$  равны 100%. Фактическая вероятность  $P_y$  обычно находится между этими значениями. Все промежуточные значения  $P_y$  получаются при различных сочетаниях значений  $P_{но}$  и  $P_{oo}$ .

Взаимосвязь  $P_y$  с  $P_{но}$  и  $P_{oo}$  описывается формулой:

$$P_y = P_{но} \cdot P_{oo} . \quad (2.10)$$

Даже неудачный поиск в том или ином подрайоне дает определенную информацию о вероятном местонахождении оставшихся в живых; он позволяет получить новые сведения, снижающие вероятность того, что они находились в обследованном районе. После проведения поиска в районе, при котором

оставшиеся в живых не были обнаружены, сотрудник, планирующий поиск, должен пересмотреть оценку вероятности их нахождения в данном районе в сторону уменьшения на соответствующую величину, используя следующую формулу:

$$P_{у\ нов} = (1 - P_{оо}) \times P_{но\ прежн} \quad (2.11)$$

Если районы не обследовались, значение  $P_{но}$  не изменяется. То есть  $P_{но\ нов} = P_{но\ прежн}$ .

Алгоритм распределения сил и средств представлен на рисунке 2.10 [13].

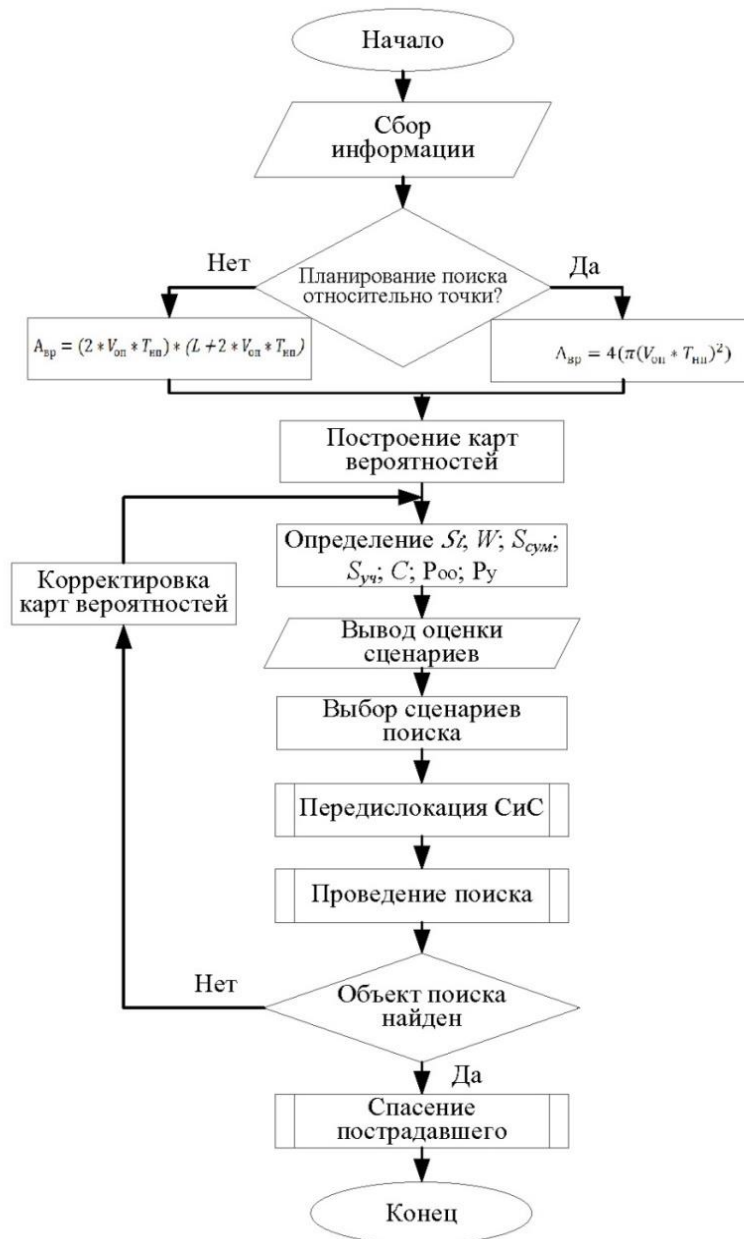


Рисунок 2.10 - Блок-схема алгоритма распределения сил и средств при проведении поисково-спасательных работ

Данный алгоритм обеспечит поддержку принятия решений при распределении сил и средств в районе поиска, что позволит снизить риск неправильного определения приоритета потребностей.

### **2.3. Алгоритм передислокации сил и средств при проведении поисково-спасательной операции**

Для поисков в природной среде характерно обследование больших районов, при этом силы и средства могут находиться на больших расстояниях друг от друга. Одной из управленческих задач является определение оптимального маршрута при их перемещении от одной точки к другой в процессе выполнения спасательных работ.

После утверждения руководителем ПСО одного из предложенных планов действий производится поиск объекта. Если при проведении поиска не было обнаружено объекта или каких-либо признаков присутствия объекта (улика), информационно-аналитическое обеспечение предлагает расширить район поиска.

Под уликой понимаются следы ног на грунте, поврежденные ветки, примятая трава, окурки, брошенные или потерянные вещи, следы жизнедеятельности и т.д. В случае обнаружения улики РПСО устанавливает в данном месте исходную точку и планирует поиск относительно её. При этом перемещение наземных сил и средств к новым местам поиска планируется информационно-аналитическим обеспечением по алгоритму Ли (рисунке 2.11) [27].

Алгоритм предусматривает деление карты района поиска на ячейки с размером сторон, равным максимальной дальности видимости в данном районе и блокировании непроходимых ячеек. К непроходимым ячейкам относятся те, на которые попадают водные преграды (озера, реки, болота и др.), перепады высот, например, возвышенности высотой более 50 м и впадины глубиной 10 м. При перемещении крупных транспортных средств блокируются ячейки с плотной

растительностью, в зависимости от вида транспорта. После определения непроходимых ячеек система формирует волну, которая фиксирует длину маршрута в каждом направлении. Данная волна представляет собой операцию последовательного присвоения числового значения для каждой ячейки, исходя из количества пройденных. После прохода волны система формирует кратчайший путь.

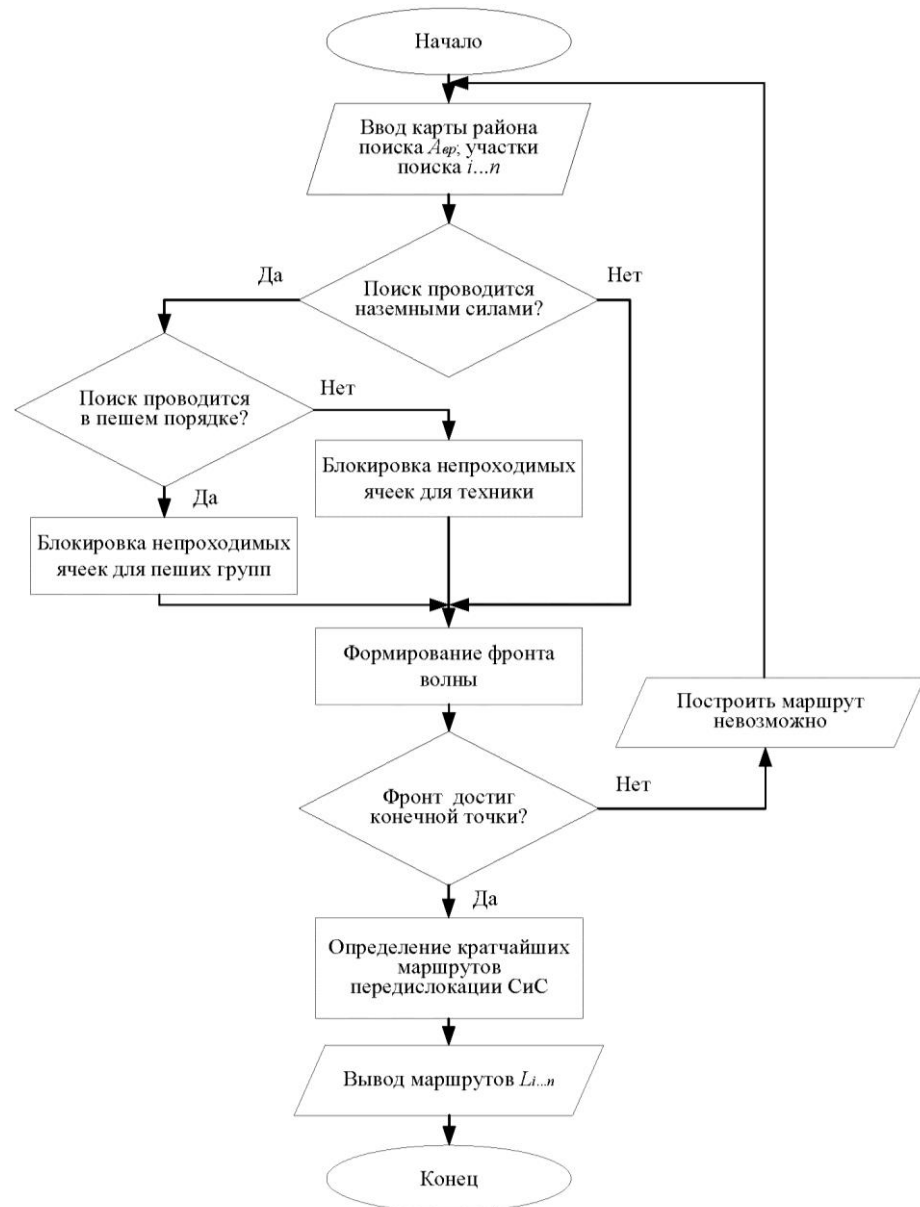


Рисунок 2.11 - Алгоритм определения возможных маршрутов передислокации сил и средств

Пример работы алгоритма представлен на рисунке 2.12. Система формирует волну в начальной точке, обозначенной оранжевым цветом и присваивает ей

значение 0. Далее фронт распространяется по ортогонально-диагональному пути на соседние клетки относительно начальной и присваивает им значение 1, затем переходит на соседние клетки относительно последних и присваивает им значение 2 и т.д. Волна распространяется до тех пор, пока не достигнет конечной точки, обозначенной зеленым цветом. При этом путей может быть несколько, окончательное решение принимает руководитель ПСО.

		8	7	7	7	7	7	7	7
	7	7	7	6	6	6	6	6	6
	7	6	6	6	5	5	5	5	5
	7	6	5	4	4	4	4	4	4
7	7	6	5	4	3	3	3	3	3
	7	6	5	4	3	2	2	2	2
	7	6	5	4	3	2	1	1	1
	7	6	5	4	3	2	1	0	1
		7	6	5	4	3	2	1	1

Рисунок 2.12 - Пример работы алгоритма определения маршрута перемещения наземных сил и средств

При этом путей может быть несколько. В этом случае предлагается применять разработанную математическую модель определения оптимальных маршрутов передислокации сил и средств.

При построении математической модели рассмотрены условия, влияющие на скорость и результативность передислокации сил и средств, на основании которых определены показатели, влияющие на выбор маршрутов передвижения сил и средств во время поиска.

Показатель «расстояние до участка поиска» дает информацию о дальности маршрута и вычисляется как отношение расстояния до участка поиска  $L_i$  к максимальному расстоянию  $L_{max}$  в предполагаемом районе поиска

$$L_i = \frac{L_i}{L_{max}}, \quad (2.12)$$

где  $L_i$  – расстояние до участка поиска  $i$ ,  $i=1 \dots n$ , км;

$L_{max}$  – максимальное расстояние в предполагаемом районе поиска, км;

$n$  – количество участков поиска в районе поиска.

Максимальное расстояние в предполагаемом районе поиска определяется по формуле

$$L_{max} = \sqrt{(0,5 \cdot a)^2 + (0,5 \cdot b)^2}, \quad (2.13)$$

где  $a, b$  – стороны предполагаемого района поиска, км.

Показатель «вероятность местонахождения объекта поиска» дает информацию о вероятности местонахождения объекта на маршруте передислокации до участка поиска  $i$  к максимальному значению вероятности местонахождения объекта поиска в районе поиска

$$P_i = \frac{P_{мо i}}{P_{мо max}}, \quad (2.14)$$

где  $P_{мо i}$  – вероятность местонахождения объекта на маршруте передислокации до участка поиска  $i$ ,  $i=1 \dots n$ ;

$P_{мо max}$  – максимальное значение вероятности местонахождения объекта поиска в районе поиска;

$n$  – количество участков поиска в районе поиска.

Значение переменной  $P_{мо i}$  определяется по результатам построения карт вероятностей местонахождения объекта поиска. Значение переменной  $P_{мо max} = 1$ . В связи с этим формула (8) принимает вид:

$$P_i = P_{мо i}. \quad (2.15)$$

Проведена параметрическая оценка показателей, в ходе которой определены границы их изменений

$$L \in [0;1], \quad (2.16)$$

$$P \in [0;1]. \quad (2.17)$$

В данной постановке задачи управления передислокацией сил и средств каждый маршрут движения характеризуется векторной оценкой, включающей 2 показателя. Так как для показателя «расстояние до участка поиска» наиболее благоприятным является минимальное значение  $L \rightarrow \min$ , а для показателя

«вероятность местонахождения объекта поиска» наиболее благоприятным является максимальное значение  $P \rightarrow \max$ , для показателя  $P$  целесообразно взять обратное значение  $P' = (1-P)$ .

С целью ранжирования маршрутов передислокации по предпочтительности применяется комплексный показатель  $d$

$$d = \langle L; P' \rangle, \quad (2.18)$$

где:  $L$  – показатель «расстояние до участка поиска»;

$P'$  – показатель «вероятность местонахождения объекта поиска».

Для определения зависимости показателей  $L$ ,  $P'$  от комплексного показателя  $d$  применен метод целевого программирования. Данный метод относится к количественным методам теории многопараметрической оптимизации и предусматривает выбор векторной оценки «маршрут передислокации сил и средств» расположенной «ближе» других к идеальной векторной оценке. Расстояния между векторными оценками измеряются с помощью метрики  $n$ -го пространства.

$$F(R_i, R_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^k w_i (r_i - r_j)^2}, \quad (2.19)$$

где:  $R_i, R_j$  – идеальная векторная оценка  $i$  и векторная оценка  $j$ ;

$r_i, r_j$  – значение частных показателей для векторной оценки  $i$  и векторной оценки  $j$ ;

$w_i$  – весовые коэффициенты, учитывающие количественную важность показателей,  $\sum_{i=1}^k w_i = 1$ ;

$k$  – количество показателей, формирующих векторную оценку  $i$  и векторную оценку  $j$ .

Так как векторные оценки вариантов по результатам параметрического анализа относятся к Евклидову пространству, то формула (2.19) принимает вид (2.20).

$$d = \sqrt{\alpha \cdot (L_i)^2 + \beta \cdot P'^2}, \quad (2.20)$$

при условиях  $L_i \rightarrow \min, i = 1, \dots, n$ ;



$$P' \rightarrow \min, i = 1, \dots, n,$$

где  $\alpha, \beta$  – весовые коэффициенты при  $L_i, P'_i, \alpha + \beta = 1$ ;

$n$  – количество маршрутов передислокации сил и средств.

Весовые коэффициенты по умолчанию принимаются равнозначными. На усмотрение ЛПР они могут изменяться исходя из обстановки, отдавая предпочтение одному из показателей.

Разработан алгоритм работы предложенной модели, представленный на рисунке 2.13.

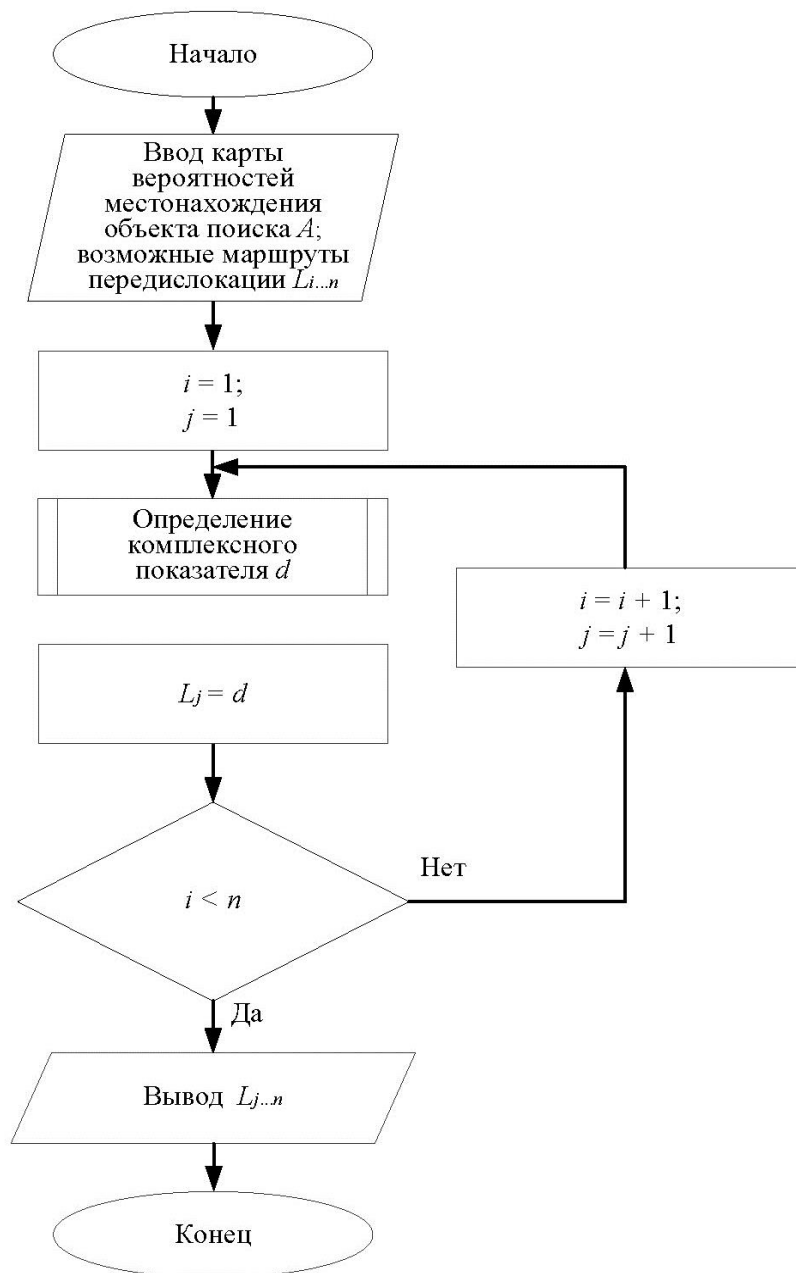


Рисунок 2.13. Алгоритм определения оптимальных маршрутов передислокации сил и средств

В целях определения роли руководителя поисково-спасательной операции принимающего решения разработана схема взаимодействия ЛПР и СПУ при передислокации сил и средств представленная на рисунке 2.14.

