

Отзыв официального оппонента

доктора технических наук Порошина Александра Алексеевича на диссертационную работу Вилисова Валерия Яковлевича на тему: «Модели, методы и алгоритмы информационно-аналитической поддержки принятия решений по распределению сил и средств при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки)

В современных условиях сложность решения задач управления и принятия решений при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуациях (далее - ЧС) возрастает за счет ввода в действие технологически сложных объектов защиты с наличием новых видов пожарной нагрузки, приводящей к возникновению значительных значений опасных факторов пожара. Быстрыми темпами увеличивается площадь и плотность застройки населенных пунктов, с вводом в действие высотных зданий. Как следствие, растет поток данных и соответствующая информационная нагрузка на лиц, принимающих решения (далее - ЛПР) при управлении ликвидацией пожаров и ЧС. С другой стороны, развитие информационных технологий, методов математического моделирования, построенных на концепциях искусственного интеллекта и Big Data, открывает новые возможности по созданию автоматизированных систем поддержки принятия решений ЛПР по управлению силами и средствами (далее – СИС) пожарно-спасательных гарнизонов, привлекаемых для тушения пожаров и ликвидации ЧС.

Также следует отметить ряд проблемных ситуаций по финансированию мероприятий в области организации деятельности РСЧС. С учетом международного опыта, а также советского и российского опыта, сформировавшегося в период 80-90-х годов прошлого столетия, решение данных финансовых проблем целесообразно рассматривать с позиции применения страховых механизмов, позволяющих реализовывать меры компенсации ущербов от пожаров и ЧС физическим и юридическим лицам. Наряду с этим, страховые механизмы позволяют осуществлять создание соответствующих фондов по финансированию мероприятий в области

функционирования оперативно-тактических служб РСЧС.

Поэтому научные исследования, направленные на разработку теоретических положений построения машинообучаемых моделей поддержки принятия решений при ликвидации пожаров и ЧС, а также обоснования вариантов привлечения страховых инструментов (в совокупности с лизингом и аутсорсингом) для повышения эффективности управления ликвидацией пожаров и ЧС, являются своевременными и научно значимыми. Что свидетельствует о безусловной актуальности, разработанных в диссертации В.Я. Вилисова, теоретических моделей, методов и алгоритмов информационно-аналитической поддержки принятия решений по управлению ликвидацией пожаров и ЧС.

В этой связи, диссертационная работа В. Я. Вилисова актуальна, имеет научную новизну и практическую значимость. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 497 наименований и четырех приложений. Изложена на 433 страницах текста, содержит 122 рисунка и 58 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационных исследований и степень их разработанности, сформулированы цель, задачи, объект и предмет исследования, показана научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, представлены методология и методы исследования, а также степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе «Методы и технологии поддержки принятия решений при управлении силами и средствами в чрезвычайных ситуациях» приведен анализ разработанных теоретических подходов, методов и моделей управления СиС РСЧС на различных уровнях иерархии управления. В качестве базовых показателей для оценок эффективности функционирования РСЧС выбраны такие показатели как: прямой материальный ущерб, количество погибших и травмированных людей.

В диссертации анализ существующих теоретических подходов рассмотрен с позиции двух направлений. Первое связано с исследованием научно-методических подходов к управлению СиС РСЧС и, построенных на их основе, методов, моделей и алгоритмов по оперативному управлению, с учетом нижних уровней иерархии системы реагирования на пожары и ЧС. По результатам анализа предложена концепция построения адаптивных (т.е. машинообучаемых на опыте ЛПП) моделей поддержки принятия решений, что

позволяет строить двухконтурные схемы управления.

Второе направление связано с использованием методов математической статистики. В частности, рассмотрено применение методов регрессионного анализа данных по пожарам и их последствиям. На основе использования данных методов получены регрессионные зависимости, отражающие статистические взаимосвязи временных параметров процесса ликвидации пожара и показателей их последствий. Полученные зависимости являются основой для анализа и исследования эффективности моделей и алгоритмов управления ликвидацией пожаров и ЧС, описание которых приведено в следующих главах диссертации.

