

Отзыв

официального оппонента Сидорина Виктора Викторовича
на диссертацию Вилисова Валерия Яковлевича

«Модели, методы и алгоритмы информационно-аналитической поддержки принятия решений по распределению сил и средств при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций», представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.4. - Управление в организационных системах (технические науки)

Актуальность и значимость диссертации. Диссертация Вилисова Валерия Яковлевича посвящена решению важной государственной проблемы развития теоретических принципов, моделей, методов и алгоритмов информационно-аналитической поддержки принятия решений по распределению сил и средств при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций на основе применения машинообучаемых оптимизационных моделей, организационных инноваций и с учетом факторов риска.

Актуальность диссертации подтверждается значительными материальными потерями от пожаров, обусловленными: ростом сложности технологических объектов территориальной и экономической инфраструктуры; ростом площади и плотности застройки городских и сельских поселений; ростом количества потенциально опасных факторов – причин техногенных аварий; появлением новых материалов, придающих непредсказуемые свойства пожарной нагрузке; ростом потока данных из зоны пожара или чрезвычайных ситуаций (ЧС). Как следствие - растет информационная нагрузка на лиц, управляющих ликвидацией пожаров и ЧС, ужесточаются нормативные показатели ликвидации пожаров и ЧС.

В диссертации предлагается использовать ряд управленческих и организационных инноваций, таких как машинообучаемые оптимизационные модели поддержки принятия решений для поддержки управления и обучения групп автономных мобильных роботов, риск-ориентированные алгоритмы тестирования пожарных подразделений для обеспечения их высокой готовности, привлечения социально-обоснованных страховых механизмов поддержки безопасности с использованием инструментов лизинга и аутсорсинга. Для этого разработаны формализованные процедуры поддержки принятия решений, соответствующие модели, методы и алгоритмы.

В диссертационной работе сформулирована **цель исследования** - разработка моделей, методов и алгоритмов для повышения эффективности поддержки принятия решений по распределению сил и средств при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций, на основе применения машинообучаемых оптимизационных моделей, организационных инноваций и с учетом факторов риска.

Анализ структуры диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 497 наименований и четырех приложений.

Вх. №4/43 от 14.02.2022

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель, задачи, объект, предмет исследования и основная решаемая научная проблема, приведены теоретические основы исследования, выделены элементы новизны и новые научные результаты, теоретическая и практическая значимость, свидетельства апробации и количественные характеристики объема работы.

В первой главе диссертации проведен анализ существующих в практике управления силами и средствами (СиС) в МЧС России методов, моделей и алгоритмов управления. Приведена классификация моделей, алгоритмов и подходов, существующих в различных сферах обеспечения пожарной безопасности. Кластерный анализ выявил нестационарность выборки официальных статистических данных, что дало основание в дальнейших исследованиях использовать лишь выборки 2011–2017 гг. Приведены результаты статистического анализа официальной статистики о пожарах, представленные в виде регрессионных моделей, отражающих взаимосвязи параметров времени реагирования пожарно-спасательных подразделений (ПСП) и показателей ущерба от пожаров (прямой материальный ущерб, количество людей, погибших и пострадавших во время пожаров). Обоснована необходимость построения машинообучаемых моделей поддержки принятия решений, обеспечивающих их адаптивность к изменениям как внешних факторов, так и системы предпочтений лица, принимающего решения (ЛПР), обеспечивающих принятие решений при управлении силами и средствами (СиС) в целях обеспечения пожарной безопасности объектов экономической и социальной инфраструктуры.

Во второй главе диссертации разработаны адаптивные (на основе машинного обучения) модели распределения СиС при одновременных вызовах, построенные на основе оптимизационной транспортной задачи (ТЗ) и учитывающие ретроспективные данные о возникающих ситуациях и принятых при этом ЛПР решениях, эффективность при реализации которых подтверждена. Кроме собственно алгоритмов машинного обучения ТЗ, разработаны и вспомогательные алгоритмы обеспечения диалогового режима ЛПР и модели на основе разработанных автором экспертных процедур и принципов оптимального планирования эксперимента, существенно сокращающих продолжительность выявления предпочтений ЛПР на множестве вариантов выбора. Обоснована тенденция роста всех видов удельного ущерба при росте количества пожаров. Как показано, важную роль в этом могут играть одновременные вызовы, приводящие к дефициту ресурсов в локальные периоды времени. Автором предложено использовать машинообученные транспортные модели для гибкого управления расписанием выезда нарядов вместо действующего детерминированного расписания. Показан потенциал снижения показателей ущерба.