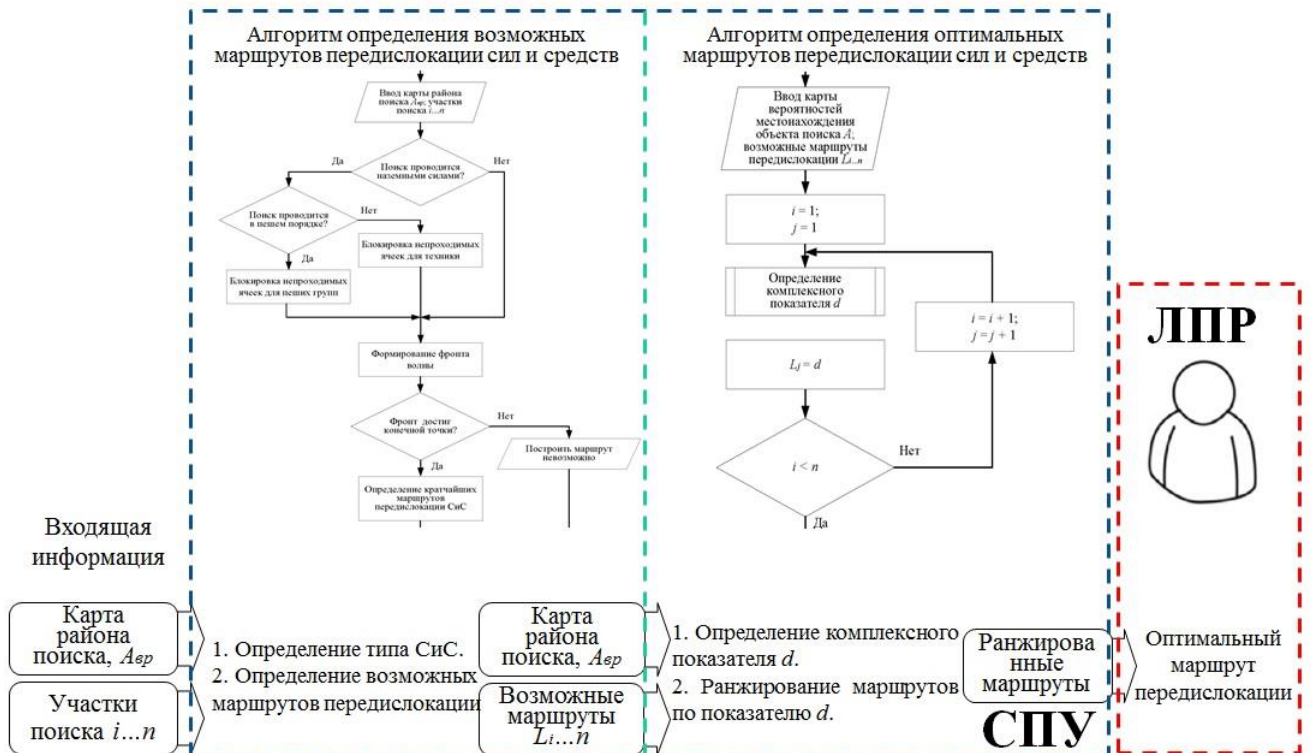


Рисунок 2.14. Схема взаимодействия ЛПР и СПУ при передислокации сил и средств

Предложенная модель позволяет оперативно определять оптимальный путь передвижения сил и средств с учетом препятствий, расположенных на карте района поиска. После передислокации сил и средств производится поиск объекта. В случае обнаружения объекта поиска производятся спасательные работы и оказания первой медицинской помощи.

#### 2.4. Моделирование и оптимизация параметров сети передачи данных в системе информационно-аналитического обеспечения поддержки управления поисково-спасательными операциями

Для информационно-аналитического обеспечения управления поиска необходимо использовать уже существующую глобальную сеть с единым адресным пространством и сетевой политики. На момент проектирования – это сеть Интернет и ведомственная сеть МЧС России – АИУС РСЧС. Интернет, как

самая доступная сеть, не отвечает требованиям защищенности для передачи персональных данных [29]. На сегодняшний день каналы связи АИУС РСЧС подведены ко всем зданиям Главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации, региональным центрам МЧС России. Территориальные подразделения АСФ и ПСС не имеют каналов связи АИУС РСЧС, помимо этого не все отделы АСФ и ПСО по субъектам РФ находятся в зданиях главных управлений и соответственно не имеют каналов связи АИУС РСЧС. Для решения этой проблемы предлагается использовать специальную сеть передачи данных (ССПД) на базе закрытых по классу защищенности 1Г каналов связи сотового оператора ОАО "Мегафон". Созданная сеть имеет единое адресное пространство с АИУС РСЧС, позволяет подключаться к сети с помощью стандартных GSM модемов, включая модемы в сотовых телефонах и коммуникаторах, не используя сеть Интернет [30].

При проектировании сети передачи данных автоматизированной информационно-управляющей системы целесообразно применение приближенных методов анализа, в первую очередь эвристической декомпозиции с направленным поиском оптимальных решений, так как оптимизация параметров за счёт выделения одной из критериальных функций в ранг целевой не всегда приносит желаемые результаты. Исходными данными для оптимизации сети передачи данных являются величина суммарной арендной стоимости каналов, допустимое среднее время доставки информации по сети, пропускная способность каналов и распределение трафика. Задача оптимизации сети передачи данных информационно-аналитического обеспечения сводится либо к дискретному распределению канальных ёмкостей, либо к распределению трафика за счёт минимизации средней временной задержки каналов в сети [33].

Распределение потоков информационного обмена по каналам связи и определение их загрузки осуществляется методом оптимального распределения канальных ёмкостей при известном методе маршрутизации потоков.

В результате проводится минимизация среднего времени доставки информации по сети, определяемая соотношением:

$$T(C) = \frac{1}{\gamma} \sum_{k=1}^K \lambda_k \left[ \frac{1}{\mu c_k} \left( 1 - \frac{\mu^2 \sigma^2}{2} \right) + \frac{1 + \mu^2 \sigma^2}{2(\mu c_k - \lambda_k)} + (R_k + S_k) \right], \quad (2.21)$$

где  $\gamma \sum_{i,j} \gamma_{i,j}$  - суммарная интенсивность трафика, поступающего в сеть;

$C_k$  - канальная ёмкость;

$\mu = \frac{1}{l}$  - средняя интенсивность обслуживания в канале обратная длине пакета  $l$ ;

$\sigma^2$  - дисперсия распределения общей пакетной длины;

$R_k$  - задержка распространения сигнала в канале;

$S_k$  - среднее время обслуживания пакета в узле коммутации.

Таким образом, определены дискретные значения канальных ёмкостей  $C_k$  обеспечивающих минимальное время доставки информации  $T(C)$  по сети при заданных ограничениях на суммарные затраты  $Z$ .

$$Z_{\min} = \sum_{k=1}^K C_k \min(z_k), \quad (2.22)$$

где  $z_k$  - коэффициент удельных затрат на единицу канальной ёмкости.

В случае когда затраты на аренду каналов неизвестны, а требования к допустимому времени доставки информации определены, задача распределения канальных ёмкостей сети передачи данных состоит в минимизации затрат на аренду  $Z$  при заданном допустимом времени доставки информации  $T_0$  и известных нагрузках каналов  $\lambda_k$

$$Z^* = \min_C \left\{ Z = \sum_{k=1}^K C_k z_k \right\}, \quad (2.23)$$

где  $C$  - точка задающая распределение канальных ёмкостей, соответствующих  $Z$ . Проблема оптимизации распределения трафика по возможным маршрутам доставки информации решается определением загрузок каналов  $\lambda_k$  при заданных значениях канальных ёмкостей  $C_k$  и при условии минимизации времени доставки информации. Определение загрузки каналов  $\lambda_k$ ,  $k = \overline{1, K}$  требует наличия

информации о множестве маршрутов между каждой парой узлов. Вектор, определяющий распределение трафика по маршрутам

$$r_{i,j} = \{r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijm}\}, \quad \sum_{q=1}^m r_{ijq} = 1 \quad (2.24)$$

задаёт вероятности  $r_{ijq}$  того, что в каждом коммуникационном процессоре поток распределяется по каналам, входящим в маршруты, связывающие узлы  $i, j$  между собой таким образом, что сумма вероятностей вектора равна единице.

Поставим в соответствие каждой паре  $(i, j)$  номер  $S \in (1, 2, \dots, B)$ , где  $B$  – число отличных от нуля элементов матрицы потоков  $\|\gamma_{ij}\|$ . Тогда распределение  $s$ -й составляющей потока можно представить точкой  $m_s$ -мерного пространства

$$r_s = \left\| \begin{array}{c} r_{s1} \\ r_{sq} \\ r_{sm_s} \end{array} \right\|; \quad \sum_{q=1}^{m_s} r_{sq} = 1. \quad (2.25)$$

Тогда распределение потоков для всей сети можно задать точкой  $A$ -мерного пространства.

$$R = \left\| \begin{array}{c} r_1 \\ r_s \\ r_b \end{array} \right\|; \quad A = \sum_{s=1}^B m_s. \quad (2.26)$$

Исходя из того, что загрузка каналов  $\lambda_k$  зависит от распределения трафика по маршрутам, то:

$$\lambda_k(R) = \sum_{s=1}^B \sum_{q=1}^{m_s} \gamma_s r_{sq}. \quad (2.27)$$

Формализованную схему алгоритма дискретного распределения трафика можно представить в виде:

$$T(R_0) = \min_{R \in R_s} \{T(R)\};$$

$$R_s = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{q=1}^{m_s} r_{sq} = 1, \quad s = \overline{1, B}; \\ R: \lambda_k(R) < \mu C_k, \quad k = \overline{1, K}, \quad R \geq 0 \end{array} \right\}. \quad (2.28)$$

При дискретном решении этой задачи выполняется последовательное улучшение имеющегося распределения трафика в смысле обеспечения минимальной задержки доставки информации путем переброски информационного кванта  $\Delta\lambda$  из "наихудшего" маршрута в "наилучший". На следующем шаге в перераспределении участвует другой поток с наибольшей разницей между маршрутными задержками. Процесс переброски заканчивается, когда время доставки перестает уменьшаться. Дискретное уменьшение интенсивности  $\lambda_k$  на  $\Delta\lambda > 0$  соответствует уменьшению количества сообщений (пакетов), передаваемых по этому каналу в единицу времени.

Для автоматизации решения задачи разработан итерационный алгоритм распределения трафика (рисунок 2.15).

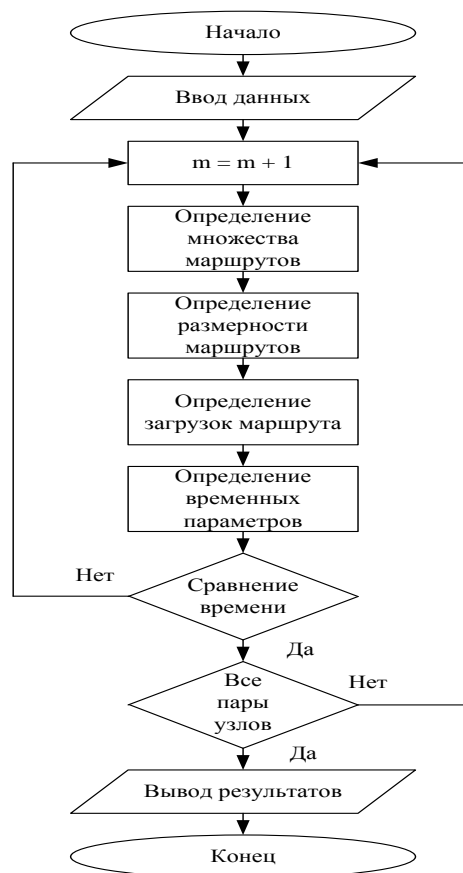


Рисунок 2.15 - Алгоритм распределения трафика

Определение параметров потоков сообщений в сети передачи данных АСФ и ПСС является важной задачей, обуславливающей эффективное использование в процессе эксплуатации.

## **2.5 Планирование и проведение поисково-спасательной операции при взаимодействии с ГИМС**

В РФ имеется большое количество водных систем. Поэтому одним из немаловажных вопросов является взаимодействие спасательных подразделений с государственной инспекцией по маломерным судам МЧС России (ГИМС МЧС России) [36].

Несчастные случаи, происшествия и чрезвычайные ситуации на воде широко распространены и зачастую РПСО должен рассматривать как наиболее вероятные версии, связанные с акваториями. Объектом поиска на акватории может быть:

- человек, находящийся в воде;
- транспортное средство, в том числе – аварийное, затонувшее, покинутое;
- тело утонувшего или погибшего от переохлаждения;
- вещественные признаки аварии, несчастного случая – пятна топлива, обломки, плавающие предметы, одежда и т.п.

Развитие ЧС на акваториях с наличием пострадавших характеризуется стремительностью. Для тонущих людей максимальное время, за которое их можно спасти, составляет считанные минуты. В данных ситуациях могут помочь только свидетели происходящего или спасатели, находящиеся непосредственно на месте. Для людей, находящихся в холодной воде без гидротермоизолирующих костюмов срок исчисляется десятками минут, в костюмах – часами. В спасательном плавсредстве – шлюпке, плоте можно продержаться много суток. Пострадавшие, выбравшиеся на берег, в зависимости от погоды и их состояния и опыта могут оставаться в живых длительное время даже вдали от цивилизации [37].

Крупные акватории для площадных поисков требуют применения катеров, моторных лодок. Поисковые операции на море и крупных акваториях обычно включают площадные поиски и поиск по береговой линии. Средние озера площадью в несколько квадратных километров и реки шириной более 40-50 метров лучше всего осматривать на катере или моторной лодке. Осмотру подлежат оба берега реки ниже по течению независимо от того, на каком берегу произошел несчастный случай. В реках, меняющих направление течения, по причине прилива, осмотру подлежит и береговая линия выше по течению. Применение авиации ограничено. Визуальный поиск с самолета малоэффективен, поскольку самолет в движении обычно не успевает за изгибами береговой линии. Более приемлем вертолет, но использование данного средства экономически не эффективно.

Мелкие водоемы - озера и реки, особенно труднодоступные, наиболее сложно обследовать. Реки в лесу извилисты, берега изрезаны и завалены буреломом. Русло перекрыто перекатами, порогами, отмелями, завалами, бобровыми плотинами и т.п. Горные реки имеют по большей части бурное течение и серьезные пороги. Применение авиации для поиска малоэффективно, поскольку береговая линия скрыта кронами деревьев, хотя допустимо применение вертолета.

Узкие реки и ручьи, мелкие озерца, болота подлежат осмотру в пешем порядке. Применение авиации затруднено и не эффективно, хотя возможно. Перспективно применение сверхмалой авиации – мотодельтапланов и особенно мотопарапланов. Часто узкие лесные реки удобнее всего осматривать, передвигаясь пешком по руслу, поскольку берега заросли кустами и завалены буреломом.

Береговая линия является накопителем предметов и знаков, свидетельствующих о происшествии. Почти все ЧС на водных объектах оставляют свои следы на берегу. Тщательному визуальному осмотру подлежат урез воды, полоса прибоя, приливно-отливная полоса во время отлива, полоса



берега в пределах видимости, скалы, отмели, каменные гряды и т.п. – все места, где может зафиксироваться улика или тело утонувшего. Также подлежат осмотру рыбацкие стоянки, убежища, береговые и прибрежные сооружения. Осмотр следует вести с воды и с берега, по возможности – параллельно. В отсутствие сильного прибоя наилучшее плавсредство для осмотра береговой линии – плоскодонное маломерное судно с подвесным мотором или водометом, а в некоторых случаях гребное плавсредство.

Если попавшему в холодную воду удастся выбраться на берег, то в холодную погоду в отсутствие возможности согреться его ждет переохлаждение со смертельным исходом. Поэтому прибрежная полоса в месте предполагаемого ЧС должна быть осмотрена на 50-100м, а также следует осмотреть пути, по которым пострадавший мог двигаться в сторону жилья, стоянки, людей и т.п.

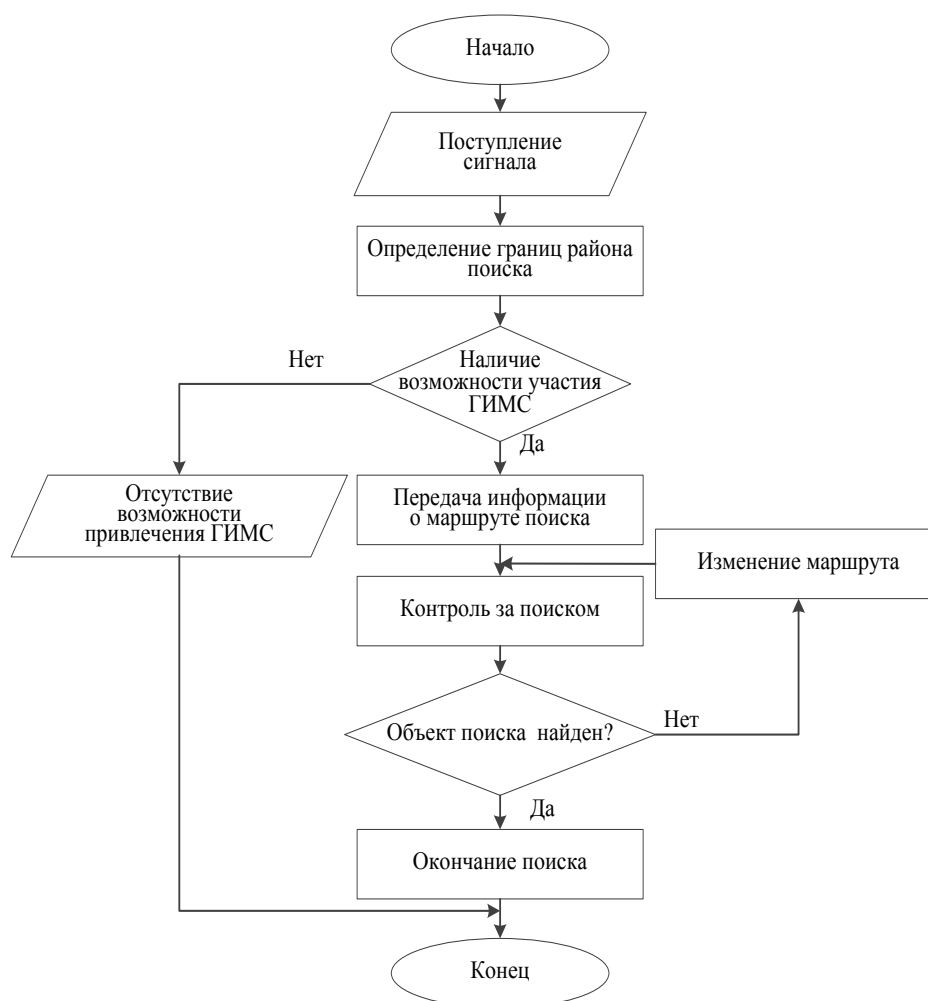
ГИМС МЧС России — орган, исполняющий государственную функцию по надзору на водных объектах за пользованием маломерными судами, базами (сооружениями) для их стоянок и иными объектами (пляжи, переправы и наплавные мосты), основными задачами которой являются:

- участие в поиске и спасении людей на водных объектах;
- организация в пределах своей компетенции надзора и контроля за выполнением требований по обеспечению безопасности людей и охраны жизни людей на базах (сооружениях) для стоянок маломерных судов, пляжах, переправах и наплавных мостах;
- осуществление в установленном порядке классификации, государственной регистрации, учета, первичного и ежегодного технического освидетельствования и осмотров маломерных судов, присвоения им государственных (бортовых) номеров, выдачи судовых билетов и иных документов на зарегистрированные маломерные суда;
- осуществление учета, ежегодного технического освидетельствования баз (сооружений) для стоянок маломерных судов, пляжей, переправ и наплавных мостов, выдачи разрешений на эксплуатацию баз (сооружений) для стоянок

маломерных судов, переправ и наплавных мостов, а также разрешений на пользование пляжами;

- осуществление аттестации судоводителей и выдачи им удостоверений на право управления маломерным судном;
- осуществление в установленном порядке производства по делам об административных правонарушениях в пределах своей компетенции;
- осуществление ведения единого реестра зарегистрированных маломерных судов и государственного учета выдаваемых удостоверений на право управления маломерными судами, регистрационных и иных документов, необходимых для допуска маломерных судов и судоводителей к участию в плавании.

Учитывая вышесказанное, в работе был разработан алгоритм взаимодействия данных подразделений, представленный на рисунке 2.16 [41].



