



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии
ГПС МЧС России по учебной работе
кандидат исторических наук, доцент

В.С. Шныпко

«26» февраля 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (Академия ГПС МЧС России)

Диссертация «Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде на основе гибридных эвристических алгоритмов» выполнена на кафедре информационных технологий в составе учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий Академии ГПС МЧС России.

В период подготовки диссертации соискатель Малютин Олег Сергеевич работал заместителем начальника отдела информационных технологий и компьютерного моделирования научно-технического центра, в настоящее время работает начальником отдела информационных технологий и компьютерного моделирования научно-технического центра Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

В 2015 г. с отличием окончил Академию ГПС МЧС России по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» с присвоением квалификации «Магистр» (факультет заочного обучения).

В 2017 г. был прикреплен к адъюнктуре Академии ГПС МЧС России для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров по кафедре информационных технологий (в составе УНК АСИТ).

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 0S-2025 выдана 19 февраля 2025 г. в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Хабибулин Ренат Шамильевич, 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», учебно-научный комплекс автоматизированных систем и информационных технологий, начальник.

По результатам рассмотрения диссертации «Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде на основе гибридных эвристических алгоритмов» принято следующее:

Общая оценка работы

Диссертация Малютина Олега Сергеевича представляет собой законченную работу, в которой содержится решение научной задачи по совершенствованию системы организационного проектирования пожарно-спасательных гарнизонов на основе разработки моделей и алгоритмов поддержки принятия решений по оптимизации численности территориальных подразделений пожарной охраны и мест их дислокации, что вносит значительный вклад в теоретические основы управления подразделениями пожарной охраны при организационном проектировании пожарно-спасательных гарнизонов.

Объем диссертации составляет 188 страниц. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, трех приложений и списка литературы из 163 наименований.

Актуальность исследования

Актуальность работы продиктована практическими соображениями снижения человеческих и материальных потерь от пожаров за счет уменьшения времени реагирования подразделений пожарной охраны. Размещение подразделений пожарной охраны в оптимальных местах дислокации позволит эффективно минимизировать время их прибытия к месту пожара и таким образом повышать защищенность населения, что будет способствовать соблюдению требований статьи 76 Федерального закона от 22.07.2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Важность создания информационно-аналитических систем поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде диктуется как нормативными источниками, так и статистическими данными. Так, в Российской Федерации за период с 2010 по 2020 год доля пожаров, на которых соблюдаются требования по времени прибытия первого пожарного подразделения, составила 91% для городов и 89% для сельской местности. При этом 91% погибших в городах и 53% в сельской местности приходится на пожары, на которых время прибытия пожарных подразделений удовлетворяет требованиям законодательства.

Развитие вычислительных технологий компьютерного моделирования позволяет решать задачи многофакторной оптимизации мест дислокации подразделений пожарной охраны с использованием методов сетевого и пространственного анализа на основе данных о городской застройке и топологии улично-дорожной сети.

Реализация моделей и алгоритмов поддержки принятия решений, в виде специализированного программного обеспечения для ЭВМ, позволило бы существенно повысить эффективность организационного проектирования подразделений пожарной охраны, а также создать единую исследовательскую программную платформу для дальнейшего совершенствования таких моделей и алгоритмов.

Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью развития современных научно-обоснованных инструментов поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде на основе гибридных эвристических алгоритмов.

Степень разработанности темы исследования

Проблемам, возникающим при выборе места дислокации для вновь создаваемых подразделений пожарной охраны, посвящено значительное количество исследований, результаты которых имеют важное значение для построения фундаментальных основ организационного проектирования подразделений пожарной охраны в крупных городах.

