

На правах рукописи



Фам Куок Хынг

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА
УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ВЬЕТНАМА НА
ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Специальность – 2.3.4. Управление в организационных системах
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2022

Работа выполнена 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: доктор технических наук, профессор
Соколов Сергей Викторович

Официальные оппоненты: **Щепкин Александр Васильевич**
доктор технических наук, профессор, ИПУ РАН,
главный научный сотрудник

Семенов Алексей Олегович
кандидат технических наук, доцент, Ивановская
пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
кафедра основ гражданской обороны и управления
в ЧС, начальник

Ведущая организация: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Защита диссертации состоится «21» декабря 2022 г. в 12 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 04.2.002.01, созданного на базе Академии ГПС МЧС России по адресу: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии ГПС МЧС России и на сайте: <https://academygps.ru/upload/iblock/2a4/2a49f21925824f2b9b29102f4e0e9bc9.pdf>

Автореферат разослан «26» октября 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



Р.Ш. Хабибулин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Пожарная охрана и аварийно-спасательные подразделения – это важнейшие структуры, обеспечивающие безопасность общества, его стабильность и дальнейшее успешное функционирование.

Подразделения противопожарной службы (далее – ППС) являются одним из элементов системы обеспечения национальной безопасности Социалистической Республики Вьетнам (далее – СРВ). Защита от различных деструктивных событий (далее – ДС) (пожары, аварии, дорожно-транспортные происшествия, стихийные бедствия и др.) является необходимым условием развития экономики страны.

Недостаточность сил и средств является серьезным препятствием для выполнения поставленных задач в динамично развивающейся индустриальной стране, и рациональное использование человеческих и технических ресурсов и продуманное управление ими может увеличить эффективность деятельности ППС.

Средняя площадь обслуживания одной пожарной части даже в крупных городах Вьетнама составляет 80–90 кв. км, что в 3–4 раза больше, чем в большинстве крупных городов мира.

Статистика противопожарной службы Вьетнама показывает, что в 2020 году время прибытия к месту вызова ППС почти в 40 % случаев превышало 10 мин., за это время пожар распространялся на большую площадь, что, в свою очередь, приводило к необходимости привлечения большого количества сил и средств.

Следует отметить, что для ППС во Вьетнаме установлены стандарты, принятые еще в 1930 году, и в настоящее время в стране нет нормативов и критериев по определению численности ППС.

Поэтому определение необходимой численности и дислокации ППС для каждой административно-территориальной единицы (далее – АТЕ) страны является для Вьетнама весьма актуальной проблемой.

Оптимальным методом решения подобных проблем для АТЕ, имеющих на своей территории множество населенных пунктов является имитационное моделирование. Данный метод позволяют учесть множество топографических особенностей АТЕ и характеристик процесса функционирования ППС. Технологии имитационного моделирования уже давно хорошо зарекомендовали себя при решении проблем, связанных с экспертизой деятельности и проектированием различных экстренных и аварийно-спасательных служб.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в решение проблем оперативного и стратегического управления ППС внесли известные ученые Н.Н. Брушлинский, Н.Г. Топольский, С.В. Соколов, А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Е.М. Алёхин, В.А. Белов, И.А. Захаров, Р. Wagner и многие другие.

В этих исследованиях на основе методов имитационного моделирования детально проработаны вопросы оперативного и стратегического управления ППС в городах и территориях страны. Однако проблемы оценки возможностей ППС с

учётом специфических условий в рамках всей страны в целом ранее не рассматривались.

Сказанное выше позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время вопросы развития и совершенствования деятельности ППС во Вьетнаме на основе применения технологий имитационного моделирования являются весьма актуальными.

Объектом исследования является оперативная деятельность территориальных пожарных подразделений страны.

Предметом исследования являются технологии имитационного моделирования поддержки управления пожарными подразделениями.

Целью исследования является информационно-аналитическая поддержка стратегического управления территориальными пожарными подразделениями страны на основе технологий имитационного моделирования.