Рисунке 2.16 - Блок-схема алгоритма взаимодействия ПСС и ГИМС МЧС России

При планировании поисково-спасательной операции после определения границ поиска, система проводит проверку на наличие в данном районе крупных рек. При обнаружении таковых, система предлагает РПСО отправить запрос на подключение ближайших имеющихся сил и средств ГИМС к поисково-спасательным операциям. Информационно-аналитическое обеспечение формирует маршрут обследования русла рек, с учетом сухопутных сил и средств. Передача сигнала и дальнейшее взаимодействие проходит с помощью АИУС ГИМС, которая является многоэлементной системой, строящейся по модульному принципу, состоящей из средств вычислительной техники, специального программного обеспечения и средств связи. Основным мобильным функциональным звеном АИУС ГИМС является подсистема беспроводного доступа, оснащенная портативными терминалами на базе современных карманных компьютеров типа PocketPC с поддержкой сотовых каналов связи. Данная система предложена Атюкиным А. А. [43].

Автоматизированная информационно-управляющая система ГИМС создавалась в целях повышения эффективности управления и оперативности выполнения возложенных на органы Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России функций контроля и надзора за использованием поднадзорными судами и осуществления ведения единого реестра зарегистрированных маломерных судов и Государственного учёта выдаваемых удостоверений на право управления маломерными судами, регистрационных и иных документов, необходимых для допуска маломерных судов и судоводителей к участию в плавании, предусмотренных Положением о Государственной инспекции по маломерным судам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2004 года № 835 [44].

Контроль за проведением поиска осуществляется путем передачи сигнала о

передвижения с портативных модулей, входящих в состав АИУС ГИМС. Если при прохождении маршрута силами ГИМС объект не был обнаружен, РПСО изменяет маршрут, либо прекращает поиск.

Привлечение сотрудников ГИМС к поисково-спасательным операциям позволяет обследовать территорию вдоль рек в кратчайшие сроки.

## **2.6 Поддержка принятия управленческих решений при преодолении водных преград в зимний период времени**

В связи с тем, что промежуток времени, затрачиваемый на передвижение сил и средств является значительным в процессе поиска, существует необходимость в его снижении.

На передислокацию сил и средств при проведении поисково-спасательных операций большое влияние оказывают климатические условия и рельеф местности. Суровость природных и климатических условий приводит к повышенным транспортным расходам на поставку топлива, продовольствия и промышленных товаров по сложным транспортным схемам с использованием воздушных и водных путей, в том числе Северного морского пути и малых рек. Недостаточность развития дорожной инфраструктуры ограничивает возможность транспортного сообщения, а используемые «зимники» не покрывают потребности в грузоперевозках и зачастую создают предпосылки для чрезвычайных ситуаций различного характера, в том числе связанных с провалами транспорта под лед [45].

В целях предотвращения провалов транспорта под лед и сокращения времени до минимально возможного при определении маршрута следования аварийно-спасательной техники, в информационно-аналитической системе предусмотрено использование многофункционального портативного радара для измерения толщины льда «Пикор-Лёд», который представлен на рисунке 2.17 [46].



Рисунок 2.17 - Многофункциональный портативный радар для измерения толщины льда «Пикор-Лёд»

Данный прибор разработан конструкторским бюро опытных работ концерна "Созвездие" Минпромторга России совместно с кафедрой информационных технологий учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий Академии ГПС МЧС России.

Предложено использование многофункционального портативного радара для измерения толщины льда «Пикор-Лёд» при переброске аварийно-спасательной техники через замерзшие водоемы. Он позволяет бесконтактно и оперативно определять толщину льда в точке и в процессе движения в режиме реального времени, а также строить профиль ледового покрова вдоль маршрута следования аварийно-спасательной техники [47].

Сфера применения импульсного сверхширокополосного модуля ближней радиолокации «Пикор» рассмотрена в работе [48].

Дистанционное определение несущей способности ледяного покрова определяется оператором с берега с использованием радиоуправляемой модели автомобиля с антенным модулем «Пикор» и специального программного

обеспечения. Такой подход позволяет в реальном времени определить несущую способность ледового покрова и принять управленческое решение по прокладке маршрута следования аварийно-спасательной техники.

Проведены испытания многофункционального портативного радара для измерения толщины льда «Пикор-Лёд» в движении на судне на воздушной подушке. Целью испытаний явился замер толщины льда бесконтактным способом. В испытаниях использованы: многофункциональный портативный радар для измерения толщины льда «Пикор-Лёд», ледовый бур, секундомер, измерительная линейка, судно на воздушной подушке. Испытания проведены на устье реки Сходня 25.02.2014 года. Условия испытаний: температура:  $-3^{\circ}\text{C}$ , ветер слабый, влажность 60 %, скорость движения судна на воздушной подушке при замерах 7-12 км/ч., длина мерного участка 110 м.

Результаты испытаний многофункционального портативного радара «Пикор-Лёд» бесконтактным способом представлены на рисунке 2.18.

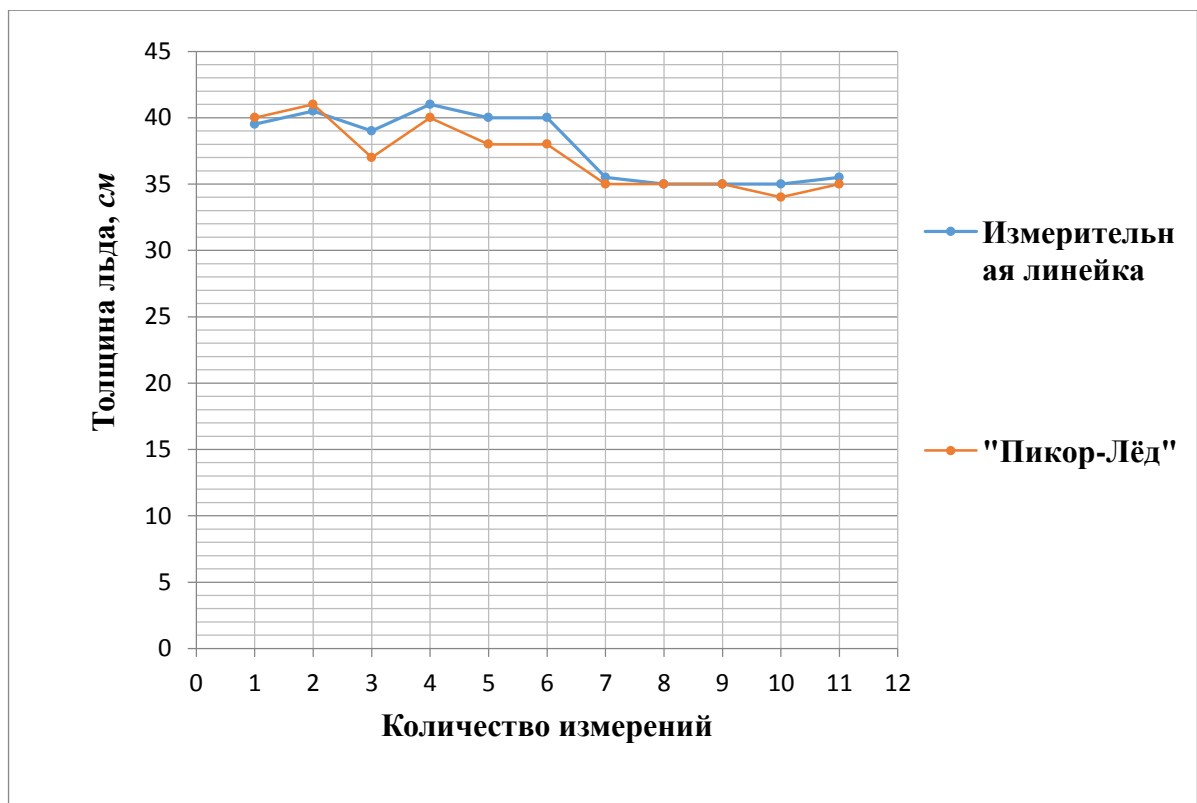


Рисунок 2.18 - Результаты испытаний многофункционального портативного радара «Пикор-Лёд» бесконтактным способом

Результаты испытаний показали, что погрешность бесконтактного измерения толщины льда с использованием многофункционального портативного радара «Пикор-Лёд» составила 1,92 %. Время проведения измерений при использовании ледового бура и измерительной линейки составило 14 *мин. 30 сек.*, с использованием многофункционального портативного радара «Пикор-Лёд» составило 2 *мин. 40 сек.*, что в 5,43 раза меньше чем при использовании ледового бура [46].

Применение многофункционального портативного радара «Пикор-Лёд» для бесконтактного измерения толщины льда при переброске аварийно-спасательной техники позволяет значительно сократить время определения несущей способности ледовой переправы.

При нахождении кратчайшего маршрута в переходные периоды смены времен года, использование данного прибора позволит отключать функцию блокирования клеток с водным преградами, что значительно сокращает путь к месту передислокации.

## **2.7 Экспериментальная проверка выполнения поисково-спасательных операций в природной среде с использованием предложенной модели построения карт вероятностей**

Для оценки эффективности разработанной модели и алгоритмов была выбрана реальная поисково-спасательная операция, проанализированы результаты и проведено моделирование поисково-спасательной операции при тех же начальных условиях, но с использованием разработанной модели [27].

Для эксперимента была выбрана поисково-спасательная операция Санкт-Петербургской Региональной общественной организации "Объединение добровольных спасателей ЭКСТРЕМУМ" (СПб РОО «ЭКСТРЕМУМ»), проходившая с 19 сентября по 21 сентября 2014 г. в Бокситогорском районе Ленинградской области. Объектом поиска был мужчина 1952 г. рождения. Карта местности представлена на рисунке 2.19.

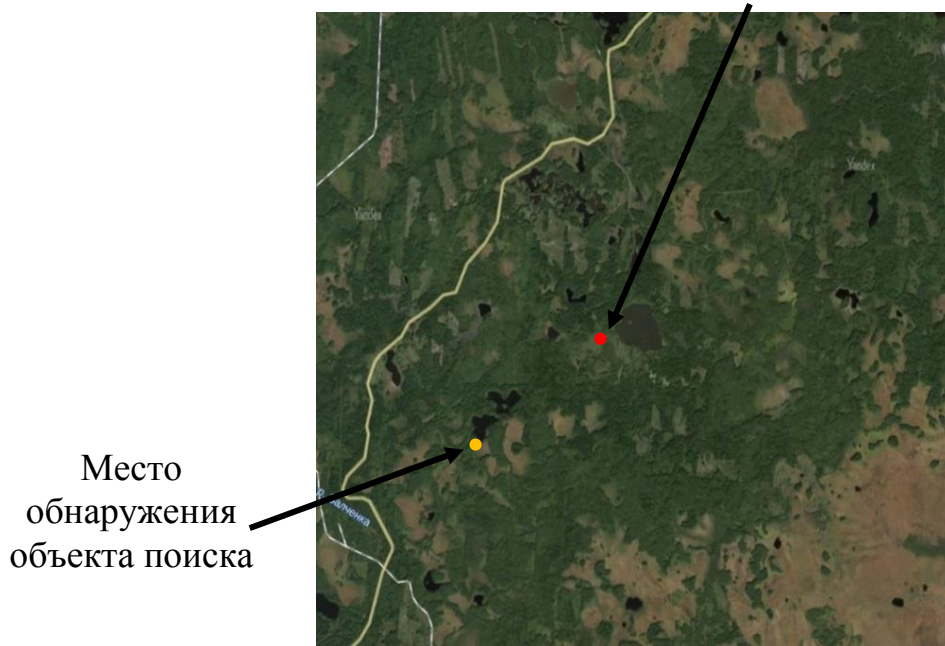


Рисунок 2.19 - Карта местности, в которой проводилась поисково-спасательная операция

*Входные данные:* ранним утром 19 сентября трое мужчин приехали на рыбалку на оз. Белое со стороны д. Койгуши. Машину оставили на развилке дорог на деревню Абрамову Гору и деревню Дмитрово. К 14:00 втроем вернулись к машине и вспомнили, что забыли весла. Потерявшийся пошел за веслами один. Пешком идти от машины до озера 25 мин. по лесной дороге. Около 15:00 двое рыбаков пошли за ним по этой дороге, дошли до весел, потерявшегося не нашли. Сообщив в 16:13 о пропаже человека в СПб РОО «ЭКСТРЕМУМ», вместе с участковым начинают искать своими силами (втроем). У потерявшегося со здоровьем проблем не наблюдалось, слышит хорошо. Известно, что объект поиска жил в лесу по нескольку дней (запас еды брал с собой).

*Ход работ:* поисково-спасательные группы (ПСГ) прибыли на место около 18:07. В состав ПСГ входило 9 человек. РПСО было принято решение, проводить поиск методом «прочесывания» и «работы на отклик». Работы продолжались на протяжении 6-ти дней с 6:00 до 22:00. Ежедневно производилась смена состава ПСГ после 8 часовой смены. Объект поиска был найден 21 сентября 2016 года в заброшенном доме, расположенном недалеко от небольших озер. В заброшенный дом объект поиска пришел в ночь с 19 на 20 сентября.

Рассмотрим проведения поиска с использованием разработанной в диссертации модели и алгоритма. Последнее известное местонахождение



потерявшегося - развилка дорог на деревню Абрамову Гору и деревню Дмитрово. Исходя из этого, определяем район поиска по формуле (5):

$$A_{\text{вр}} = 4 * (10 * 0,17)^2 = 11,56 \text{ км}^2.$$

Наносим полученный район на карту местности. Разбиваем район на ячейки с шагом в 500 м, полученная карта представлена на рисунке 2.20.

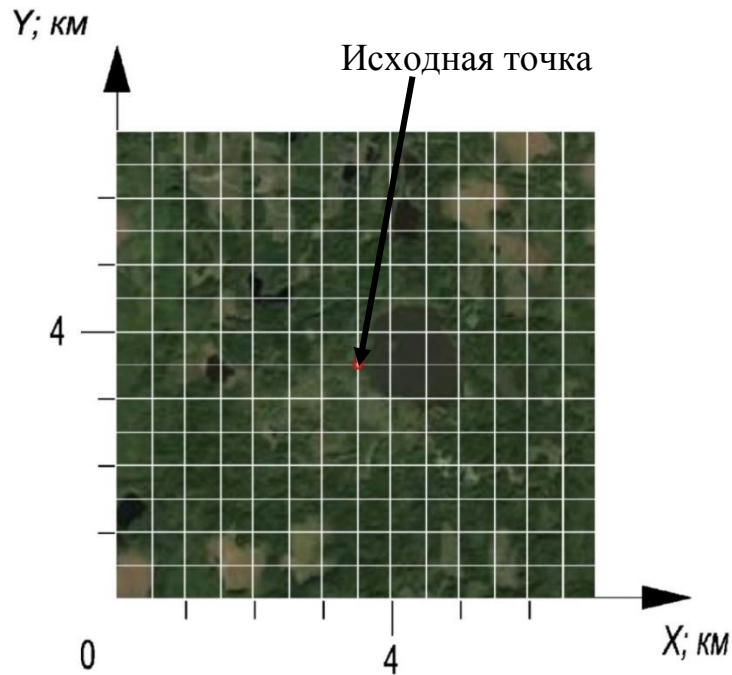


Рисунок 2.20 - Район поиска с нанесенными ячейками на первые сутки после поступления сообщения

В соответствии с разработанным алгоритмом определяем весовые коэффициенты для каждого ориентира по формуле (2.1), полученные результаты внесены в таблицу 2.1:

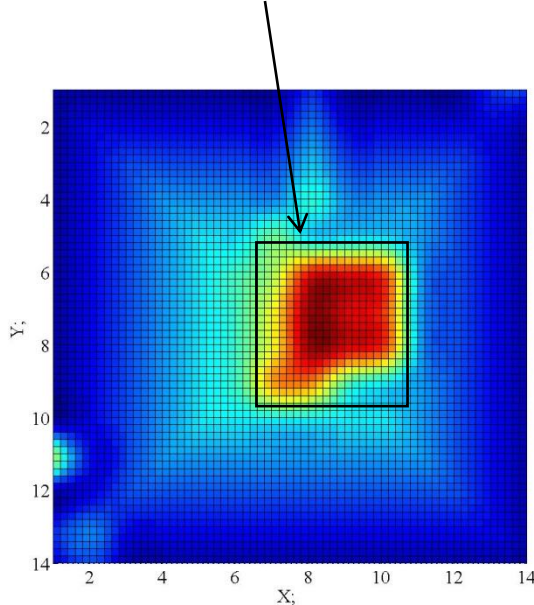
Таблица 2.1 Весовые коэффициенты для местных ориентиров

Наименование ориентира	$O_1$	$O_6$	$O_3$	$O_4$	$O_7$	$O_2$	$O_5$
Степень влияния, $c_i$	0,32	0,21	0,17	0,11	0,11	0,05	0,03

С учетом полученных коэффициентов, производится расчет вероятности местонахождения объекта поиска по формуле (2.2). Формируется матрица и переводится в процентные показатели вероятности местонахождения объекта поиска для каждой ячейки.

Для лучшего визуального восприятия руководителем поисково-спасательных операций информации о плотности вероятностей местонахождения объекта поиска информационно-аналитическое обеспечение строит трехмерный график, представленный на рисунке 2.21.

Места с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска



Места с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска

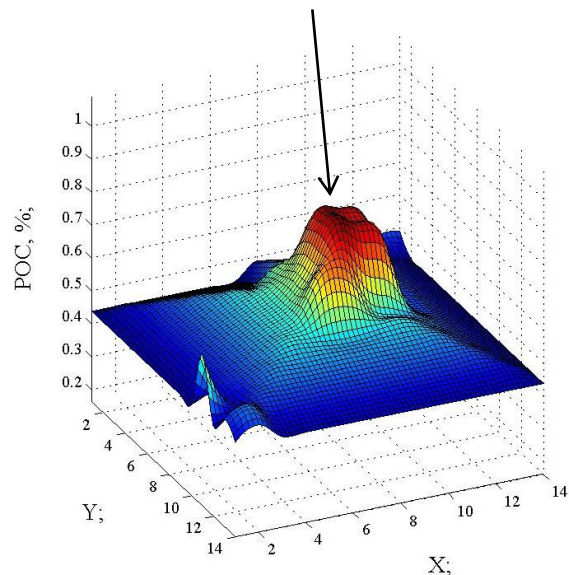


Рисунок 2.21 - Трёхмерный график распределения плотности вероятности местонахождения объекта поиска

Исходя из полученной карты, можно выделить участок с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска. Выполняем расчеты в соответствии с методикой поиска. Результаты расчетов внесены таблицу 2.2.

Таблица 2.2 Результаты расчетов в соответствии с методикой поиска

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_{но нов}$
<b>Полученные значения при 1-ом поиске;</b>	0,1	0,7 км <sup>2</sup>	6,3 км <sup>2</sup>	4 км <sup>2</sup>	2	86%	11,34%	2,2%

С учетом результатов расчета проводится поиск. Так как поиск не дал результатов, формируется новая карта вероятностей местонахождения объекта с учетом предыдущего поиска и времени с момента пропажи.

Определяем район поиска по формуле (2.6):

$$A_{ep} = 4 * (10 * 0,7)^2 = 196 \text{ км}^2$$

Полученный район поиска представлен на рисунке 2.22.