В третьей главе диссертации разработаны адаптивные (машинообучаемые) варианты моделей выбора решений в системах управления ликвидацией пожаров на основе марковских и игровых моделей. Марковские модели рассмотрены двух типов - марковские цепи (МЦ), с их

помощью моделируются переходы между стадиями ликвидации пожара - для прогнозирования стадий его завершения, и управляемые марковские цепи (УМЦ), с помощью которых определяется оптимальная стратегия выбора ранга пожара. В работе предложено использовать обученные МЦ не только для прогнозирования развития пожара, но и для определения его ранга. При этом, однако, должны быть известны экономические оценки издержек на компенсацию ущерба от пожаров и текущие затраты на их ликвидацию. Если таких данных нет, то могут быть использованы УМЦ, которые, в соответствии с разработанной автором методологией, обучаются на ретроспективных данных. В данной главе представлены соответствующие алгоритмы машинного обучения, работоспособность алгоритмов проиллюстрирована на модельных примерах. Кроме того, в третьей главе рассмотрены игровые машинообучаемые модели, обеспечивающие поддержку принятия решений при эвакуации людей из горящего здания.

В четвертой главе диссертации выполнен анализ текущего состояния применения робототехнических систем (РТС) при ликвидации пожаров и ЧС. Показана большая потребность в РТС высокой степени автономности, в составе мультиагентных РТС (МРТС), укомплектованных однотипными (гомогенные МРТС) или разными (гетерогенные МРТС) роботами, как наземного типа различной функциональности, так и воздушные. Для эффективной работы таких групп роботов весьма актуальны алгоритмы их машинного обучения по данным эксплуатации опытными операторами. Потребность применения РТС при ликвидации пожаров и ЧС вызвана необходимостью снижения риска травмирования или гибели личного состава в случаях пожаров или ЧС повышенной опасности, например, при химическом или радиационном заражении зоны ликвидации. Предложен ряд адаптивных машинообучаемых моделей управления мультиагентной робототехнической системой (МРТС), таких как:

- модель оптимального планирования работ в МРТС, построенная на основе решения обратной задачи линейного программирования;
- модель оптимального адаптивного распределения заданий в группе автономных роботов;
- модель оптимального управления роботом разведки на основе использования адаптивных управляемых марковских цепей.

Предложен алгоритм оценивания степени склонности к риску ЛПР-оператора, обучающего РТС, что дает инструмент для отбора операторов - учителей роботов, применяемых при ликвидации пожаров и ЧС. Предложен подход и соответствующий алгоритм решения задач концептуального проектирования систем мониторинга пожароопасной обстановки на основе использования автономных беспилотных авиационных систем.

В пятой главе диссертации разработаны практические методы и алгоритмы внутреннего и внешнего контроля готовности подразделений в иерархической системе управления, а также оценивания склонности ЛПР к риску в процедурах принятия решений. Предложен ряд инструментов, основанных на риск-ориентированном подходе и направленных на

повышение эффективности мониторинга готовности к ликвидации пожаров и ЧС. В рамках такого подхода появляется возможность организации превентивного управления, направленного на предотвращение отклонения ключевых показателей от нормы (управление по возмущениям). Показано, что в структуре управления таким инструментом может стать система внутреннего контроля (СВК), интегрированная в автоматизированную информационно-управляющую систему, и позволяющая всем уровням иерархии управления иметь текущие оценки рисков и состояния элементов системы контроля. Предложена система тестов, выполняемых в форме экспертных процедур, с последующей обработкой с учетом многокритериальности показателей, свертку которых предложено выполнять на основе метода идеальной точки. По результатам тестирования для некоторых сценариев реагирования построены регрессионные и нейросетевые модели показателей готовности. В рамках риск-ориентированной технологии управления на основе моделей принятия решений в условиях риска и неопределенности, в частности модели Гурвица, предложен алгоритм выявления показателя склонности к риску ЛПР по наблюдениям за его решениями. Алгоритм может быть использован для мониторинга склонности к риску как в процессе управления, так и при обучении персонала.

В шестой главе диссертации рассмотрены принципы и алгоритмы повышения эффективности функционирования подразделений пожарной охраны за счет управленческих инноваций, в числе которых страховые принципы возмещения ущерба и финансирования подразделений пожарной охраны, привлечение инструментов лизинга и аутсорсинга. Соискателем формализована задача страхового возмещения ущерба от пожаров. Приведенные оценочные расчеты, показывают, что страховое обременение граждан составит весьма незначительную долю от среднедушевого дохода. Показано, что предложенная страховая схема возмещения позволит сэкономить госбюджету весьма существенную сумму. Показано, что модели предложенного типа должны в дальнейшем стать составной частью и рабочим инструментом систем поддержки принятия решений на различных уровнях МЧС. Кроме использования страховых механизмов для возмещения ущерба от пожаров предложены четыре варианта привлечения страховых средств для материально-технического обеспечения деятельности пожарно-спасательных подразделений. В этих вариантах в разной степени автором используются механизмы страхования, лизинга и аутсорсинга. Рассмотрены варианты обеспечения пожарно-спасательных подразделений не только традиционной автотехникой, но и современной инновационной техникой, материалами и технологиями, такими как пожарная робототехника, беспилотные авиационные системы и др.

В заключении приведены теоретические и практические результаты, полученные соискателем в процессе выполненного диссертационного исследования.

В приложения вынесены исходные данные для моделирования транспортной задачи, алгоритм решения обратной задачи линейного программирования, акты о внедрении результатов исследования и свидетельства Роспатента о регистрации программ для ЭВМ.