Для достижения поставленной цели сформулированы **следующие задачи**:

– исследование и анализ параметров, характеризующих обстановку с пожарами и особенности деятельности противопожарной службы страны;

– оценка основных интегральных пожарных рисков, их динамики и распределения по административно-территориальным единицам (провинциям) страны;

– разработка модели адаптации компьютерной имитационной системы (далее – КИС) «КОСМАС» (**Компьютерная Система Моделирования Аварийных Служб**) к условиям противопожарной службы и территории всей страны в целом и модернизация алгоритмов моделирования;

– оценка возможностей противопожарной службы страны по оперативному реагированию на различные деструктивные события и определение ее перспективных параметров развития.

Методология и методы исследования. Основу теоретических исследований составляли методы системного анализа, математической статистики и имитационного моделирования.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Установлены особенности распределения интегральных пожарных рисков по административно-территориальным единицам (в городах и сельской местности) Вьетнама;

2. Создана информационная модель адаптации имитационной системы к конкретной территории и экстренной службе, позволяющая автоматизировать подготовку исходных данных для имитационной системы;

3. Разработаны алгоритмы моделирования для имитационной системы, учитывающие специфику условий функционирования пожарных подразделений Вьетнама.

Теоретическая значимость работы заключается в создании научного инструментария в виде КИС, базирующейся на модернизированной имитационной модели оперативной деятельности противопожарной службы и позволяющей на уровне страны в целом оценить возможности ППС по оперативному реагированию на различные ДС.

Практическая значимость работы заключается в оценке возможностей ППС страны по оперативному реагированию на различные ДС и определении перспективных параметров развития ППС с учетом их особенностей.

Степень достоверности полученных результатов работы достигнута за счет использования официальных статистических данных, использованием апробированного математического аппарата, проверки адекватности компьютерной имитационной модели, соответствующих цели и задачам исследования.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены на междисциплинарной научно-практической конференции «Наука как призвание: теория и практика» (Москва, 2020 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности» (Москва, 2020–2022 гг.); Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности» (Москва, 2020 и 2022 г.); Международной научно-практической конференции «Роль пожарной охраны в решении нетрадиционных вопросов национальной безопасности» (Институт пожарной безопасности СРВ, Ханой, Вьетнам, 2020 г.); Международной научно-технической конференции «Системы безопасности» (Москва, 2020–2021 гг.); I Международной научно-практической конференции «Системы безопасности», посвященной 100-летию Пожарной охраны Монголии (Улан-Батор, 2021 г.); IX Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов», посвященной 90-летию образования гражданской обороны (Иваново, 2022 г.).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 19 работ, из них 4 – в журналах, включенных в перечень ВАК; 15 докладов и тезисов – в сборниках научных трудов и материалах международных, всероссийских конференций.

Личный вклад автора. Личное участие соискателя, связано с анализом и оценкой рисков исследуемой территории, разработкой информационной модели адаптации имитационной системы, модернизацией ряда алгоритмов имитационной модели процесса функционирования ППС, оценкой возможностей ППС по оперативному реагированию и определением ее перспективных параметров.

Материалы диссертационной работы реализованы:

– в компьютерной имитационной системе «КОСМАС» при разработке информационной модели адаптации системы и модернизации алгоритмов моделирования движения оперативных подразделений по территории и генерирования распределения вызовов по территории;

– работе Главного управления пожарной охраны (далее – ГУПО) и аварийно-спасательной службы (далее – АСС) Министерства общественной безопасности (далее – МОБ) СРВ;

- учебном процессе Института пожарной безопасности МОБ СРВ;
- учебном процессе Академии ГПС МЧС России при изучении дисциплин «Математические методы и модели управления в противопожарной службе».

Практическое применение результатов исследования подтверждается актами внедрения.

На защиту выносятся следующие положения:

- результаты анализа динамики и распределения интегральных пожарных рисков по территории страны;
- информационная модель адаптации имитационной системы для конкретной территории и экстренной службы и алгоритмы моделирования, учитывающие специфику условий функционирования ППС Вьетнама;
- результаты оценки возможностей ППС по оперативному реагированию на различные ДС на основе технологий имитационного моделирования и определения перспективных параметров развития ППС страны.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка используемых сокращений, списка литературы и двух приложений. Общий объем диссертационной работы – 219 страниц машинописного текста. Работа иллюстрирована 63 рисунками и содержит 57 таблиц. Список литературы включает в себя 93 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ обстановки с пожарами и проблемы обеспечения пожарной безопасности в населенных пунктах Вьетнама» приведены особенности современного состояния и функционирования ППС Вьетнама, представлен анализ параметров, характеризующих обстановку с пожарами во Вьетнаме. Проведено обоснование цели и задач исследования.