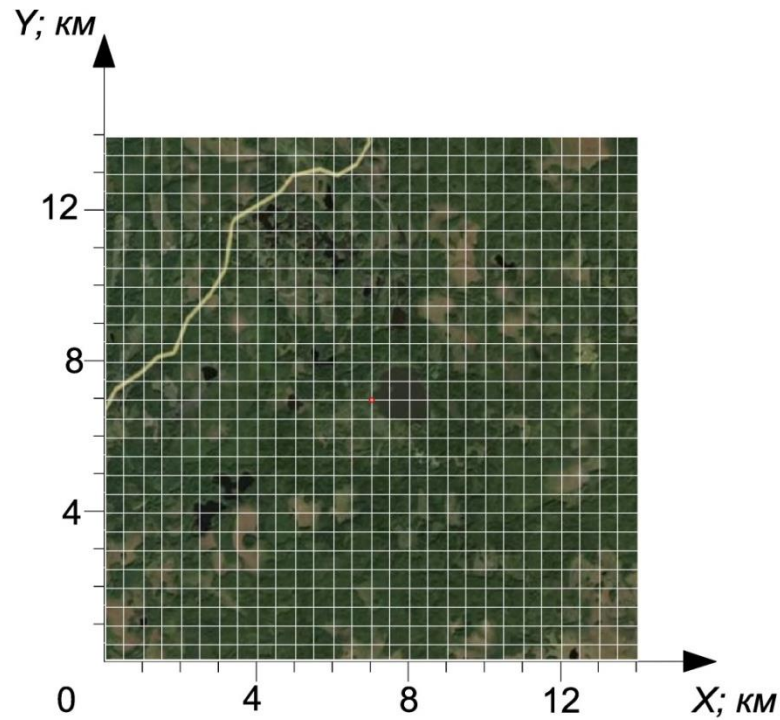
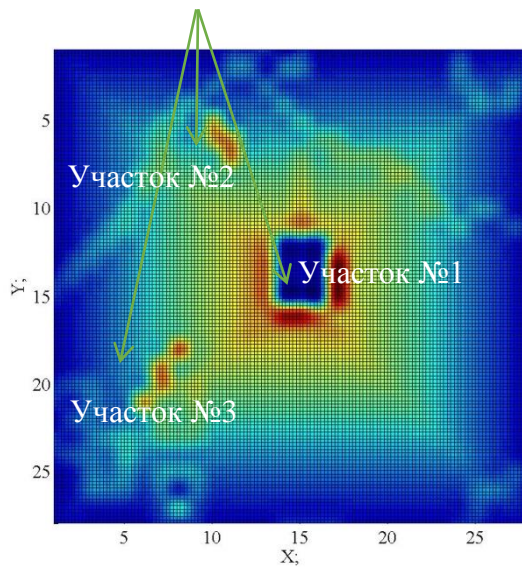


Рисунок 2.22 - Район поиска на вторые сутки после поступления сообщения

Сформированная карта вероятностей представлена на рисунке 2.23.

Места с наибольшей вероятностью  
местонахождения объекта поиска



Места с наибольшей вероятностью  
местонахождения объекта поиска

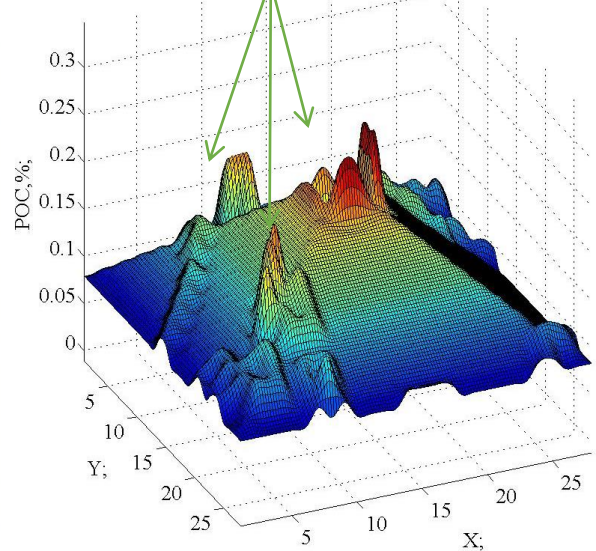


Рисунок 2.23 - Трёхмерный график распределения плотности вероятности местонахождения объекта поиска после проведение 1-го поиска

После проведения 1-го поиска, можно выделить 3 участка. В случае наличия нескольких перспективных участков поиска, необходимо провести оценку

различных вариантов распределения сил и средств на этих участках. Показателем эффективности поиска является вероятность успеха поисково-спасательной операции ( $P_y$ ), которая определяется по формуле (2.10). С учетом имеющихся в распоряжении 9-ти человек, возможны следующие варианты распределения:

- вариант №1: участок №1 – 6 человек, участок №2 – 1 человек, участок №3 – 2 человека;
- вариант №2: участок №1 – 5 человек, участок №2 – 2 человека, участок №3 – 2 человека;
- вариант №3: – 5 человек, участок №2 – 1 человек, участок №3 – 3 человека.

Результаты расчетов представлены в таблицах 2.3-2.11.

#### Вариант №1

Таблица 2.3 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 1)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
<b>Полученные значения при 2-ом поиске;</b>	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	16,8 км <sup>2</sup>	6 км <sup>2</sup>	2,8	94%	5,17%	4,86%

Таблица 2.4 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 2)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
<b>Полученные значения при 2-ом поиске;</b>	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	2,8 км <sup>2</sup>	1,5 км <sup>2</sup>	1,86	83%	1,08%	0,8%

Таблица 2.5 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 3)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
<b>Полученные значения при 2-ом поиске;</b>	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	5,6 км <sup>2</sup>	2,5 км <sup>2</sup>	2,24	89%	1,76%	1,57%

Итоговая вероятность успеха поиска ( $P_y$ ) равна 7,23%.

#### Вариант №2

Таблица 2.6 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 1)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
<b>Полученные значения при 2-ом поиске;</b>	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	14 км <sup>2</sup>	6 км <sup>2</sup>	2,33	90%	5,17%	4,65%

Таблица 2.7 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 2)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
Полученные значения при 2-ом поиске;	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	5,6 км <sup>2</sup>	1,5 км <sup>2</sup>	3,7	97%	1,08%	1,04%

Таблица 2.8 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 3)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
Полученные значения при 2-ом поиске;	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	5,6 км <sup>2</sup>	2,5 км <sup>2</sup>	2,24	87%	1,76%	1,53%

Итоговая вероятность успеха поиска ( $P_y$ ) равна 7,22%.

### Вариант №3

Таблица 2.9 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 1)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
Полученные значения при 2-ом поиске;	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	14 км <sup>2</sup>	6 км <sup>2</sup>	2,33	90%	5,17%	4,65%

Таблица 2.10 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 2)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
Полученные значения при 2-ом поиске;	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	2,8 км <sup>2</sup>	1,5 км <sup>2</sup>	1,87	84%	1,08%	0,97%

Таблица 2.11 Результаты расчетов для 2-го поиска (участок № 3)

	$W$	$S_i$	$S_{сум}$	$S_{уч}$	$C$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$P_y$
Полученные значения при 2-ом поиске;	0,1	2,8 км <sup>2</sup>	8,4 км <sup>2</sup>	2,5 км <sup>2</sup>	3,75	97%	1,76%	1,7%

Итоговая вероятность успеха поиска ( $P_y$ ) равна 7,32%.

Результаты оценки вероятности успеха сведены в диаграмму, представленную на рисунке 2.24.

Исходя из результатов расчета, можно заключить, что наибольшую вероятность успеха имеет 3-й вариант распределения сил. При проведении данного поиска был обследован участок, в котором находился объект.

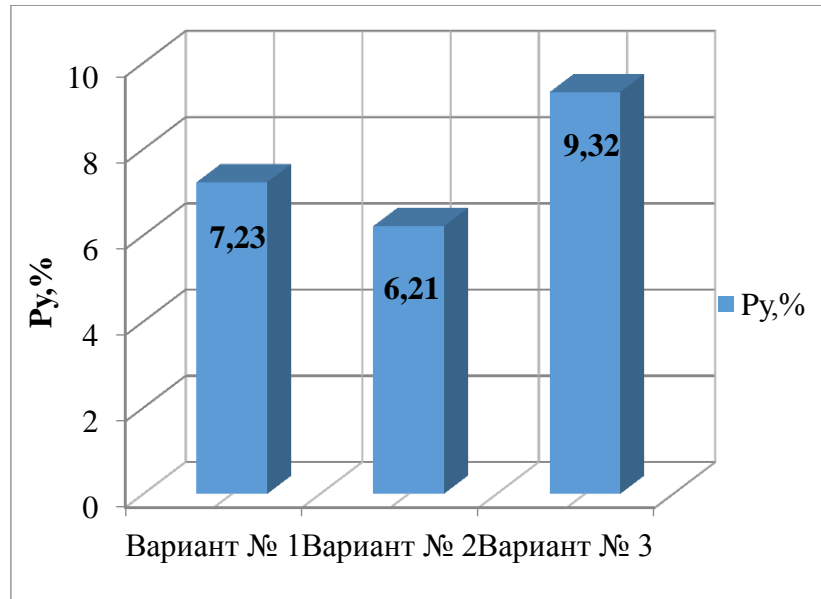


Рисунок 2.24 - Результаты оценки вероятности успеха ПСО

По результатам моделирования установлено, что время поиска, при использовании предложенной модели, сократилось на 40%.

Также моделирование было проведено ещё для двух ПСО, в которых время поиска снизилось на 18% и на 33%. Результаты сравнения представлены на рисунке 2.25.

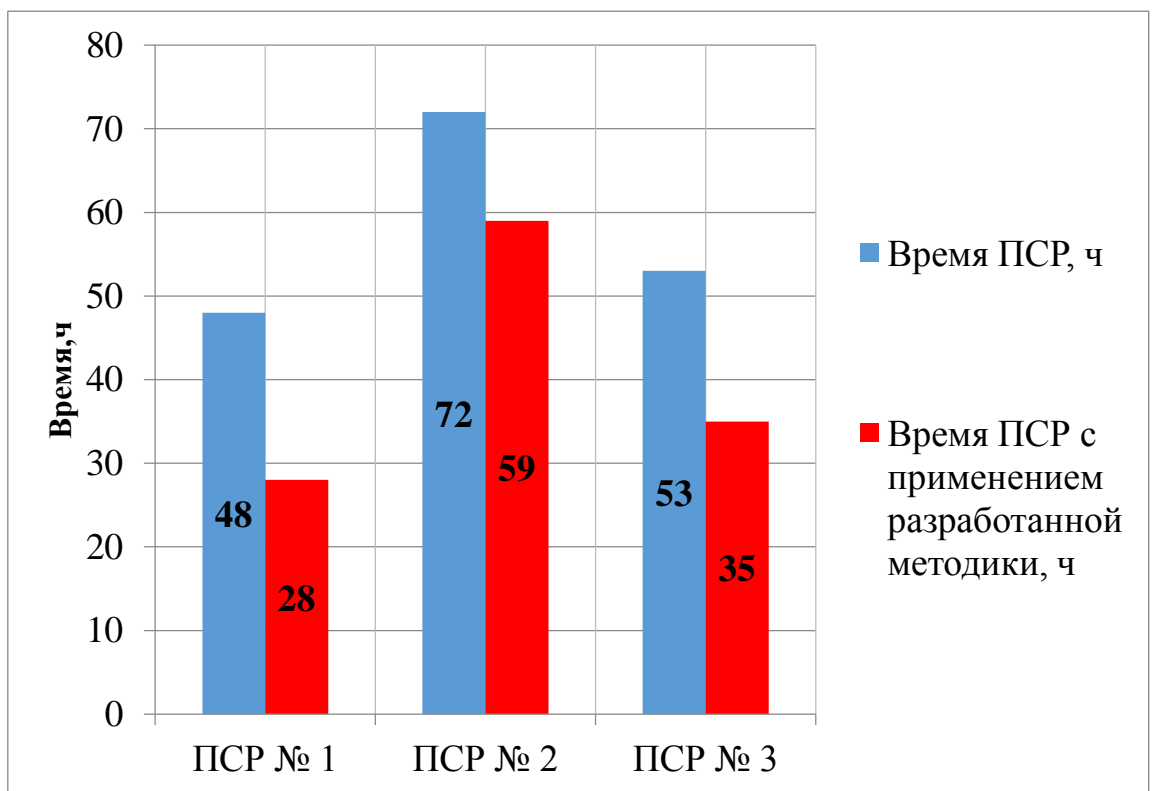


Рисунок 2.25 – Результаты сравнения продолжительности ПСО

В ходе моделирования установлены следующие преимущества предложенной модели:

- разработанная модель позволяет снизить время поиска в среднем на 30%;
- разработанная модель позволяет в первую очередь обследовать участки с максимальной вероятностью местонахождения объекта поиска;
- разработанная модель позволяет проводить оценку распределения сил и средств перед принятием решения.

## **Выводы по главе 2**

1. В связи с невозможностью проведения систематического поиска на больших территориях для обеспечения поддержки принятия управленческих решений при выборе сценариев поиска разработана модель и алгоритмы построения карт вероятностей местонахождения объекта поиска в природной среде.

2. Объем и точность расчетов, которые может произвести сотрудник, планирующий поиск, без использования компьютера, весьма ограничены. Применение компьютерных программ в значительной мере освобождает сотрудника, планирующего поиск, от большого объема расчетов и позволяет производить больше расчетов повышенной сложности за более короткое время с большей точностью, в связи с чем был разработан алгоритм распределения сил и средств при проведении поиска.

3. Для оптимизации маршрутов передислокации поисковых подразделений разработана математическая модель определения оптимальных маршрутов передислокации сил и средств при проведении поисково-спасательных операций в природной среде. В предложенной модели реализован комплексный двухкритериальный показатель, позволяющий ранжировать маршруты при равной протяженности или в соответствии с предпочтениями ЛПП. Предложен алгоритм определения маршрута перемещения наземных сил и средств. Данный алгоритм позволяет определять кратчайшие маршруты передислокации сил и



средств с учетом препятствий на пути следования, что в условиях плохой развитой дорожной инфраструктуры на определенных участках России является одной из значимых задач.

4. При проектировании сети передачи данных информационно-аналитического обеспечения использованы приближенные методы анализа, в первую очередь эвристической декомпозиции с направленным поиском оптимальных решений, так как оптимизация параметров за счёт выделения одной из критериальных функций в ранг целевой не всегда приносит желаемые результаты. Проведено исследование управления специальной сетью передачи данных и предложен метод её оптимизации за счёт минимизации средней временной задержки каналов в сети. Для автоматизации решения задачи по оптимизации параметров сети разработан итерационный алгоритм распределения трафика.

5. В целях совершенствования взаимодействия аварийно-спасательных формирований МЧС России и ГИМС МЧС России при осуществлении поисково-спасательных работ в районах с наличием крупных рек, разработан алгоритм их взаимодействия.

6. Проведено экспериментальное моделирование поисково-спасательных работ с применением разработанной модели, которое определило следующие преимущества:

- разработанная модель позволяет снизить время поиска в среднем на 30%;
- разработанная модель позволяет в первую очередь обследовать участки с максимальной вероятностью местонахождения объекта поиска;
- разработанная модель позволяет проводить оценку распределения сил и средств перед принятием решения.

Учитывая приведенные выводы, определим направления дальнейшей работы: необходимо разработать структуру системы поддержки принятия управленческих решений, включающую механизмы осуществления информационно-аналитической поддержки управления поисково-спасательными операциями в природной среде.



### **ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ, ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ**

#### **3.1. Разработка структурной схемы системы поддержки управления поисково-спасательными операциями и ее основных элементов**

Проведение поиска – это вероятностный процесс, в котором нет гарантии ни успеха, ни неудачи. Поиск представляет огромную сложность, особенно, когда это касается спасения жизней людей. Тем не менее, правильно спланированный поиск с использованием нужных средств и инструментов имеет гораздо больше шансов на успех.

Поиск в ограниченной несложной окружающей среде может быть просто вопросом установления визуального контакта с пропавшим объектом. В контексте поисково-спасательных операций (ПСО) обстоятельства и окружающая среда поиска часто бывают сложными. Эта сложность требует высокой степени организации, которая должна быть свойственна спасателям.

В целях снижения времени планирования поиска, вероятности математических ошибок при распределении сил и средств, а также обеспечения оперативного взаимодействия АСФ МЧС России с подразделениями Министерств и ведомств, разработано информационно-аналитическое обеспечение управления поисково-спасательными операциями.

На рисунке 3.1 представлена структура информационно-аналитического обеспечения (ИАО) управления поисково-спасательными операциями [54, 55].

Вычислительный модуль предназначен для определения участков с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска, оценки вероятности успеха поиска с учетом имеющихся сил и средств. Информацию для выполнения задач модуль получает от руководителя поисково-спасательных операций. Перечень необходимой информации приведен во второй главе.

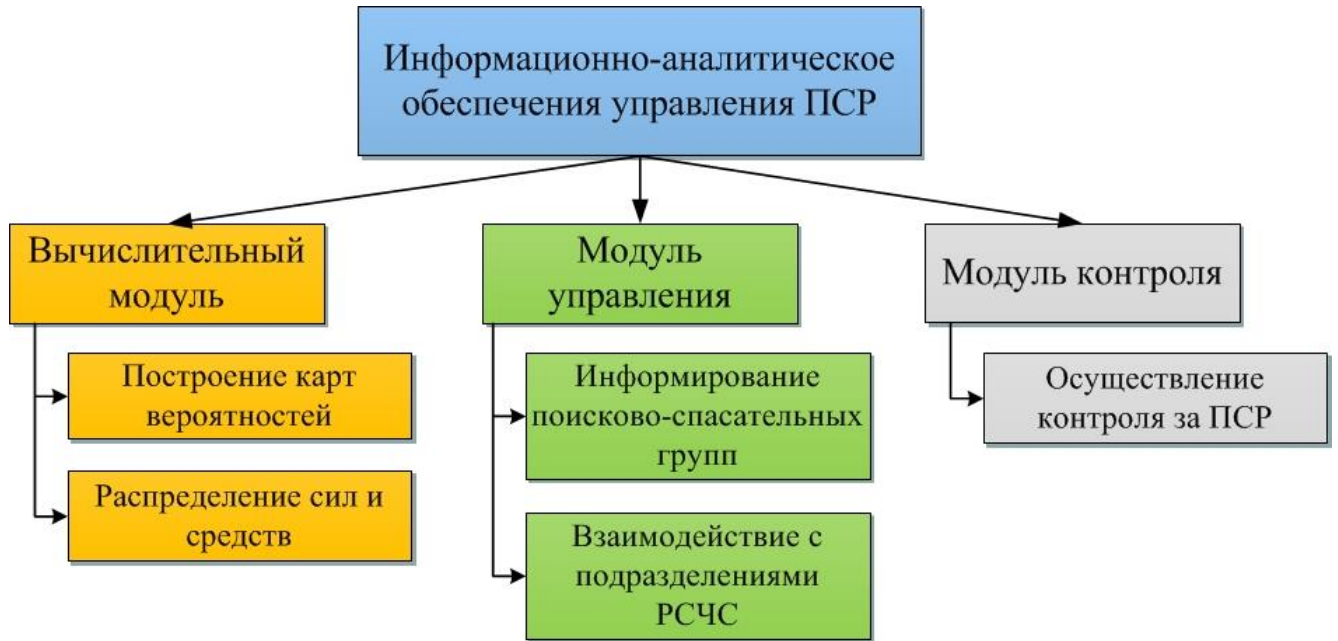


Рисунок 3.1 - Структура информационно-аналитического обеспечения (ИАО) управления поисково-спасательными операциями

После получения всей необходимой информации в вычислительном модуле происходит построение карт вероятностей, определяются места с наибольшим значением (участки поиска). Затем РПСО рассматривает возможные варианты распределения сил и средств по данным участкам, модуль производит оценку вероятности успеха для всех вариантов и предлагает с наибольшим значением. После подтверждения варианта распределения сил и средств, вычислительный модуль передает информацию в модуль управления для указания поисково-спасательным группам участки поиска. Обобщенные результаты представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Функции вычислительного модуля

№ п/п	Наименование функции	Значение
1	Входная информация	- последнее известное местонахождение объекта поиска; - время с момента пропажи объекта; - личные данные пропавшего; - имеющиеся силы и средства.
2	Выходная информация	- карта вероятностей; - оптимальные комбинации сил и средств.
3	Действия, выполняемые в процессе работы	- определение района поиска ( $A_{вр}$ ) и деление его на ячейки;

		- определение ориентиров ( $O_n$ ); - определение значений вероятностей для каждой ячейки в районе поиска ( $P_{но}$ ); - определение значений $S_i$ ; $S_{сум}$ ; $C$ ; $P_{оо}$ ; $P_{у}$ .
4	Направление взаимодействия	Модуль управления

Модуль управления передает информацию поисково-спасательным группам, а также обеспечивает взаимодействие с подразделениями РСЧС. В ходе рассмотрения функций вычислительного модуля было определено, что в процессе своей работы он взаимодействует с модулем управления [57], а именно передает информацию об участках с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска и оптимальных комбинациях сил и средств. Отсюда следует, что входной информацией для данного модуля являются сведения об участках поисках с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска и распределении сил и средств. Получив эту информацию, модуль доносит ее до всех участников поиска.