В части решения вопросов обоснования численности и мест размещения подразделений пожарной охраны большой вклад внесли работы Н.Н. Брушлинского, С.В. Соколова, А.Н. Денисова, Е.М. Алехина, Ю.И. Коломиеца, Б.М. Пранова, А.В. Матюшина, А.А. Порошин, А.А. Кондашова, Ю.А. Матюшина, Е.Ю. Удавцова, В.В. Харина, Е.В. Бобринева, В.А. Маштакова, М.В. Буйневича, М.Т. Пелеха, А.В. Максимова, А.В. Вострых, А.А. Таранцева, М.В. Сибирякова, П.Ф. Барышева, П.А. Матюшева, Чарльза Ревелля, Роджера Черча.

В части разработки моделей и алгоритмов оптимизации необходимо отметить исследования Л.А. Гладкова, В.М. Курейчик, В.В. Курейчик, С.И. Родзина, Джоффа Боинга, Пола Вирсански, А.П. Карпенко, Стюарта Киркпатрика, а также многих других специалистов из России, Китая, США, Польши, Ирана, Ирака, Бразилии и Турции.

Личный вклад автора

В совместных публикациях результаты, связанные с разработкой информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны, получены автором лично.

Результаты, полученные соискателем лично:

1. Проведен кластерный анализ параметров реагирования подразделений пожарной охраны в Российской Федерации за 2010-2020 г.г. Показано, наличие умеренной связи количества подразделений пожарной охраны, приходящегося на 1000 человек с количеством погибших на пожарах людей, приходящихся на 1000 человек населения (0,34) и обратной связи со средним временем прибытия первого подразделения пожарной охраны.

2. На основе проведенного с использованием методов машинного обучения и аналитики больших данных анализа системы реагирования на пожары в крупных городах России выявлены наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на обоснование дислокации подразделений пожарной охраны. Рассмотрен комплекс моделей оценки факторов, оказывающих влияние на выбор оптимального места дислокации подразделений пожарной охраны и предложена модель оценки параметров реагирования подразделений пожарной охраны.

3. Анализ существующих методов и алгоритмов решения задач оптимизации размещения показал, что такие эвристические алгоритмы как Жадное добавление, Генетический алгоритм, Алгоритм обезьяньего поиска, Алгоритм искусственной пчелиной колонии, Алгоритм скалолаза, а также их гибриды могут быть с успехом реализованы в информационно-аналитической системе поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде. Показано, что применение гибридных эвристических алгоритмов позволяет снизить вычислительную сложность расчета оптимальных мест дислокации подразделений пожарной охраны с $O(N^2)$ до $O(\sqrt{N})$ для задачи размещения одного подразделения и с $O(N^{K+2})$ до $O(K\sqrt{N})$ для задачи размещения K подразделений.

4. Разработана информационно-аналитическая система поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде реализующая модульную архитектуру и предоставляющая возможность адаптации широкого спектра существующих и перспективных подходов к обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны без существенной переработки программного ядра, в том числе с применением рассмотренных в работе гибридных эвристических алгоритмов.

5. Разработан алгоритм поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде с использованием информационно-аналитической системы на основе гибридных эвристических алгоритмов. Описаны основные этапы проведения расчетов, анализа и поддержки принятия решений.

6. Проведена серия вычислительных экспериментов с использованием предложенной в работе информационно-аналитической системы поддержки

принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде. Показана приемлемая точность разработанной информационно-аналитической системы по сравнению с существующими решениями.

Результаты исследования позволили получить новые научно-обоснованные инструменты поддержки принятия решений по определению необходимой численности подразделений пожарной охраны и оптимальных мест их дислокации, практическое использование которых позволит повысить эффективность проектирования подразделений пожарной охраны.

Научная новизна диссертации

В процессе выполнения диссертационной работы впервые были получены новые научные результаты:

1. Разработаны модели и алгоритмы поддержки принятия решений по обоснованию мест размещения пожарно-спасательных подразделений (пожарных депо) в городской среде, отличительной особенностью которых является применение комплекса эвристических алгоритмов, основанных на технологиях машинного обучения.