В настоящее время СРВ имеет территорию более 331 тыс. кв. км, на которой в 2020 году проживало 97,7 млн человек. Экономика СРВ может быть охарактеризована как динамично развивающаяся, имеющая хороший потенциал устойчивого роста. На фоне эпидемиологического кризиса СРВ остается одним из двух государств в Азии, достигших положительного экономического роста.

Серьезным препятствием для дальнейшего ускорения экономического роста Вьетнама может стать ущерб от пожаров и других ДС.

Статистика показывает, что число пожаров и ущерб от них имеет возрастающий тренд. Такая динамика связана с развитием экономики Вьетнама за последние годы в сочетании с ростом урбанизации, промышленных зон, технопарков, торговых центров, но основной ее причиной является недостаточная численность сил и средств ППС (рисунок 1).

Согласно статистике ГУПО и АСС Вьетнама, за период с 2010 по 2020 годы в стране было зарегистрировано 31 508 пожаров, при которых погибло 864 человека и травмировано 1998 человек. Размер ущерба составил около 634,66 млн долларов. Произошло также 3 375 лесных пожаров с ущербом в 17 690,7 гектаров леса (рисунок 2).

Примерно 22 % всего населения Вьетнама в 2020 году проживало в 5 крупнейших городах (Ханой, Хошимин, Хайфонг, Дананг, Кантхо), в этих же городах происходит 36 % всех пожаров, при которых погибает 25 % людей от общего числа погибших при пожарах и 43 % травмируется, а ущерб от пожаров составляет 6 % от общего ущерба.

Пожарные части (далее – ПЧ) являются основной силой, непосредственно вовлеченной в ликвидацию различных деструктивных событий. В 63 провинциях и городах Вьетнама имеется, в среднем, 4–5 ПЧ на каждую провинцию.

Даже в крупнейших городах Вьетнама количество ПЧ и личного состава не соответствует фактическим потребностям и пожарной обстановке. Например, в Ханое имеется только 26 ПЧ (на 3359 км²), в Хошимине – 23 ПЧ (на 2095 км²). В настоящее время в крупнейших городах Вьетнама одна ПЧ обслуживает примерно 269 тыс. чел. и площадь 80–90 км², в то время как в других крупнейших городах мира указанное отношение во много раз ниже.

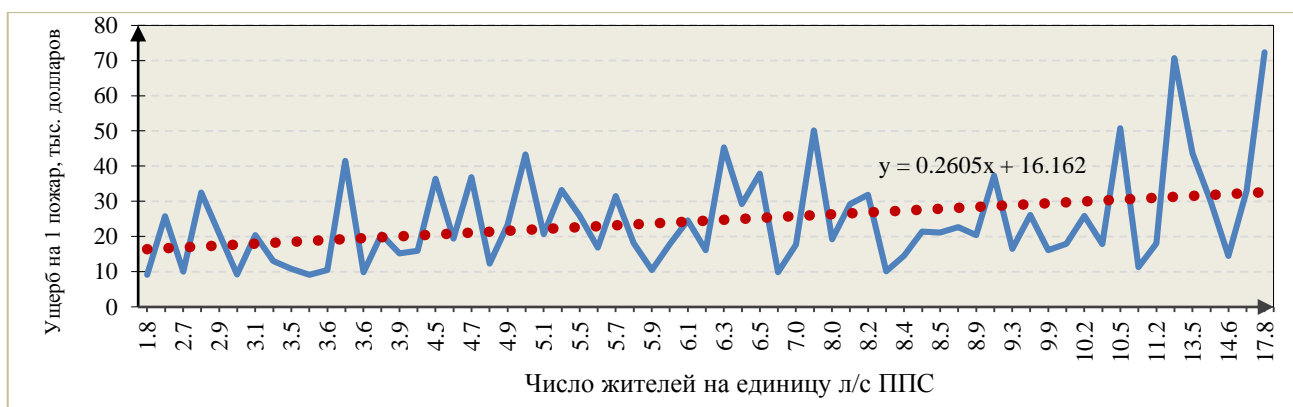


Рисунок 1 – Зависимость ущерба на 1 пожар от численности жителей, приходящейся на единицу численности личного состава ППС в провинциях и городах Вьетнама (среднее за 2017–2020 гг.)