Доведение информации происходит по средствам портативных устройств, использующих местную радиосвязь. В случае использования беспилотного летательного аппарата (БЛА), информация поступает оператору на пульт управления БЛА. Используя полученные данные, оператор программирует маршруты БЛА и начинает обследование.

В блоке управления производится взаимодействие с территориальными органами ГИМС по средствам передачи данных о маршрутах обследования на АИУС ГИМС.

Подводя итог рассмотрения модуля управления, результаты можно обобщить в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Функции модуля управления

№ п/п	Наименование функции	Значение
1	Входная информация	Сведения об участках поисках с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска и распределении сил и средств.
2	Выходная информация	Сведения об участках поисках с наибольшей вероятностью местонахождения объекта

		поиска и распределении сил и средств.
3	Действия, выполняемые в процессе работы	- вывод информации об участках поисках с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска и распределении сил и средств для поисково-спасательных групп; - передача информации об участках поисках с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска и распределении сил в подразделения ГИМС.
4	Направление взаимодействия	Вычислительный модуль

В завершение рассмотрим модуль контроля проведения поиска.

Контроль осуществляется с помощью, видеокамер встроенных в партитивные устройства или установленных на БЛА. Рассматривая видеокамеры как средство контроля поиска, входной информацией будет участки поиска. Так, в ходе поисков у РПСО всегда будет информация о складывающейся ситуации на участках поиска. В случае появления нештатных ситуаций, получения дополнительных сведений и обнаружения улик, РПСО может корректировать исходные данные, что может повлечь изменение карт вероятностей и перераспределение сил и средств.

Подводя итог рассмотрению функций модуля контроля, представим их результаты в таблице 3.3.

Таблица 3.3 Функции модуля управления

№ п/п	Наименование функции	Значение
1	Входная информация	Участки поиска с наибольшей вероятностью местонахождения объекта
2	Выходная информация	Видеопрезентация хода процесса поиска
3	Действия, выполняемые в процессе работы	Видеосъемка всех участков поиска.
4	Направление взаимодействия	Вычислительный модуль

Автором предлагается использовать информационно-аналитическое обеспечение на базе мобильного комплекса связи и управления МКУ МСР-КОМ [62], разработанного АГПС МЧС России совместно с конструкторским бюро опытных работ (рисунок 3.2).

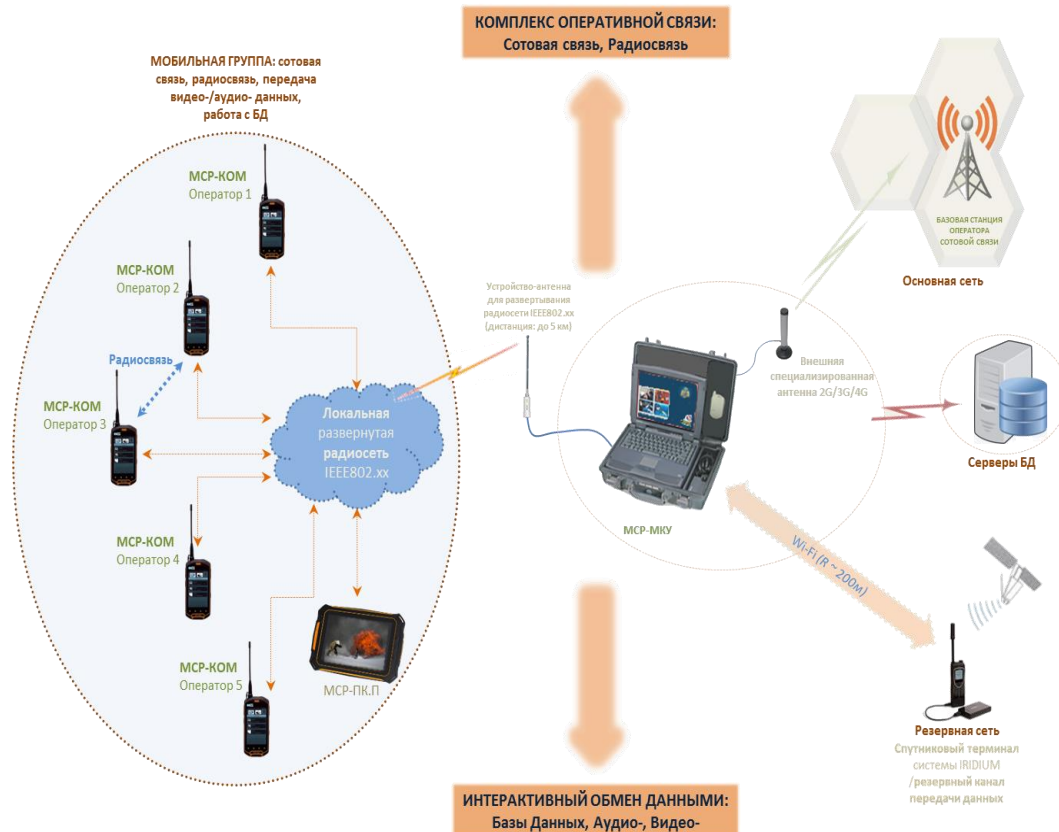


Рисунок 3.2 - Мобильный комплекс связи и управления МКУ МСП-КОМ

Представленный комплекс позволяет реализовать возможности предлагаемого информационно-аналитического обеспечения.

В настоящее время руководители поисково-спасательных операций при принятии решений опираются только на свой опыт. Данные решения не всегда являются наилучшими. При проведении операции, руководителю необходимо совершать математические вычисления вручную, что увеличивает риск ошибки и как результат - нерациональное использование имеющихся ресурсов [64].

Работа системы направлена на информационную поддержку, выработку возможных сценариев поиска с учетом имеющихся сил и средств, а также корректировку сценариев в зависимости от хода поиска и полученных новых данных. Общий алгоритм работы системы представлен на рисунке 3.3.

На первом этапе система определяет район поиска, в котором может находиться объект поиска, и делит данный район на ячейки. Ширина ячеек задается руководителем поисково-спасательной операции.

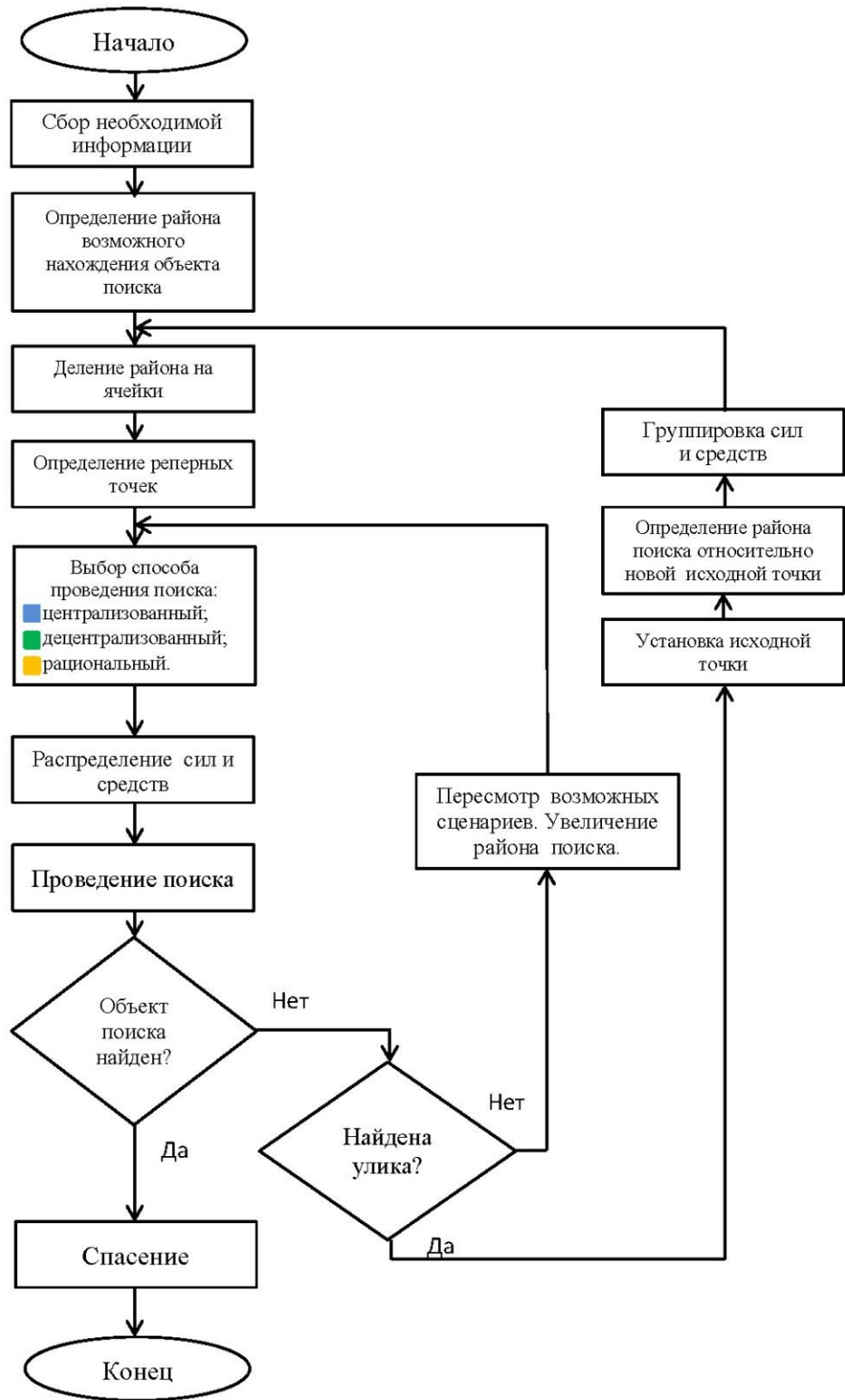


Рисунок 3.3 - Общий алгоритм информационной-аналитической поддержки управления поисково-спасательными операциями

После этого внутри района поиска определяются наиболее вероятные места пребывания пропавшего.

На следующем этапе определяется метод проведения поиска. Исходя из предложенных реперных точек, руководитель поисково-спасательных операций (РПСО) выбирает один из методов поиска:

- централизованный;
- децентрализованный;
- рациональный.

Централизованный метод поиска подразумевает стягивание сил на начальной стадии в исходную точку поиска (последнее известное местоположение объекта).

Децентрализованный метод представляет собой проведение поиска в реперных точках, исключая исходную точку.

Под рациональным методом поиска подразумевается распределение имеющихся сил и средств по исходной и реперным точкам поиска.

После выбора метода поиска РПСО распределяет силы и средства по начальным точкам поиска. Система определяет оптимальный район поиска для каждой начальной точки, исходя из направленных в нее сил и средств.

При утверждении предложенного плана операции руководителем ПСО, производится поиск объекта. Если объект не обнаружен, производится пересмотр сценариев поиска и расширение районов предыдущего поиска. При обнаружении следов объекта поиска происходит передислокация сил и средств. После передислокации сил и средств продолжается поиск. В случае обнаружения объекта поиска производятся спасательные работы и оказание первой медицинской помощи.

Предлагаемое информационно-аналитическое обеспечение [27] позволит осуществлять поддержку принятия управленческих решений руководителю поисково-спасательными операциями, а также снизит вероятность ошибок математических расчетов при распределении сил и средств за счет автоматизации процесса. Эффективность системы обусловлена использованием апробированных методов и алгоритмов. Дерево целей и схема функционирования системы представлены на рисунках 3.4 и 3.5.

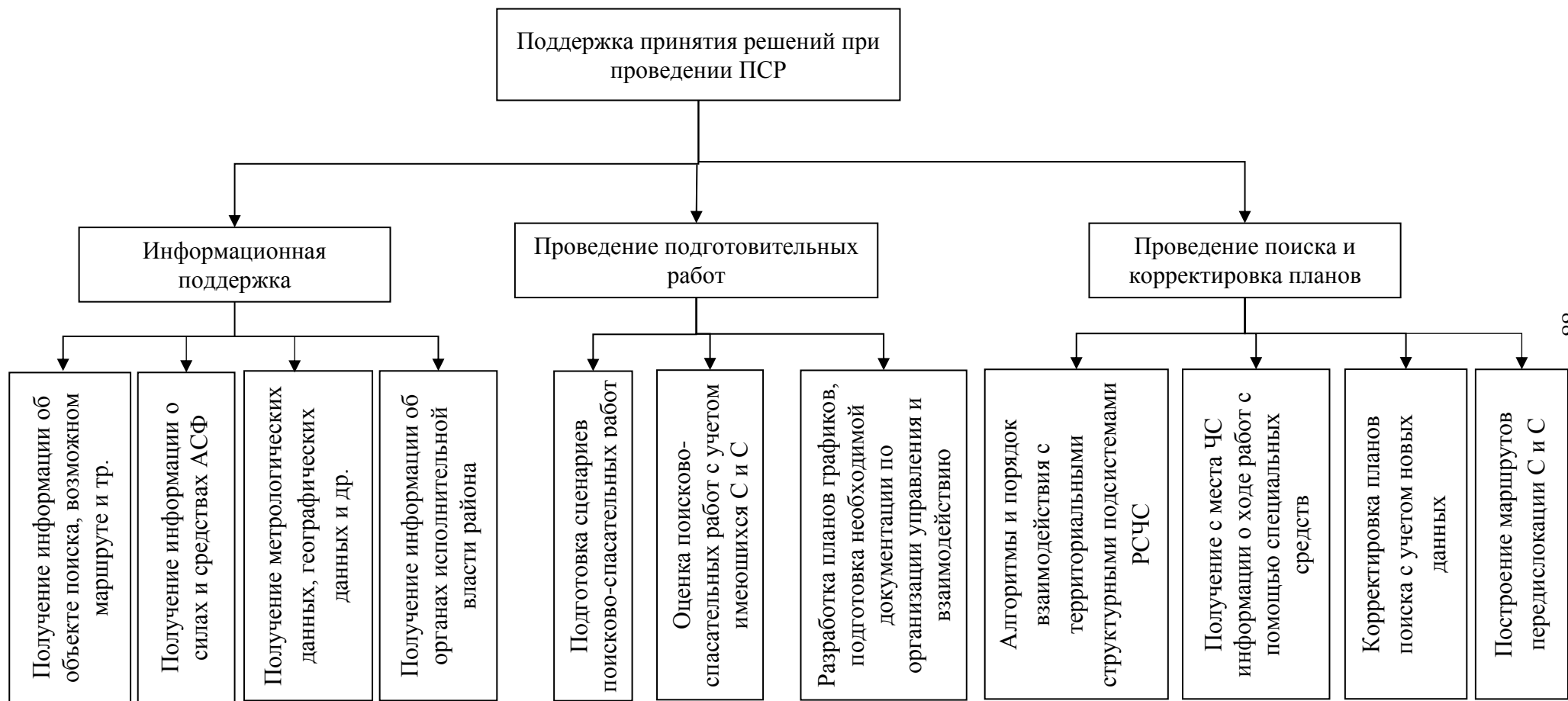


Рисунок 3.4 - Дерево целей информационно – аналитического обеспечения поддержки управления поисково-спасательными операциями



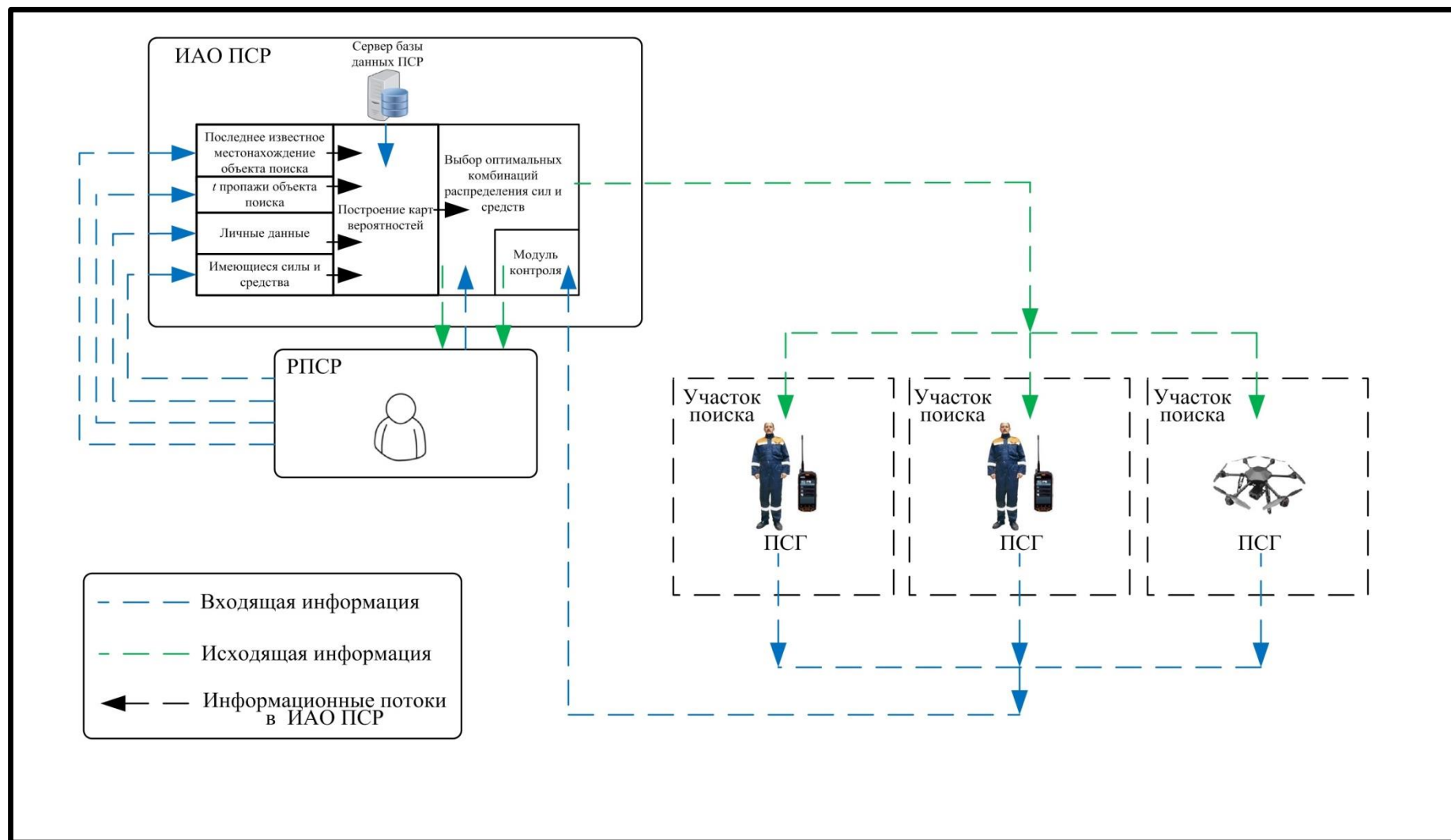


Рисунок 3.5 - Схема функционирования информационно-аналитического обеспечения при проведении ПСО

### **3.2. Взаимодействие системы поддержки принятия управленческих решений при проведении поисково-спасательных операций с подразделениями министерств и ведомств**

Взаимодействие между силами министерств и ведомств при ведении спасательных работ организует старший орган управления, расположенный на подведомственной ему территории (районе проведения поисково-спасательных операций). Сущность взаимодействия заключается в целенаправленной управленческой деятельности, согласованной по целям, задачам, местам, времени и способам действий подчиненных и взаимодействующих органов управления, и сил РСЧС на всех этапах.