2. Разработана архитектура, информационное и специализированное программное обеспечение информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию мест размещения пожарно-спасательных подразделений (пожарных депо) в городской среде, отличительной особенностью которой является применение модульной архитектуры позволяющей гибко реализовывать, гибридизировать и настраивать гиперпараметры эвристических алгоритмов.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость исследования обоснована развитием алгоритмического, информационного и программного обеспечения для систем управления и поддержки принятия решений при проектировании деятельности пожарно-спасательных гарнизонов по ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций в городах на основе новых информационных технологий.

Практическая значимость исследования заключается в том, что его теоретические положения реализованы в виде информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде на основе гибридных эвристических алгоритмов. Практическая значимость работы подтверждается внедрением результатов исследования при планировании и организации работы по оптимальному распределению (размещению) группировки подразделений противопожарной службы Государственной противопожарной службы для тушения пожаров в населенных пунктах на территории субъектов Российской Федерации.

Результаты внедрения

Результаты диссертационной работы использованы в:

– Академии Государственной противопожарной службы МЧС России в учебно-методических материалах по дисциплинам «Системы поддержки принятия решений», «Моделирование процессов и систем» преподаваемым на факультете пожарной и техносферной безопасности по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата);

– Сибирской пожарно-спасательной академии Государственной противопожарной службы МЧС России при подготовке учебно-методических материалов, по дисциплине «Управление силами и средствами на месте пожара и ЧС» специальность 20.04.01 «Техносферная безопасность, профиль Пожарная безопасность»;

– Главном управлении МЧС России по Красноярскому краю при определении наиболее эффективных мест размещения и количества подразделений ФПС на территории города Красноярска;

– 1 ПСО ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Ханты-Мансийскому округу – Югре при проведении расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на территории города Сургута.

Полнота опубликования основных научных результатов, полученных автором:

Все основные научные результаты, полученные автором, достаточно полно опубликованы в научных журналах и материалах научных и научно-практических конференций. По теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 5 - в изданиях, рекомендованных ВАК России для публикации научных результатов на соискание ученой степени кандидата, доктора наук; 1 - в изданиях, входящих в международные системы цитирования, 2 свидетельства Роспатента о государственной регистрации баз данных и программ для ЭВМ.

Основные результаты диссертации докладывались на всероссийских и международных научно-технических конференциях: Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXV Международной научно-практической конференции, Москва, 31 мая 2023 года; «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России: Теория. Инновации. Практика», посвященная 90-летию со дня образования Академии ГПС МЧС России, 19 октября 2023 г; 32-я международная научно-техническая конференция «Системы безопасности - 2023», 30 ноября 2021 г. Москва; XII Международная научно-практическая конференция «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (ГММВ-2024), 14-17 мая 2024 г., Коломна; VII Всероссийская Пospelовская конференция «Гибридные и синергетические интеллектуальные системы», 3-7 июня 2023, Зеленоградск; XXXII Всероссийский семинар «Нейроинформатика, ее

приложения и анализ данных», 27 сентября 2024, ИВМ СО РАН, Красноярск;
6th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling,
Automation and Energy Efficiency, November, 13-15 2024 | Lipetsk, Russia.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности, по которой она рекомендована к защите:

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки), а именно:

пункту 4 «Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах.»;

пункту 9 «Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в организационных системах».

пункту 11 «Разработка практико-ориентированных технологий управления организационными системами».

Диссертация «Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений по обоснованию дислокации подразделений пожарной охраны в городской среде на основе гибридных эвристических алгоритм» Малютина Олега Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки).

Заключение принято на заседании профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий Академии ГПС МЧС России.

Присутствовало на заседании 15 чел. Результаты голосования: «за - 15 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет. Протокол № 7 от 22 мая 2025 г.

Заместитель начальника кафедры
информационных технологий
в составе УНК АСИТ Академии ГПС МЧС России
кандидат технических наук, доцент

«12» мая 2025 г.



А.В. Мокшанцев