Вторая глава «Машинообучаемые модели, алгоритмы и методы распределения ресурсов при управлении ликвидацией пожаров» посвящена разработке адаптивных машинообучаемых моделей распределения СИС пожарно-спасательных подразделений при одновременных вызовах на пожары. Модели разработаны на основе методов математического программирования. В частности, применены методы решения транспортной задачи (далее - ТЗ) с учетом опыта принятия решений ЛПР по прецедентным событиям в прошлом. На основе статистического моделирования показано, что с ростом количества пожаров увеличиваются их экономические и социальные последствия. Определено, что причинами такой ситуации может быть ограниченность СИС пожарно-спасательных гарнизонов при наличии возможных одновременных вызовах с учетом детерминированного графика расписания выездов. Предложенная машинообучаемая транспортная модель позволяет оптимально распределять ресурсы пожарно-спасательных подразделений и строить гибкий график их выездов на тушение пожаров и ликвидацию ЧС.

На основе предложенных моделей разработан алгоритм применения инструментов экспертного оценивания и планирования эксперимента для выбора оптимального плана распределения СИС РСЧС с учетом решения транспортной задачи. С применением регрессионных зависимостей, полученных в первой главе диссертации, проведены количественные оценки повышения эффективности ликвидации пожаров за счет применения машинообучаемых транспортных моделей в контуре управления. В зависимости от возможных социальных и экономических последствий пожаров данные оценки составили от 1 до 23%.

В третьей главе *«Многошаговые математические модели накопления знаний лиц, принимающих решения при ликвидации пожаров»* приведено описание машинообучаемых моделей по выбору решений ЛПР в системах управления тушением пожаров основе моделей цепей А.Маркова (далее – марковские модели), а также моделей, построенных на положениях теории игр. Машинообучаемые игровые модели поддержки принятия решений разработаны в рамках единой методологии построения алгоритмов адаптивного управления.

Рассмотрено применение марковских моделей двух типов. К первому типу отнесены модели, с помощью которых моделируются переходы между стадиями развития и ликвидации пожара. Данные модели применяются для прогнозирования времени окончания ликвидации пожара. Разработан рекуррентный алгоритм оценок матрицы вероятностей перехода по фазам развития пожара (свободное горение, тушение, ликвидация последствий, отсутствие горения). Вторым типом марковских моделей, рассмотренных в главе 3, являются модели управляемых марковских цепей, с помощью которых определяется ранг пожара. Рассмотрена прямая и обратная задачи применения управляемых марковских цепей для определения рангов пожара.

Наряду с применением теории марковских цепей, в рамках разработки машинообучаемых моделей принятия решений ЛПР, исследовано применение положений теории игры. В частности, рассмотрено применение моделей игр с природой. С позиции теории игр с природой приведено описание процессов принятия решений при эвакуации людей из горящего здания. Из существующих критериев выбора оптимального решения для игр с природой рассмотрен критерий А. Вальда, как отражающий позицию крайней осторожности. По аналогии с моделями марковского типа проанализирована прямая и обратная задачи матричных игр. Предложен алгоритм решения обратной задачи матричной игры в форме рекуррентной процедуры оценивания.

Четвертая глава *«Модели и алгоритмы машинного обучения робототехнических систем, применяемых при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций»* посвящена применению машинообучаемых моделей для управления мультиагентными робототехническими системами (далее - МРТС), состоящими их групп автономных однотипных или разнотипных роботов, как наземного, так и воздушного типа. Роботы обучаются на основе данным по их эксплуатации операторами в условиях полигона.

В главе приведено описание ряда адаптивных машинообучаемых моделей управления, в том числе: модель оптимального объемного планирования работ на основе решения обратной задачи линейного программирования; модель оптимального адаптивного распределения заданий в группе автономных роботов на основе решения транспортной задачи; модель оптимального управления роботом разведки на основе использования машинообучаемых управляемых марковских цепей.

Наряду с описанием машинообучаемых моделей управления приведено описание алгоритма оценивания степени склонности к риску оператора, обучающего МРТС, а также алгоритма решения задач проектирования систем мониторинга пожароопасной обстановки на основе использования беспилотных авиационных систем.

В пятой главе «Модели и алгоритмы контроля готовности и управления рисками в задачах поддержки принятия решений при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций» рассмотрены вопросы разработки методов и алгоритмов внутреннего контроля готовности подразделений МЧС России на реагирование на ЧС в иерархической системе управления, а также методы оценивания склонности ЛПР к риску в процедурах принятия решений. Описанные в главе 5 методы и алгоритмы внутреннего контроля ориентированы на переход от управления по отклонениям от нормативных значений выходных показателей к управлению по возмущениям, которое формируют внешние факторы, влияющие на выходные показатели моделей. Разработан алгоритм построения оценок снижения социального и материального ущерба от пожаров за счет повышения качества внутреннего контроля, что способствует улучшению временных показателей реагирования пожарно-спасательных подразделений и повышению достоверности информации о состоянии СИС пожарно-спасательных гарнизонов.