Взаимодействие планируется и организуется заблаговременно при разработке и согласовании планов действий (взаимодействия), которые уточняются ежегодно, а также при угрозе и возникновении ЧС и в ходе проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР). Взаимодействие организуют Председатель правительственной Комиссии по ЧС - Министр МЧС России, начальники региональных центров, председатели комиссий по ЧС и ОПБ субъектов РФ, органов местного самоуправления, министерств, ведомств, организаций РФ, командиры воинских частей ГО, начальники формирований и руководители объектов экономики. Методы их работы определяются конкретной обстановкой и содержанием полученных задач.

Взаимодействующие органы управления, решая совместные задачи должны:

- знать обстановку в районе ЧС и постоянно уточнять данные о ней;
- правильно понимать замысел начальника и задачи совместно проводимых мероприятий;
- поддерживать между собой непрерывную связь и осуществлять взаимную информацию;
- организовывать совместную подготовку и планирование проводимых мероприятий;

- согласовывать вопросы управления, разведки и всех видов обеспечения.

На начальном этапе информационно-аналитическое обеспечение призвано обеспечить информационную поддержку руководителю поисково-спасательных операций.

В первую очередь при планировании поиска необходимо получить всю необходимую информацию об объекте поиска.

В случае поступления сигнала в информационно-диспетчерский центр о пропавшем или терпящем бедствие человеке (людях), дежурный принимающий информацию выясняет и отправляет в базу данных информационно-аналитического обеспечения следующие сведения:

- фамилию, имя, отчество обратившегося, его отношение к пропавшему (в случае передачи информации через свидетелей происшествия или пр.);

- канал обратной связи, перечень операторов мобильной связи, имеющихся в районе поиска;

- фамилию, имя, отчество, возраст потерявшегося (потерпевших бедствие);

- цель путешествия и место исчезновения;

- об опознавательных знаках места аварии: наиболее заметных с воздуха и земли ориентирах;

- используемых потерпевшими знаках-сигналах и других способах привлечения внимания;

- при использовании объектом поиска транспортного средства - его тип, цвет корпуса;

- существование очевидцев либо людей, которые могут показать предполагаемое местонахождение пропавшего;

- дату и время пропажи, срок, к которому пропавший собирался вернуться;

- последнее известное положение пропавшего или потерпевших бедствие и их количество;

- состояние пропавшего (потерпевших бедствие) – в т.ч. количество раненых, нетранспортабельных и т.п.;

- вид требуемой помощи;

- наличие средств связи, сигнальных средств и средств жизнеобеспечения.

Полученная информация принимается и обрабатывается, формируется информационный лист с описанием объекта поиска.

Также система предоставляет информацию для связи с администрацией ближайших населенных пунктов, отделов полиции, медицинских учреждений, лесных хозяйств, отделов ГИМС и рассылает в данные подразделения информационный лист.

Проверяет наличие в базе данных МЧС России информации о маршруте объекта поиска. При обнаружении таковой выводит информацию о нем.

По средствам информационно-аналитического обеспечения, руководитель ПСО производит запрос метеорологических данных с прогнозом на ближайшее время в соответствии с Соглашением между МЧС России и Росгидрометом от 07.06.2005 г. №9 «О взаимодействии при решении задач в области прогнозирования, предупреждения и ликвидации ЧС» [74].

При планировании поисково-спасательной операции предлагаемое обеспечение предоставляет РПСО географические данные: карты местности, информацию о рельефе, данные о месте расположения географических объектов (реки, озера, поселения, дороги, лесные хозяйства и т.п.). Производит расчет времени прибытия сил и средств с ближайших АСФ.

Правовой базой для создания информационно-аналитического обеспечения являются:

- Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации;

- Федеральный закон от 22.08.1995г N 151-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей»;

- Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях;

- Приказ МЧС РФ от 18.10.95г. № 709 «О мерах по реализации Федерального закона «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей»;

- Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года утвержденная президентом РФ.

### **3.3. Поддержка принятия управленческих решений на основе многофункциональной интегрируемой системы связи и управления**

Опыт поисково-спасательных служб МЧС России показывает, что шансы на выживание лиц, получивших телесные повреждения, уменьшаются на 80% в первые 24 часа, а шансы лиц, не получивших телесных повреждений, быстро уменьшаются после первых трех дней. После происшествия даже лица, не получившие телесных повреждений, которые предположительно считаются здоровыми и способными логически мыслить, зачастую не могут справиться с самыми простыми задачами и, как показывает практика, затрудняют, замедляют и даже препятствуют своему спасению. Исходя из этого, сокращение времени поисков пострадавших одна из первоочередных задач поисково-спасательных служб [46].

Информационная-аналитическое обеспечение управления при проведении поисково-спасательных операций создается на базе многофункциональной интегрируемой системы связи и управления МСР-КОМ-ИССУ.

Данный комплекс связи предназначен для выполнения следующих функций:

- связь носимых терминалов с мобильным комплексом управления посредством специализированного малогабаритного устройства, обеспечивающего локальное развертывание собственной радиосети IEEE802.xx/2G/3G/4G/WCDMA для оперативного выполнения целей поставленных задач;

- регистрация (в т.ч. дистанционная) высококачественного видеоизображения и звука;
- высококачественная передача аудио-/видео- посредством мобильных каналов связи IEEE802.xx, 2G/3G/WCDMA, а так же резервных каналов спутниковой связи;
- удаленный принудительный централизованный запрос фото в высоком качестве с носимого терминала/мобильного комплекса управления;
- аудио-/видео- канал для переговоров с носимым терминалом/мобильным комплексом управления;
- симплексный аудио-радиоканал с дальностью помехоустойчивой радиосвязи вплоть до 10 км (система шумоподавления-идентификации “свой-чужой”), возможность работы через радио-репитеры с разнесением несущих частот;
- пыле-влагозащищённость, ударопрочность для использования в экстремальных условиях вибраций и падений.

Для обеспечения взаимосвязи система обладает следующими возможностями:

- спутниковая система связи Iridium / Inmarsat / Гонец и т.д.;
- развертываемая собственная локальная цифровая радиосеть передачи данных в стандартах IEEE802.xx/2G/3G/4G/WCDMA;
- сеть сотовой связи GSM/GPRS/EDGE/WCDMA с выходом на каналы ТфОП;
- специальная сеть передачи данных (ССПД) для передачи данных в ведомственных и корпоративных сетях.

Использование данного комплекса позволяет использовать систему электронного многофункционального контроля и координации с интерактивным обменом/запросами необходимых видео-/аудио- данных текущей обстановки в зоне работающих специализированных групп, обеспечивать поэтапный контроль решения актуальных проблем и эффективную координацию работы специализированных групп с командными

центрами, центрами обработки данных, при необходимости, реализация доступа «лицам принимающим решения» к соответствующей информации в любой точке региона и страны, с возможностью генерации оперативных отчетов. Также предусмотрена возможность работы радиостанций в "морском" диапазоне радиочастот, лёгкая развёртываемость и работа в условиях крайних температур.

Комплекс МСР-КОМ допускается к эксплуатации в условиях температур от  $-75^{\circ}\text{C}$  до  $+75^{\circ}\text{C}$  при влажности от 5-95% (без конденсата), что позволяет осуществлять работу в экстремальных природных и климатических условиях, присутствующих на территории Российской Федерации. Данный комплекс, представлен на рисунке 3.6.

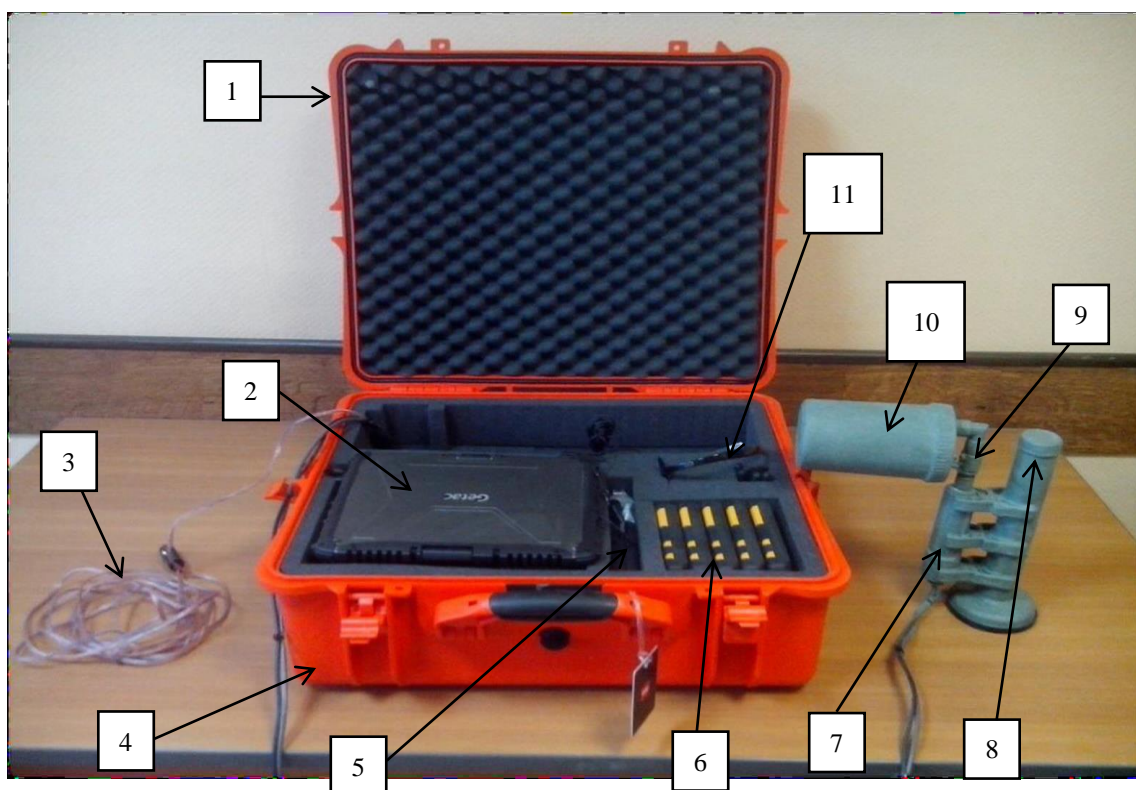


Рисунок 3.6 - Общий вид мобильного комплекса МСР-КОМ-ИССУ в развёрнутом виде

В его состав входит:

1. Защищённый кейс с автономными элементами поддержки плюсовой температуры внутри кейса.
2. Защищённый ноутбук/планшет.
3. Кабель питания мобильного комплекса от бортовой сети а/м

напряжением 12В.

4. Антенна №2 для развёртывания на местности собственной локальной цифровой радиосети (антенна типа панель, угол раскрытия:90 град.).

5. Мобильный терминал спутниковой сети стандарта IRIDIUM с устройством «точка доступа Wi-Fi».

6. Защищённые смартфоны-радиостанции.

7. Устройство для развёртывания на местности собственной цифровой радиосети.

8. Внешняя антенна-усилитель приёма сигналов сотовой связи стандартов 2G/3G/4G,с магнитным креплением на кузов а/м.

9. Автоматическое устройство молниезащиты.

10. Заменяемая Антенна №1 для помехоустойчивого развёртывания на местности собственной локальной цифровой радиосети (угол раскрытия: 30 град.).

11. Гарнитура/наушники оператора мобильного комплекса.

Данный комплекс имеет размеры 590 x 525 x 225 мм и небольшой вес 6,5 кг, что немаловажно, так как лишний вес при осуществлении поиска в пешем порядке на больших площадях сильно снижает эффективность поиска.

Комплекс позволяет разворачивать собственную радиосеть на расстоянии до 5 км. Рациями выступают защищённые смартфоны. На них же поступает визуальное отображение плана проведения поисково-спасательных операций. Данные смартфоны позволяют в онлайн режиме передавать видео изображение с места ЧС, что необходимо для оперативного принятия решения РПСО и контроля хода операции.

В комплексе предусмотрено подключение к спутниковой связи IRIDIUM для осуществления оперативного общения и обмена информации. Данная функция актуальна в Российской Федерации, т.к. на данной территории в ней находится много зон, не обслуживаемых сотовыми операторами.



### 3.4 Информационно-аналитическое обеспечение управления поисково-спасательными операциями в работе ПСС МЧС России

В работе предлагается использовать сетевый подход, заключающийся в объединении руководства, сил и средств в одну информационную сеть для получения необходимых сведений об обстановке и передвижениях в режиме реального времени. Используя предложенный подход, рассеянные по территории силы и средства также могут получать данные об объекте поиска и изменениях маршрутов поиска.

Предложенный подход подразумевает использование современных информационных технологий для интеграции территориально-рассредоточенных органов управления, средств разведки, наблюдения и целеуказания, а также группировки сил и средств в глобальную систему (рисунок 3.7). Предполагается активное применение робототехнических средств, например, беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и хорошо защищенных устойчивых каналов связи с высокой пропускной способностью.

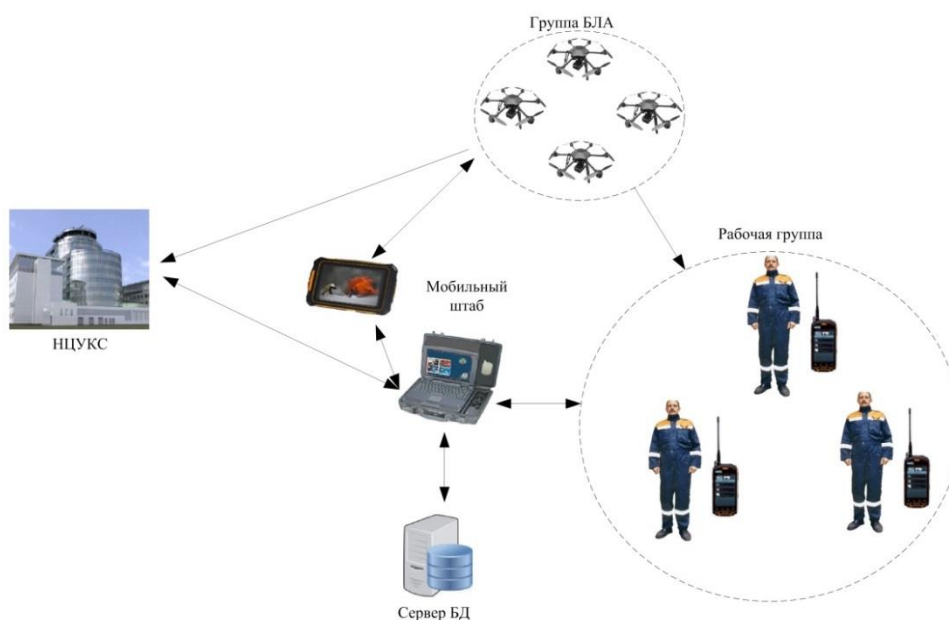


Рисунок 3.7 - Схема сетевого подхода при проведении поисково-спасательных операций

С учетом основных моментов подхода в работе предлагается следующая последовательность действий при выполнении ПСО.

1. По прибытию оперативной группы к месту проведения поиска, разворачивается мобильный штаб. Основным элементом является мобильный комплекс связи и управления ИАОУПСО. Информационно-аналитическое обеспечение позволяет произвести деление района поиска на ячейки, присвоить значение вероятности нахождения объекта для каждого участка, тем самым формируя карту вероятностей возможного местонахождения объекта поиска.

2. Учитывая коэффициенты построенной карты вероятностей, формируются маршруты движений беспилотных летательных аппаратов для сбора первичной информации, которая по результатам позволит определить приоритетные направление выдвижения рабочей поисковой группы и наземной техники. Движение БЛА осуществляется в автономном режиме, в режиме заранее определенных штабом автономий. Сбор разведывательной информации о местонахождении объекта происходит средствами входящих в комплектацию датчиков движения, тепловизоров, распознавателей треков и следов и т.п. Полученные данные транслируются в режиме реального времени на наземные станции, входящие в состав мобильного комплекса связи и управления.

3. При обнаружении пострадавшего или следов пребывания в секторе направляется рабочая поисковая группа. Одновременно с этим беспилотные летательные аппараты начинают обследовать ближайшую территорию, где обнаружены признаки присутствия пострадавшего. При этом оператор сообщает группе о новых полученных данных и корректировке маршрута.

4. Если робототехническим средством не было обнаружено объекта поиска или следов, информационно-аналитическое обеспечение изменяет маршрут для дальнейшей разведки. Обобщенная блок-схема алгоритма проведения ПСО при предлагаемом комплексном подходе представлена на рисунке 3.8.

Предлагаемый подход позволяет обеспечить эффективную работу поисковых групп, сократить время выполнения операции, выводить обобщенные данные в ситуационные центры для дальнейшего принятия

стратегических решений высшим командным составом, осуществлять корректировку целеуказаний руководителем ПСО поисковых групп.



Рисунок 3.8 – Блок-схема алгоритма проведения ПСО при использовании БЛА

Использование беспилотных летательных аппаратов позволит снизить риски для участников поисково-спасательной операции, а также стоимость воздушной разведки.

В целях обеспечения взаимодействия между руководителем поисково-спасательной операции и системой поддержки управления разработан алгоритм, представленный на рисунке 3.9.

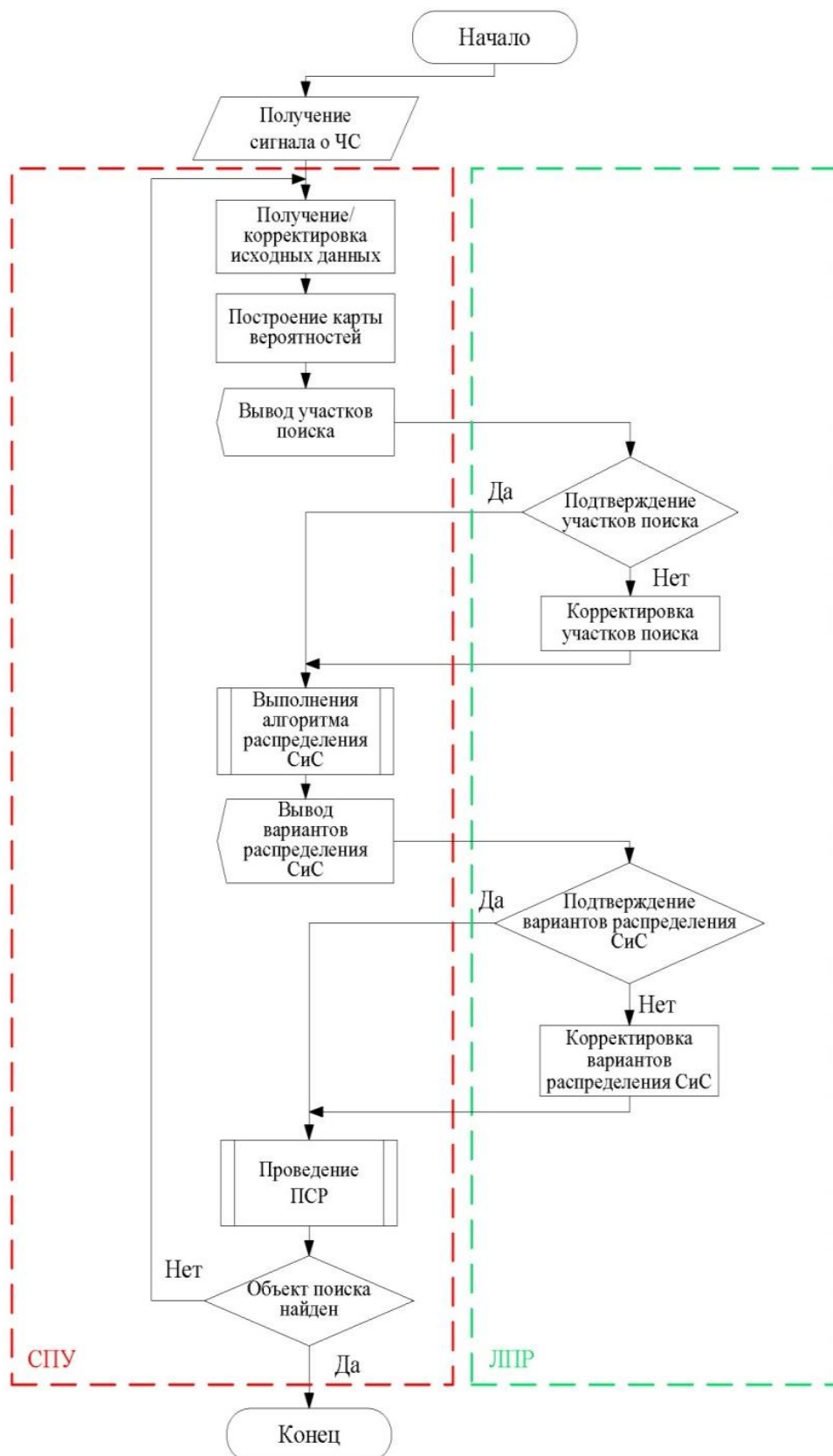


Рисунок 3.8 – Алгоритм взаимодействия ЛПР с системой поддержки управления при проведении поиска в природной среде

Данный алгоритм определяет роль ЛПР в ходе проведения поисково-спасательных операций.