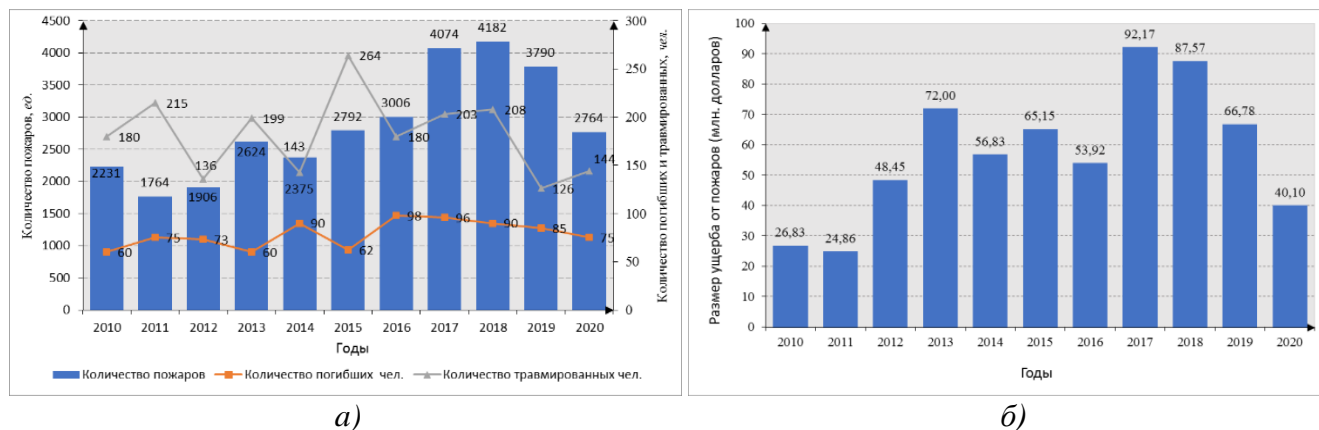


Рисунок 2 – Анализ оперативной обстановки с пожарами за период с 2010 по 2020 гг. во Вьетнаме: а) количество пожаров, погибших и травмированных людей на пожарах (ед.); б) размер ущерба от пожаров (млн долларов)

Общая численность личного состава ППС и АСС провинций и городов Вьетнама составляет 16 533 человека, в том числе личный состав (пожарные) пожарных частей – 9801 человек. На вооружении подразделений ППС находятся 2 297 технических средств для борьбы с пожарами и транспортировки личного состава к месту вызова, в том числе 1 680 пожарных автомобилей различного назначения, которые дислоцируются в 268 ПЧ (т.е. на каждую ПЧ приходится, в среднем, 6 пожарных автомобилей и 36 человек личного состава).

Следует отметить, что в настоящее время во Вьетнаме недостаточно разработаны подходы к определению численности и размещения сил и средств ППС и АСС. Возникает много вопросов, связанных с дислокацией и численностью ППС на территории Вьетнама (ПЧ, техника, оборудование и личный состав).

Поэтому целью настоящего исследования является разработка научного инструментария и научно-обоснованных рекомендаций по совершенствованию стратегического управления деятельностью ППС Вьетнама на основе использования технологий имитационного моделирования.

Для достижения указанной цели необходимо было учесть особенности исследуемой территории и процесса функционирования ППС:

- различная численность сил и средств ППС и разная ситуация с конкретными видами ДС (пожары, аварии, дорожно-транспортные происшествия, стихийные бедствия и др.) в населенных пунктах Вьетнама;
- распределения плотности населения по территориальным образованиям, появление новых микрорайонов, увеличение плотности застройки;
- расстояния между населенными пунктами, дислокация ППС;
- дорожные условия в регионах, обусловленные сезонным характером связи с некоторыми отдаленными поселениями или отсутствием дорог, пригодных для движения пожарной техники.

В полной мере учесть все указанные особенности можно, используя технологии имитационного моделирования, которые практически не имеют ограничений в детализации описываемых процессов.