Наряду с этим, в главе приведено описание нейронной сети для решения задачи оценивания показателей эффективности деятельности РСЧС для комплексного сценария ее функционирования.

В шестой главе «Модели повышения эффективности ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций за счет организационных и инновационных факторов» приведены научно-методические подходы повышения эффективности функционирования подразделений пожарной охраны за счет внедрения организационных и управленческих инноваций. В

качестве последних, рассмотрен механизм страхования рисков пожаров. Исследованы принципы возмещения экономического ущерба от пожаров и варианты организации финансирования пожарно-спасательных подразделений через механизм страхования с привлечением процедур лизинга и аутсорсинга. В основе построения оценок влияния предложенных организационных и управленческих решений на эффективность деятельности пожарно-спасательных подразделений лежит модель обеспечения пожарно-спасательных подразделений материальными ресурсами через механизм страхования. Предложено четыре варианта использования страховых средств для материально-технического обеспечения пожарно-спасательных подразделений с привлечением процедур лизинга и аутсорсинга.

В заключении сформулированы основные выводы и рекомендации, полученные в ходе выполнения диссертационного исследования.

В приложениях приведены исходные данные для моделирования транспортной задачи. Дано описание алгоритма решения обратной задачи линейного программирования. Приведены акты о внедрении результатов исследования и свидетельства Роспатента о регистрации программ для электронно-вычислительных машин.

Степень достоверности результатов, выводов и рекомендаций диссертации Вилисова В.Я. обусловлена корректным применением методов теории сложных систем, системного анализа, аналитического и имитационного моделирования, математического программирования, скалярной и векторной оптимизации, марковских цепей, теории игр и статистических решений, стохастического и экспертного оценивания, адаптивного управления, принятия решений в условиях риска и неопределенности, построения человеко-машинных систем поддержки принятия решений.

Достаточная сходимость алгоритмов, построенных на машинообучаемых моделях, подтверждена результатами многочисленных имитационных экспериментов. Все расчеты по моделям выполнялись на основе официально опубликованных статистических данных о пожарах и ЧС.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана методология построения моделей для поддержки принятия решений при ликвидации пожаров и ЧС, основанная на использовании машинообучаемых моделей исследования операций, обеспечивающих двухконтурное управление в человеко-машинном режиме и

учитывающих высокую динамику протекающих процессов и аккумулирующих опыт ЛПР.

2. Разработаны методы и алгоритмы идентификации параметров машинообучаемых моделей для адаптации к целевым предпочтениям ЛПР на основе наблюдения за решениями ЛПР в режиме текущего функционирования.

3. Разработан научно методический подход, модели и алгоритмы машинного обучения мультиагентных робототехнических систем, предназначенных для мониторинга и ликвидации последствий пожаров и ЧС, учитывающие опыт операторов, управляющих робототехническими системами.

4. Разработаны методы мониторинга готовности пожарно-спасательных подразделений к выполнению задач по предназначению с учетом многокритериальности и динамики их состояния, что позволяет делать более обоснованный выбор управленческих решений ЛПР.

5. Разработаны модели применения механизма страхования для организации финансирования деятельности пожарной охраны и возмещения ущерба от пожаров. На основе моделей предложены варианты использования страховых средств для материально-технического обеспечения пожарно-спасательных подразделений с привлечением процедур лизинга и аутсорсинга.

Практическая значимость диссертационной работы В.Я. Вилисова определяется следующими результатами:

1. Разработан комплекс машинообучаемых моделей транспортного, марковского и игрового типа, а также алгоритмы их реализации в практической деятельности при ликвидации пожаров и ЧС. Применение предложенных моделей и алгоритмов дает возможность построения автоматизированных систем поддержки принятия решений ЛПР по управлению силами и средствами пожарно-спасательных гарнизонов по тушению пожаров и ликвидации последствий ЧС.

2. Машинообучаемые модели могут быть использованы для оценок предпочтений ЛПР в процессе принятия решений. Что позволяет применять данные модели в процедурах мониторинга уровня квалификации и определения склонности к риску управленческого персонала РСЧС.

3. Предложен практический вариант проектирования структуры и параметров мультиагентных робототехнических систем на основе комбинации методов имитационного проектирования, экспертных процедур и методов оптимизации.

4. Проведены оценки возможности повышения эффективности управления СиС РСЧС за счет применения машинообучаемых транспортных моделей для решения задач управления, которые составили до 23% для социального и экономического ущерба от пожаров, а за счет применения контроля

за готовностью пожарно-спасательных подразделений по выполнению задач по предназначению - до 70%.