### 3.5 Разработка программного обеспечения системы поддержки управления поисково-спасательными операциями

На основании ранее изложенных требований к программному обеспечению создана компьютерная программа по построению карт вероятностей местонахождения объекта поиска (далее – программный комплекс) в программно-математическом среде MatLab [106, 104]. По результатам разработки программного комплекса получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 22 марта 2017 года № 2016664205 [107]. На рисунке 3.10 представлен главный интерфейс программного комплекса.

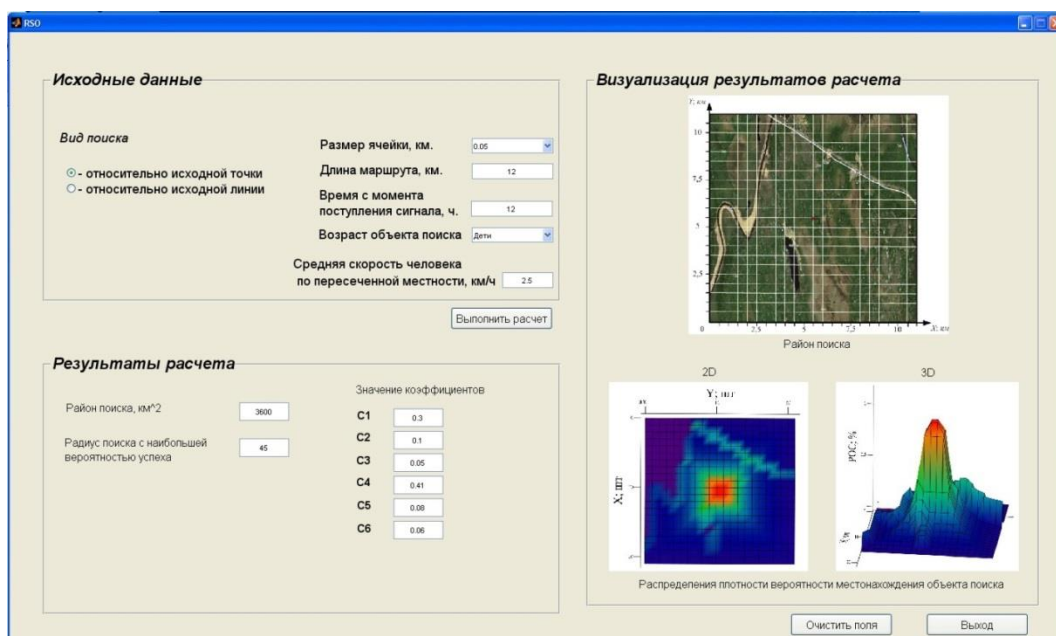


Рисунок 3.10 - Главный интерфейс программного комплекса по построению карт вероятностей местонахождения объекта поиска

В представленном окне пользователь получает информацию об участках с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска. Введя исходные данные, определенные во второй главе, пользователь получит: район поиска разделенный на ячейки, радиус поиска с наибольшей вероятностью на успех, степень влияния каждого ориентира, находящегося в полученном районе, участки с наибольшей вероятностью местонахождения объекта поиска.

Для проведения оценки вероятности местонахождения объекта поиска также используется система трехмерного проектирования поверхности земли.

Информационная система представляет собой модульную архитектуру в зависимости от типа ЧС. На рисунке 3.11 представлен пример построенной трехмерной поверхности.

В основе разработанной системы используется методика построения зональных карт высот на основе данных о шероховатости поверхности и удаленности от последнего известного места нахождения объекта поиска.

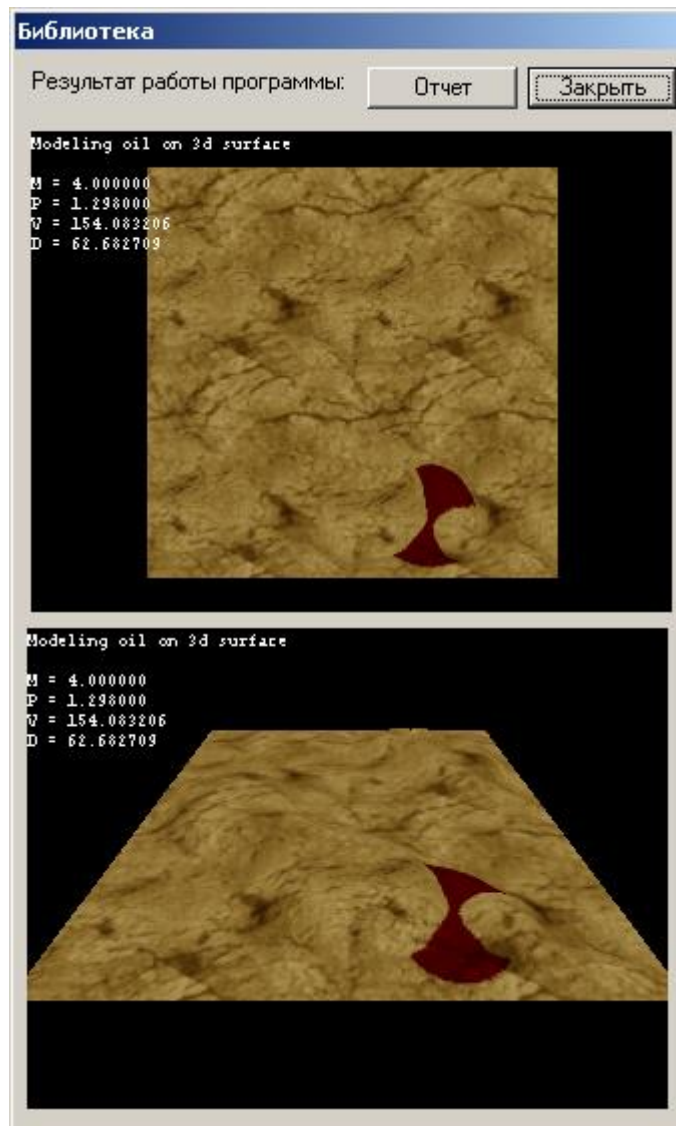


Рисунок 3.11 - Пример построенной трехмерной поверхности района поиска

В качестве ключевых факторов является учет сложности местности: разбиение поверхности на участки в виде равномерной сетки, использование третьей координаты (низины, возвышенности) и учет естественных и искусственных препятствий.

### **Выводы по главе 3**

1. Учитывая существующие недостатки в системах обеспечения поисково-спасательных операций в природной среде, разработана структурная схема информационно-аналитического обеспечения поддержки управления поисково-спасательными операциями, определены связи, а также алгоритмы работы всех основных компонентов информационно-аналитического обеспечения поддержки управления поисково-спасательными операциями.

2. Разработан алгоритм работы информационно-аналитического обеспечения управления при проведении поисково-спасательных операций, который позволяет осуществлять поддержку принятия управленческих решений руководителю поисково-спасательными операциями, а также снизит вероятность ошибок математических расчетов при распределении сил и средств за счет автоматизации процесса.

3. Определено место информационно-аналитического обеспечения управления в ПСС МЧС России, в том числе определены алгоритмы взаимодействия между подразделениями РСЧС.

4. Предложена концепция сетецентрического подхода при проведении поисково-спасательных операций в природной среде. Данный подход позволяет обеспечить эффективную работу поисковых групп, сократить время выполнения операции, выводить обобщенные данные в ситуационные центры для дальнейшего принятия стратегических решений высшим командным составом, осуществлять корректировку целеуказаний руководителем ПСО поисковых групп.

5. Разработан программный комплекс по построению карт вероятностей местонахождения объекта поиска, который позволяет в интерактивном режиме определить участки с наибольшей вероятностью местонахождения объекта и на основании этого принимать управленческие решения по управлению силами и средствами.

## Заключение

В диссертации решена научная задача по повышению эффективности управления при проведении поисково-спасательных операций подразделениями МЧС России в природной среде. Основные результаты диссертационной работы сводятся к следующему:

1. Проведён статистический анализ поисково-спасательных операций в природной среде, по результатам которого установлено, что соотношение числа спасённых и числа погибших имеет стабильно установившееся значение в 80% и 20% соответственно. Выявлены основные критерии, влияющие на распределение вероятностей местонахождения объекта поиска. Для осуществления информационной поддержки разработана структура базы данных поисково-спасательных операций.

2. Разработана модель построения карт вероятностей местонахождения объекта поиска в природной среде. Данная модель позволяет в первую очередь обследовать участки с максимальной вероятностью местонахождения объекта поиска и проводить оценку распределения сил и средств перед принятием решения, что ведет к снижению времени поиска в среднем на 30 %.

3. Разработана математическая модель определения оптимальных маршрутов передислокации сил и средств при проведении поисково-спасательных операций в природной среде. В предложенной модели реализован комплексный двухкритериальный показатель, позволяющий ранжировать маршруты при равной протяжённости или в соответствии с предпочтениями ЛПР.

4. Разработаны алгоритмы управления действиями подразделений МЧС России при проведении поисково-спасательных операций - алгоритм работы информационно-аналитического обеспечения поисково-спасательных операций, алгоритм построения карт вероятностей, алгоритм передислокации сил и средств, алгоритм взаимодействия ЛПР с системой поддержки управления при проведении поиска в природной среде, алгоритм взаимодействия с ГИМС.



Использование данных алгоритмов позволяет осуществлять поддержку принятия управленческих решений руководителю поисково-спасательными операциями, а также снизить вероятность ошибок расчетов при распределении сил и средств за счет автоматизации процесса.

5. Предложена структура системы информационно-аналитического обеспечения поддержки управления поисково-спасательными операциями в природной среде и ее основные элементы, определены её цели и задачи. Разработан программный комплекс по построению карт вероятностей местонахождения объекта поиска, который позволяет в интерактивном режиме определить участки с наибольшей вероятностью местонахождения объекта и на основании этого принимать управленческие решения по управлению силами и средствами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный Закон от 22 августа 1995 года N 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей».
2. Береснев, Д.С. Поддержка принятия решений при проведении поисково-спасательных операций в условиях крайнего севера [Электронный ресурс] / Н.Г. Топольский, Д.С. Береснев // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – Вып. 5 (57).– 4 с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-5/18-05-14.ttb.pdf>.
3. «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» (утв. Президентом РФ 20.02.2013 г.).
4. Напольских, М.Л. Ремесло спасателя. Поисково-спасательные работы в природной среде [Электронный ресурс] / М.Л. Напольских. – Электрон. текстовые дан. – Архангельск: [б.и.], 2011. – 8,5 п.л.
5. Федеральный закон от 11.11.1994 г. № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера".
6. Постановление Правительства Российской Федерации "Положение о Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций", от 30 декабря 2003 г. № 794.
7. Постановление Правительства Российской Федерации "Положение о Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций", от 30 декабря 2003 г., № 794.
8. Руководство по международному авиационному и морскому поиску и спасанию (МАМПС). Т II. Координация операций [Текст]. – 6-е изд. – Монреаль: ИКАО, 2013. – 522 с.
9. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: учебное пособие для органов управления РСЧС ; под общ. ред. Воробьева Ю.Л. – М.: Изд. фирма "КРУГ", 2002. – 359 с.
10. Береснев, Д.С. Проблема организации мониторинга арктической зоны российской федерации / Д.С. Береснев // Материалы 3-й международной

научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2014». Москва, 2014 – С. 138-139.

11. Методические рекомендации по организации поиска граждан, пропавших в лесу [Текст] – МО: ГКУ МО «Московская областная противопожарно-спасательная служба», 2012. – 41 с.

12. Perkins, D. The U.K. Missing Person Behaviour Study [Электронный ресурс] / D. Perkins, P. Roberts. – Northumberland National Park SRT, Centre for Search Research, 2011. – P. 66. Режим доступа: <http://www.searchresearch.org.uk/www/ukmpbs/>.

13. Одинцов, Л.Г., Андреев, А.В., Акимов, В.А. и др. Технические средства проведения и обеспечения аварийно-спасательных работ: справочное пособие [Текст] – М.: НПЦ «Средства спасения», 2009. – 256 с

14. Харисов, Г.Х., Калайдов, А.Н., Фирсов, А.В.. Организация и ведение аварийно-спасательных работ. Учеб. пособие. Под общей редакц. Овсяника, А.И.. [Текст] – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – 276 с.

15. Методические рекомендации по внедрению и организации функционирования автоматизированной геоинформационной системы поддержки принятия решений и оперативного управления подразделениями гарнизона пожарной охраны при предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций, тушении пожаров на территории субъекта Российской Федерации. Программно-аппаратный комплекс (ПАК) «АРГО [Текст] – М.: ВНИИПО МЧС России, 2013. – 45 с.

16. Программный комплекс по прогнозированию обстановки, объемов аварийно-спасательных и других неотложных работ при воздействии на объекты тыла обычными современными средствами поражения. Руководство пользователя [Текст] – М.: ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России, 2015. – 32 с.

17. Башмаков, А. М., Башмаков, М. А. Подход к обеспечению верифицируемости объектно-ориентированных баз знаний.– М.: Вестник МЭИ, 1999.

18. Р. Кестер, Д.С. Купер, Дж. Р. Фрост, Р. Роуб Оценка области поиска

при проведении наземных поисково-спасательных операций [Текст] – Вашингтон: Департамент национальной безопасности США, 2004 – 230 с.

19. Береснев, Д.С. Концепция информационно-аналитического обеспечения управления поисково-спасательными работами [Электронный ресурс] / Н.Г. Топольский, Д.С. Береснев, А.А. Рыженко // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – Вып. 4 (62). – 8 с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-4/40-04-15.ttb.pdf>.

20. Тетерин И. М., Топольский Н. Г. и др.; под общ. ред. Н. Г. Топольского. Инфокоммуникационные технологии в кризисных ситуациях: монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2010.

21. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: МЦНМО, 2001.

22. Береснев, Д.С. Методика планирования поисково-спасательных работ в природной среде [Электронный ресурс] / Н.Г. Топольский, Д.С. Береснев, А.А. Рыженко // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – Вып. 3 (67). – 8 с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/33-03-16.ttb.pdf>.

23. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: учебное пособие; под общ. ред. М.И. Фалеева. – Калуга: Облиздат., 2001. – 480 с.

24. Тетерин И. М., Евстафьев И. Ю. Соционормативные основы государственной политики в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд. Ростовского военного института ракетных войск, 2005. – 327 с.

25. Качанов С. А., Топольский Н. Г. и др. Безопасность информационных систем в условиях глобализации. – М.: Радио и связь, 2003. – 248 с.

26. Качанов С. А., Топольский Н. Г. и др. Нормативно-правовое и организационное обеспечение создания интегрированных систем безопасности и жизнеобеспечения / Матер. 12-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2003. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.

27. Береснев, Д.С. Информационно-аналитическое обеспечение поддержки управления поисково-спасательными работами / Н.Г Топольский, В.Л. Семиков, Ю.В. Прус, О.В. Яковлев, Д.С. Береснев // Системы управления и информационные технологии, №4.1(66), 2016. – С. 194-196.

28. Koopman, B. O., Search and Screening. General Principles and Historical Applications. Pergamon Press, New York, 1980.

29. Попов А.П. Основные направления развития АИУС РСЧС / Матер. международного симпозиума "Человек и катастрофы: безопасность человека и общества в чрезвычайных ситуациях на рубеже тысячелетий". – М.: ИИЦ ВНИИ ГОЧС, 2000.

30. Концепция дальнейшего развития системы связи МЧС России / Под рук. Командирова А. В. – М.: ВНИИ ГОЧС МЧС России, 2005.

31. Попов А. П., Шахраманьян М. А. и др. Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления в ЧС в мегаполисах. – М.: Безопасность жизнедеятельности, 2001, № 12.

32. Бутузов С. Ю., Рвачев А. Т., Слабченко А. В. Проблемы обеспечения деятельности национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России / Сб. матер. XII междунар. форума "Технологии безопасности". – М., 6-9 февраля 2007 г., МВЦ "Крокус ЭКСПО".

33. Береснев, Д.С. Оптимизация параметров сети передачи данных автоматизированной информационной системы Государственной инспекции по маломерным судам [Электронный ресурс] / А.А. Атюкин, И.А. Максимов, Д.С. Береснев // Технологии техносферной безопасности. – 2011. Вып. 4 (38).- 5 с. Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

34. Концепция создания Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей. – М., 2007.

35. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий РФ от ЧС природного и техногенного характера в 2006 году. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС МЧС России, 2007. – 193с.

36. Береснев, Д.С. Планирование при проведении поисково-спасательных работ в природной среде / Д.С. Береснев // Материалы 4-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2015». Москва, 2015 – С. 488-493.

37. Береснев, Д.С. О физическом состоянии пострадавших при проведении поисковых работ / Д.С. Береснев, А.В. Мокшанцев, До Хоанг Тхань // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Воронеж, 2015 – С. 375 - 378.

38. Акимов В. А., Кукин П. П., Фалеев М. И. / Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в ЧС природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2006. – 592 с.

39. Шахраманьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения: монография. – М., 2000. – 192с.

40. Морозов В. Н., Шахраманьян М. А. Прогнозирование и ликвидация аварийных взрывов и землетрясения. Теория и практика. – М., 1998. – 272 с.

41. Береснев, Д.С. Комплексный подход при планировании ПСО / Д.С. Береснев // Материалы 5-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2016». Москва, 2016 – С. 159-163.

42. Качанов С. А., Тетерин И. М., Топольский Н. Г. Информационные технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.– М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. – 212 с.

43. Атюкин, А.А. Информационно-аналитическая система управления надзорной деятельностью государственной инспекции по маломерным судам: диссертация к.т.н. М: АГПС МЧС России, 2013г. – 154 с.

44. Постановление Правительства РФ "Об утверждении Положения о Государственной инспекции по маломерным судам Министерства Российской

Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий" от 23.12.2004 N 835 (ред. от 08.11.2013).