Анализ диссертации показывает, что она структурирована, результаты, полученные в ходе исследования, изложены грамотно.

Автореферат диссертации дает полное представление о полученных научных и практических результатах.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые предложена, разработана и всесторонне исследована совокупность инструментов повышения эффективности функционирования пожарных подразделений, в частности: методология построения моделей принятия решений при ликвидации пожаров и ЧС на основе использования машинообучаемых моделей исследования операций (транспортного типа, марковских, игровых), обеспечивающих согласованное двухконтурное управление в человеко-машинном режиме и учитывающих опыт лиц, принимающих решения; подход, модели и алгоритмы машинного обучения автономных мультиагентных робототехнических систем, предназначенных для мониторинга и ликвидации последствий пожаров и ЧС, учитывающие опыт управления операторами; совокупность инструментов для мониторинга готовности к выполнению боевых задач подразделениями пожарной охраны на разных уровнях иерархии управления, основанных на риск-ориентированной технологии внутреннего контроля; модели и варианты модификации организационной структуры ликвидации пожаров и ЧС, включающие страховые, лизинговые и аутсорсинговые элементы.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методологии информационно-аналитической поддержки принятия решений при ликвидации пожаров и ЧС на основе применения машинообучаемых моделей, построенных с привлечением опыта принятия решений ЛПР в аналогичных ситуациях в прошлом как для систем поддержки принятия решений (СППР) так и для автономных мультиагентных робототехнических систем.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложены алгоритмы и процедуры, позволяющие решить ряд задач, актуальных для управления ликвидацией пожаров и ЧС, в частности:

- распределение СиС по одновременным вызовам;
- назначение оптимального ранга пожара;
- оценивание склонности ЛПР к риску;
- машинное обучение автономных роботов планированию операций;
- мониторинг готовности к выполнению боевых задач подразделений пожарной охраны на разных уровнях иерархии управления;
- оценивание потенциала увеличения эффективности управления силами и средствами;

- оценивание объема страхового возмещения ущерба от пожаров и величины страховой нагрузки на страхователей.

Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждается применением апробированных методов и средств исследования, внутренней непротиворечивостью и согласованностью с результатами исследователей, сравнением теоретических данных с результатами экспериментальных исследований.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертации докладывались на международных и всероссийских научно-практических конференциях и семинарах, имели положительную оценку ведущих ученых в данной области исследования. По теме диссертации опубликованы 22 работы в периодических изданиях, рекомендованных ВАК России для публикации научных результатов на соискание ученой степени доктора наук по специальности 2.3.4. - Управление в организационных системах (технические науки). Автором диссертации опубликованы 4 научных монографии, получено 7 свидетельств Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ. Высокая степень участия автора диссертации в публикациях не вызывает сомнения, ключевые публикации написаны без соавторов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.3.4. - Управление в организационных системах (технические науки).

Замечания по диссертации и автореферату:

1. В работе автор предлагает использовать марковские цепи для прогнозирования времени завершения состояний пожара, однако, из материалов автореферата не видно, в какой степени эти построения базируются на результатах других исследователей, в частности при анализе процессов ликвидации пожаров с помощью моделей массового обслуживания.

2. В исследовании автор приводит и некоторые экономические оценки, в частности, при определении ранга пожара, а также в процедурах внутреннего контроля подразделений. Однако, существующий порядок обеспечения пожарной безопасности предполагает полное государственное финансирование пожарных подразделений. Из автореферата не ясно, как согласуются эти два положения.

3. Алгоритмы машинного обучения игровых моделей, используемых при определении рангов пожара, требуют наличия статистики возникших ранее ситуаций и принятых решений. Но пожары с повышенным рангом случаются крайне редко. В работе следовало бы пояснить это обстоятельство.

4. При использовании транспортной модели для распределения сил и средств на одновременных вызовах не приведены сведения о том, как учитываются задачи оптимальной маршрутизации с учетом современных прикладных программ, специализирующихся на подобных приложениях.

5. На рисунках 11 и 12 автореферата (стр. 21, 22) показаны графики изменения показателей $P1(N), \dots, P4(N)$, но в тексте не раскрыто их

содержание. Очевидно, это элементы вектора вероятностей состояний, где цифры означают индексы, но в тексте таких пояснений нет.

Представленные замечания и недостатки не снижают общую положительную оценку диссертации.

Вывод: Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки), а также требованиям ВАК России, предъявляемым к докторским диссертациям, и отвечает всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Вилисов Валерий Яковлевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Руководитель учебного центра
автономной некоммерческой организации «Институт испытаний и
сертификации вооружения и военной техники»
доктор технических наук, профессор

Виктор Викторович Сидорин

«14» января 2022 г.

Подпись Сидорина Виктора Викторовича заверяю
Генеральный директор автономной некоммерческой организации
«Институт испытаний и сертификации вооружения и военной техники»
доктор технических наук,



Игорь Николаевич Животкевич

111024, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 11

тел.: +7(495) 627-37-11

e-mail: inis@inis.ru

Сайт в интернете: <http://www.inis.ru>