5. Разработан ряд прикладных компьютерных программ для автоматизации проведения расчетов, в том числе для решения следующих задач управления: распределение ресурсов пожарно-спасательных подразделений при возникновении одновременных вызовов; машинного обучения по марковской модели для прогнозирования развития пожара; нейросетевого оценивания эффективности реагирования в многоуровневой системе предупреждения и ликвидации ЧС; выбор оптимальных параметров мультиагентной коллаборативной робототехнической системы; проектирование системы мониторинга пожароопасного района беспилотной авиационной системой; интерактивного тестирования готовности к реагированию пожарно-спасательных подразделений; расчет вариантов страхования на случай пожара.

Несмотря на полученные значимые научные результаты по диссертационной работе есть замечания следующего характера:

1. В разделе 2.3 (стр. 71-84) не в полной мере раскрыты вопросы оценивания персональных характеристик руководителя тушения пожара и ЛПР, принимающего участие в ликвидации ЧС, при реализации принципов согласованного управления. Не отражены вопросы о возможной зависимости показателей эффективности управления и принятия решений от персональных характеристик ЛПР с учетом его приобретенных знаний в предметной области.

2. В главе 3 (стр.104-163) рассмотрено моделирование управления ликвидацией пожара с применением моделей простой марковской цепи и управляемой марковской цепи. На основе данных моделей определяется ранга пожара. Однако, в диссертации не приведены правила принятия решений по выбору и использованию соответствующей модели в практике управления ликвидацией пожаров и ЧС.

3. В главе 5 (стр. 224-230) приведены положения по применению риск-ориентированного подхода к оценкам готовности РСЧС к выполнению задач по предназначению. В диссертации используются соответствующие понятия по риск-ориентированному подходу, с отсылкой на работы ряда исследователей. Однако следует отметить, что применяемый риск-ориентированный подход не вполне согласуется с терминологическими понятиями и принципами оценок рисков причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям, которые приведены в Федеральном законе от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

4. В главе 6 (стр. 287-307) рассмотрены положения по применению механизма страхования для возмещения экономического ущерба от пожаров и варианты организации финансирования пожарно-спасательных подразделений через данный механизм с привлечением процедур лизинга и аутсорсинга. Вместе с тем, применение механизма страхования целесообразно рассмотреть не в виде самостоятельного экономического инструмента управления рисками пожаров и ЧС, а в контексте совместного его применения с действующей налоговой системой по возможным финансовым обременениям физических и юридических лиц.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационной работы В.Я. Вилисова, ее научной и практической значимости. Данные замечания носят рекомендательный характер и определяют дальнейшую перспективу по развитию научных исследований соискателя в рассматриваемой предметной области научного знания.

Общее заключение по диссертационной работе В.Я. Вилисова

Диссертационная работа В.Я. Вилисова выполнена на высоком научном уровне, изложена четким научным языком. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. По теме диссертации имеется 67 научных публикаций, в том числе 22 работы в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК России. Опубликовано 4 монографии и получено 7 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ. Материал диссертации неоднократно апробировался на российских и международных научных конференциях.

Представленная на отзыв диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки).

Таким образом, на основе анализа и изучения материалов, приведенных в исследовании, можно заключить, что диссертационная работа Валерия Яковлевича Вилисова, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки), полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора технических наук.

Вышеизложенное позволяет заключить, что автор диссертационной работы, Валерий Яковлевич Вилисов, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки).

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник научно-исследовательского центра организационно-управленческих проблем пожарной безопасности Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

доктор технических наук

 Порошин Александр Алексеевич

«10» февраля 2022 г.

Подпись Порошина Александра Алексеевича заверяю.

Заместитель начальника отдела кадров
ФГБУ ВНИИПО МЧС России



 Волкова Елена Валерьевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России).

Адрес: 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12
Телефон: +7 (495) 521-83-26. Адрес электронной почты: vniipo@vniipo.ru

Вышеизложенное позволяет заключить, что автор диссертационной работы, Валерий Яковлевич Вилисов, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки).

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник научно-исследовательского центра организационно-управленческих проблем пожарной безопасности Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
доктор технических наук


Порошин Александр Алексеевич

«10» февраля 2022 г.

Подпись Порошина Александра Алексеевича заверяю.

Заместитель начальника отдела кадров
ФГБУ ВНИИПО МЧС России




Волкова Елена Валерьевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России).

Адрес: 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12
Телефон: +7 (495) 521-83-26. Адрес электронной почты: vniipo@vniipo.ru