45. Кулаков, И.И. Мониторинг и прогнозирование ЧС в Арктике: состояние, проблемы и пути их решения // Международная конференция «Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктике, включая вопросы подготовки профильных кадров для работы в северных условиях: Материалы конференции / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014 – стр. 20-32.

46. Береснев, Д.С. Программно-техническое средство определения маршрута следования аварийно-спасательной техники через ледовую переправу [Электронный ресурс] / Д.С. Береснев, А.В. Мокшанцев// Технологии техносферной безопасности. – 2015. Вып. 5 (63).- 4 с. Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

47. Береснев, Д.С. Проведение аварийно-спасательных работ в Арктической зоне российской федерации / Д.С. Береснев // Материалы VI международной научно-практической конференции «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы перспективы». Санкт-Петербург, 2014 – С. 108-109.

48. Мокшанцев, А.В. Модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при поиске пострадавших под завалами: диссертация к.т.н. М – 2013г.

49. Топольский, Н.Г. Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов.– М.: МИПБ МВД России, 1997.

50. Топольский, Н. Г., Блудчий, Н. П. Основы обеспечения интегральной безопасности высокорисковых объектов.– М.: МИПБ МВД России, 1998.

51. Топольский, Н. Г., Божич, В. И., Арзуманян Р. В.О возможности использования нейрокомпьютеров в автоматизированных системах безопасности /Матер. 1-й междунар. конф. ИСБ-1992. – М.: МАИ, 1992.

52. Топольский, Н. Г., Иванников, В. Л., Шило С. И. Концепция системы безопасности и жизнедеятельности Таганрогского региона.– М.: МАИ, 1996.

53. Топольский, Н.Г. Концепция создания интегральных систем безопасности и жизнеобеспечения / Матер. 3-й междунар. конф. ИСБ-1994. – М.: ВИПТШ МВД России, 1994.

54. Топольский, Н.Г. Проблемы и принципы создания интегрированных систем безопасности и жизнеобеспечения / Матер. 4-й междунар. конф. ИСБ-1995. – М.: ВИПТШ МВД России, 1995.

55. Топольский, Н.Г. Проектирование оптимальных интегрированных систем безопасности и жизнеобеспечения / Матер. 4-й междунар. конф. ИСБ-1995. – М.: ВИПТШ МВД России, 1995.

56. Топольский, Н. Г., Шевчук, П. С. Проблемы защиты информации в автоматизированных системах / Матер. 10-й междунар. науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2001. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2001.

57. Топольский, Н. Г., Климовцов, В. М. Принципы построения автоматизированных систем поддержки принятия решений в Государственной противопожарной службе/ Матер. 8-го междунар. форума "Технологии безопасности". – М., 2003.

58. Гинзбург, В. В., Качанов, С. А., Минаев, В. А., Нефедов, Д. В., Топольский, Н. Г., Фисун, А. П., Шевчук, П. С. Безопасность информационных систем в условиях глобализации. – М.: Изд-во "Радио и связь", 2003. – 246 с.

59. Тетерин И. М., Топольский Н. Г., Качанов С. А. Системотехнические основы информационных технологий предупреждения и ликвидации ЧС / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.

60. Тетерин И. М., Топольский Н. Г., Качанов С. А. Функции и задачи национального центра управления в кризисных ситуациях / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.

61. Бутузов С.Ю. Информационное обеспечение национального центра управления в кризисных ситуациях / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.



62. Топольский Н. Г., Симаков В. В., Сатин А. П. Совершенствование материально-технического обеспечения МЧС России с использованием современных информационных технологий / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.

63. Топольский Н. Г., Сатин А. П., Маркин А. А. Решение некоторых проблем материально-технического обеспечения математическими методами / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.

64. Сафонов В. И., Сафонов И. В., Топольский Н. Г. "Мобилизация" принятия оптимальных решений в экстремальных ситуациях / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.

65. Топольский Н. Г., Фирсов Н. Г. Комплексная безопасность территорий / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.

66. Тетерин И. М., Топольский Н. Г., Матюшин А. В., Святенко И. Ю., Чухно В. И., Шапошников А. С.; под ред. Топольского Н. Г. Центры управления в кризисных ситуациях и оповещения населения: учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 272 с.

67. Топольский Н. Г., Фирсов Н. Г. Инфокоммуникационные технологии в деятельности департамента территориальной политики МЧС России / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.

68. Топольский Н. Г., Фирсов Н. Г. Многокритериальная оптимизация автоматизированной интегрированной системы безопасности и жизнеобеспечения потенциально опасного объекта на этапе проектирования / Матер. 15-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2006. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006.

69. Шапошников А.С. Использование геоинформационных технологий в управлении мониторингом и прогнозированием чрезвычайных ситуаций

природного и техногенного характера / Матер. 17-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2008. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2008.

70. Топольский Н. Г., Чижиков В. И. Современные автоматизированные системы мониторинга и прогнозированием чрезвычайных ситуаций / Матер. 17-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2008. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2008.

71. Тетерин И.М. Теоретико-игровые методы в системах поддержки принятия решений для руководителя тушения пожара/ Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2008. – Вып. 4 (20). – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

72. Тетерин И. М., Топольский Н. Г., Климовцов В. М., Прус Ю. В. / Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах/Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2008. – Вып. 4 (20). – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

73. Jared, D. Analysis of Search Incidents and Lost Person Behavior in Yosemite National Park [Текст]: Submitted to the graduate degree program in Geography and the Graduate Faculty of the University of Kansas / Jared Doke. – Kansas, 2012 – P. 103

74. Руководящий документ РД 52.88.699 – 2008 «Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений» – Москва: ГУ «Гидрометцентр России», 2008. – 30 с.

75. Короткин Г. А., Попов А. П. Организация экстренного реагирования на чрезвычайные ситуации с учётом преобразования Государственной противопожарной службы – М.: Ведомственные корпоративные сети и системы, 2003, № 2.

76. Сайт МЧС России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mchs.gov.ru/dop/sily/Poiskovo\\_spatelnaja\\_sluzhba](http://www.mchs.gov.ru/dop/sily/Poiskovo_spatelnaja_sluzhba) – Поисково-спасательная служба. – (Дата обращения: 14.04.2014).

77. Программно-аппаратный комплекс (ПАК) «Стрелец–Мониторинг». Руководство по эксплуатации. СПНК.425628.003 РЭ. – М.: 2010 г. – 168 с.

78. Топольский, Н.Г., Симаков В.В., Мокшанцев А.В. и др. Многофункциональный портативный радар для изменения толщины льда // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 1 (41). – Февраль 2012. – 5 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb/2012-1.-0421200050/0013>.

79. Одинцов, Л.Г. Разработка технических средств для ведения аварийно-спасательных работ / "Пожарная безопасность" – М.: 2004 г. – 168 с.

80. Береснев, Д.С. Моделирование программной среды комплексного управления автономными устройствами при решении профильных целевых задач / А.А. Рыженко, Д.С. Береснев// XI Всероссийская конференция «Методологические проблемы управления макросистемами» (Апатиты, 26 марта – 3 апреля 2016 года). Материалы докладов. – Апатиты: КНЦ РАН, 2016. – с. 70-72.

81. Тетерин И. М., Топольский Н. Г., Качанов С. А. Функции и задачи национального центра управления в кризисных ситуациях / Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2006. – Вып. 5 (9). – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

82. Топольский, Н. Г. Проблема организации мониторинга арктической зоны российской федерации / Н. Г. Топольский, П. С. Шевчук // Материалы 10-й международной научно-практической конференции «Системы безопасности» – СБ-2001. Москва, 2001 – С. 128-131.

83. Федосеев, В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбегов и др.; Под ред. В.В. Федосеева. – М.:ЮНИТИ, 1999.-391 с.

84. Злобина, Н.В. Управленческие решения: учебное пособие. Учебное пособие – Тамбов: Издательство Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 80 с.

85. Селиванова, А.И. Аналитическое обеспечение принятия управленческого решения: Учебное пособие / Под ред. д.ф.н., проф., А.И.

Селиванова. - М.: ИПК-госслужбы, 2005. – 160 с.

86. Башкатова, Ю.И. Управленческие решения: Учебное пособие по изучению дисциплины, руководство, практикум, тесты и учебная программа / Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 2005. – 184 с.

87. Моделирование производственно-сбытовых систем и процессов управления: Монография / Под ред. А.А. Колобова, Л.Ф. Шклярского. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993. - 216 с.

88. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. М.: Дело, 2003. – 336 с.

89. Исследование систем управления: Учеб. пособие для вузов / Н.И. Архипова, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, Ф.Ю. Чанхиева. – М.: Приор, 2002. – 384 с.

90. Учитель, Ю.Г., Разработка управленческих решений / Ю.Г. Учитель, А.И. Терновой, К.И. Терновой / Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 383 с.

91. Ларичев, О.И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений/ О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – М.: Наука. Физматлит, 1996. – 208 с.

92. Прохоров, А.В., Задачи по теории вероятностей: Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы / А.В. Прохоров, В.Г. Ушаков, Н.Г. Ушаков: Учебное пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 328 с.

93. Береснев, Д.С. Определение оптимального маршрута передислокации сил и средств при проведении поисково-спасательных работ в природной среде / Д.С. Береснев, Д.В. Шихалев // Сборник тезисов докладов материалов международной научно-практической конференции «Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности». Москва, 2018 – С. 840-843.

94. Береснев, Д.С., Топольский, Н.Г., Рыженко, А.А., Информационная система трехмерного проектирования поверхности земли. Свидетельство о

государственной регистрации программы для ЭВМ от 30 сентября 2015 года № 2015660417.

95. Береснев, Д.С., Топольский, Н.Г., Рыженко, Н.Ю., Шапошник, Д.С., Информационная система контроля знаний обучающихся. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 08 сентября 2015 года № 2015619588.

96. Береснев, Д.С., Топольский, Н.Г., Рыженко, Н.Ю., Нго Куанг Тоан, Методика выбора эффективных мероприятий для предупреждения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 20 сентября 2016 года № 2015619588.

97. Береснев, Д.С., Топольский, Н.Г., Рыженко, А.А., Шихалев, Д.В., Построение карт вероятностей местонахождения объекта поиска в природной среде. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 22 марта 2017 года № 2017613584.

## **Приложения**

**Приложение 1. Свидетельство о государственной регистрации программы  
для ЭВМ - Информационная система трехмерного проектирования  
поверхности земли**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2015660417**

**Информационная система трехмерного проектирования  
поверхности в зоне ЧС**

Правообладатели: *Топольский Николай Григорьевич (RU), Рыженко  
Алексей Алексеевич (RU), Береснев Денис Сергеевич (RU)*

Авторы: *Топольский Николай Григорьевич (RU), Рыженко Алексей  
Алексеевич (RU), Береснев Денис Сергеевич (RU)*



Заявка № **2015616439**

Дата поступления **14 июля 2015 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **30 сентября 2015 г.**

Заместитель руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



**Приложение 2. Свидетельство о государственной регистрации программы  
для ЭВМ - Информационная система контроля знаний обучающихся**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2015619588**

**Информационная система индивидуального контроля  
знаний обучаемых**

Правообладатели: *Топольский Николай Григорьевич (RU), Рыженко Наталья Юрьевна (RU), Шапошник Данило Степанович (RU), Береснев Денис Сергеевич (RU)*

Авторы: *Топольский Николай Григорьевич (RU), Рыженко Наталья Юрьевна (RU), Береснев Денис Сергеевич (RU), Шапошник Данило Степанович (RU)*

Заявка № **2015617244**

Дата поступления **21 июля 2015 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **08 сентября 2015 г.**

Заместитель руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Курий





**Приложение 3. Методика выбора эффективных мероприятий для  
предупреждения аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2017613584**

**«Построение карт вероятностей местонахождения объекта  
поиска в природной среде»**

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

Авторы: *Топольский Николай Григорьевич (RU), Рыженко Алексей Алексеевич (RU), Шихалев Денис Владимирович (RU), Береснев Денис Сергеевич (RU)*


Заявка № **2016664205**

Дата поступления **23 декабря 2016 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **22 марта 2017 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Ивлиев**





**Приложение 4. Свидетельство о государственной регистрации программы  
для ЭВМ - Построение карт вероятностей местонахождения объекта  
поиска в природной среде**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2016660699**

**Методика выбора эффективных мероприятий для  
предупреждения аварийных ситуаций на гидротехнических  
сооружениях**

Правообладатели: *Топольский Николай Григорьевич (RU), Рыженко  
Наталья Юрьевна (RU), Нго Куанг Тоан (RU), Береснев Денис  
Сергеевич (RU)*

Авторы: *Топольский Николай Григорьевич (RU), Рыженко Наталья  
Юрьевна (RU), Нго Куанг Тоан (RU), Береснев Денис Сергеевич  
(RU)*

Заявка № **2016618169**

Дата поступления **25 июля 2016 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **20 сентября 2016 г.**



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Г.П. Ивлиев* Г.П. Ивлиев

## Приложение 5. Листинг программного кода

```

function varargout = RSO(varargin)

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',  @RSO_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @RSO_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before RSO is made visible.
function RSO_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to RSO (see VARARGIN)

% Choose default command line output for RSO
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = RSO_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in radiobutton1.
function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(ancestor(hObject, 'figure'))

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton2 (see GCBO)
set(handles.edit1, 'String', ''); % Очищаем окно ввода
set(handles.edit2, 'String', ''); % Очищаем окно результата 1
set(handles.edit3, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2
set(handles.edit4, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2
set(handles.edit5, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2
set(handles.edit6, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2
set(handles.edit7, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2
set(handles.edit8, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2
set(handles.edit9, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2
set(handles.edit10, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2
set(handles.edit11, 'String', ''); % Очищаем окно результата 2

axes(handles.axes1); % Очищаем окно графика 1
cla;
axes(handles.axes2); % Очищаем окно графика 2
cla;
axes(handles.axes3); % Очищаем окно графика 3
cla;

% --- Процесс вычисления параметров
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% Von - средняя скорость человека по пересеченной местности
% Tпс - время с момента поступления сигнала
% L - длина маршрута

% Получение исходных данных для вычисления района поиска
относительно исходной линии
w=str2num(get(handles.edit1, 'String')); % Получил данные из окна
edit1 - длина маршрута
l=w;
z=str2num(get(handles.edit2, 'String')); % Получил данные из окна
edit2 - время с момента поступления сигнала
t=z;
s=str2num(get(handles.edit11, 'String')); % Получил данные из окна
edit11 - средняя скорость человека по пересеченной местности
v=s;

% Вычисление района поиска относительно исходной линии и исходной
линии
if get(handles.radiobutton1, 'value')==0
    A1=(2*v*t)*(1+2*v*t);
    set(handles.edit3, 'String', A1);
elseif get(handles.radiobutton2, 'value')==0

```

```

    At=(2*(v*t))^2;
    set(handles.edit3,'String',At);
end;

% Обновление графиков и рисунков
guidata(hObject, handles);
axes(handles.axes1);
imshow('RS01.jpg')
axes(handles.axes2);
imshow('RS02.jpg')
axes(handles.axes3);
imshow('RS03.jpg')

% --- Executes on button press in radiobutton2.
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to radiobutton2 (see GCBO)

% --- Executes on selection change in popupmenu1.
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on
Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit1 as a double

```



```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit2 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on selection change in popupmenu2.
function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```
% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns
popupmenu2 contents as cell array
%         contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
popupmenu2
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function popupmenu2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: popupmenu controls usually have a white background on
Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit4 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit5 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit5 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.

```



```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit6 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit6 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit7 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit7 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

```

```

% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit8 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit8 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit9 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit9 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit10 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit10 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit11 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit11 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

## Приложение 6. Акты внедрения

«УТВЕРЖДАЮ»  
 Генеральный директор  
 ООО «ГлобалКонтроль»  
  
 М.А. Хомяков  
 2018 г.

### АКТ

об использовании результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук Береснева Дениса Сергеевича, представленной к защите по специальности 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах на тему: «Информационно-аналитические модели и алгоритмы поддержки управления поисково-спасательными операциями в природной среде»

Комиссия в составе: начальник конструкторского отдела Сергей Викторович Ивченко (председатель комиссии), заместитель начальника конструкторского отдела Дмитрий Андреевич Вечелковский, специалист конструкторского отдела Дмитрий Александрович Кочеляев (члены комиссии) составила настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Береснева Д.С., связанные с научно-методическим обоснованием и разработкой поддержки принятия управленческих решений при проведении поисково-спасательных операций в природной среде использованы в научной деятельности общества с ограниченной ответственностью «ГлобалКонтроль», а также при производстве комплексов связи и управления.

Председатель комиссии  
 начальник конструкторского отдела



С.В.Ивченко

члены комиссии  
 заместитель начальника конструкторского отдела



Д.А.Вечелковский

специалист конструкторского отдела



Д.А.Кочеляев



«УТВЕРЖДАЮ»  
 Генеральный директор  
 ООО «Научный логистический центр»



В.В. Власенков

2018 г.

### АКТ

об использовании результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук Береснева Дениса Сергеевича, представленной к защите по специальности 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах на тему: «Информационно-аналитические модели и алгоритмы поддержки управления поисково-спасательными операциями в природной среде»

Комиссия в составе: заместитель генерального директора ООО «НЛЦ» Атюкин А.А. (председатель комиссии), начальник отдела ООО «НЛЦ» Горбачев М.А., заместитель начальника отдела ООО «НЛЦ» Михайлова И.К. (члены комиссии) составила настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Береснева Д.С., связанные с научно-методическим обоснованием и разработкой поддержки принятия управленческих решений при проведении поисково-спасательных операций в Арктической зоне, использованы в научной деятельности Общества с ограниченной ответственностью «Научный логистический центр».

Председатель комиссии  
 заместитель генерального директора ООО «НЛЦ»

А.А. Атюкин

члены комиссии  
 начальник отдела ООО «НЛЦ»

М.А. Горбачев

заместитель начальника отдела ООО «НЛЦ»

И.К. Михайлова



«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель начальника Академии  
Государственной противопожарной службы  
МЧС России по учебной работе, к.в.н.

М.В. Бедило

« 2018 г.

АКТ

об использовании результатов диссертационной работы на соискание  
ученой степени кандидата технических наук Береснева Дениса Сергеевича,  
представленной к защите по специальности 05.13.10 – Управление в  
социальных и экономических системах на тему: «Информационно-  
аналитические модели и алгоритмы поддержки управления поисково-  
спасательными операциями в природной среде»

Комиссия в составе председателя – начальника учебно-научного  
комплекса автоматизированных систем и информационных технологий (УНК  
АСИТ) к.т.н., доцента Хабибулина Рената Шамильевича и членов комиссии –  
заместителя начальника кафедры информационных технологий УНК АСИТ  
к.т.н., доцента Сатина Алексея Петровича, доцента кафедры информационных  
технологий УНК АСИТ к.т.н. Рыженко Алексея Алексеевича подтверждает, что  
результаты диссертационной работы Береснева Д.С., внедрены в учебный  
процесс кафедры информационных технологий Академии ГПС МЧС России, а  
именно: модель построения карт вероятностей местонахождения объекта  
поиска в природной среде.

Практические результаты глав диссертации внедрены в дисциплину  
«Информационные технологии» на кафедре информационных технологий  
факультета пожарной безопасности в рамках выполнения лабораторных работ  
по теме: «Разработка компьютерной модели в Mathcad».

Доказательством результативности работы служит апробация в виде  
свидетельства Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ:

- № 2017613584 от 22 марта 2017 г. / Построение карт вероятностей  
местонахождения объекта поиска в природной среде / Береснев, Д.С.,  
Топольский, Н.Г., и др.

Председатель комиссии  
Начальник УНК АСИТ, к.т.н., доцент

Р.Ш. Хабибулин

Члены комиссии  
заместитель начальника кафедры ИТ  
УНК АСИТ, к.т.н., доцент

А. П. Сатин

доцент кафедры ИТ УНК АСИТ, к.т.н.

А. А. Рыженко