Во второй главе «Анализ основных интегральных пожарных рисков Вьетнама» обобщены и представлены результаты математико-статистического анализа и сравнительной оценки относительных параметров пожарной опасности городов и провинций Вьетнама. В качестве методологической основы и научного инструментария была выбрана теория территориальных интегральных пожарных рисков. Получены сравнительные данные значений основных территориальных пожарных рисков во Вьетнаме и всех странах мира, а также детализированное распределение исследуемых показателей по 63 провинциям СРВ за последние 11 лет (2010–2020 гг.). Представлено математико-статистическое исследование и определение закономерности деятельности оперативных отделений ППС.

Для оценки обстановки с пожарами во Вьетнаме автор исследования использовал интегральные (или территориальные) пожарные риски.

Интегральный пожарный риск – количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности и её последствий на территории,

измеряемая в соответствующих единицах. К основным интегральным пожарным рискам (далее – пожарным рискам) можно отнести следующие: R_1 – риск для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени [пожар/чел.·год]; R_2 – риск для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой) [жертва/пожар·год]; R_3 – риск для человека погибнуть при пожаре за единицу времени [жертва/чел.·год]; R_4 – риск для человека травмироваться при пожаре [травма/пожар] и R_5 – риск для человека травмироваться от пожара в течение года [травма/чел.·год].

Проведен сравнительный анализ пожарных рисков по странам мира и определен их рейтинг для Вьетнама. Анализ показал, что риски R_1 и R_3 во Вьетнаме имеют весьма низкие значения, которые в десятки раз меньше среднемирового уровня, а риск R_2 в 3 раза превышает средний уровень по представленным странам. Такие показатели рисков наблюдаются во Вьетнаме уже давно и можно констатировать, что обстановка с пожарами в стране вполне благополучная (такая же картина характерна для всех стран азиатского бассейна), а высокие значения риска R_2 связаны с тем, что пожаров в стране очень мало, так как в основном, регистрируются только пожары в зданиях и сооружениях.

Результаты исследования динамики пожарных рисков во Вьетнаме за период с 2010 по 2020 гг. представлены в таблице 1.

Как видно, исследуемые за указанный период риски имеют разные тренды. Например, риск R_1 имеет возрастающую динамику, и его значение за прошедшие 11 лет увеличилось почти в 2 раза. Риск R_2 имеет относительно стабильную динамику за последние 11 лет. Риск R_3 имеет слабо возрастающий тренд, значения этого риска за исследуемый период колебались в диапазоне от 0,7 до 1 погибшего на 1 млн чел. в год. Риски R_4 и R_5 , связанные с травмированием людей при пожарах, имеют нисходящую динамику, и их значения за исследуемый период колебались в диапазонах: R_4 от 4,4 до 11,9 травмированных на 100 пожаров, R_5 от 1,3 до 2,8 травмированных на 1 млн чел. Средний ущерб, приходящийся на один пожар, имеет в разные периоды восходящую и нисходящую динамику. Значение этого показателя в течение 11 лет колебалось в диапазоне от 12 до 27 тыс. долларов.

В результате проведенного анализа динамики пожарных рисков во Вьетнаме можно констатировать следующее: при возрастающем тренде риска столкнуться с пожаром во Вьетнаме за последние 11 лет риски социальных и материальных потерь от пожаров либо снижаются (R_2 , R_4 и R_5), либо имеют слабо выраженный возрастающий тренд (R_1 , R_3 и средний ущерб на один пожар).

Таблица 1 – Значения интегральных пожарных рисков во Вьетнаме за 2010–2020 гг.

Пожарный риск	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
R_1 [пожар/ 10^6 чел. год]	25,2	19,7	21,1	28,7	25,7	29,9	31,8	42,7	43,6	39,4	28,3
R_2 [жертва/ 10^2 пожаров]	2,7	4,3	3,8	2,3	3,8	2,2	3,3	2,4	2,2	2,2	2,7
R_3 [жертва/ 10^6 чел. год]	0,7	0,8	0,8	0,7	1,0	0,7	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
R_4 [травма/ 10^2 пожаров]	5,6	11,9	10,6	6,9	6,0	4,9	6,6	4,4	6,3	5,7	5,2
R_5 [травма/ 10^6 чел. год]	2,0	2,4	1,5	2,2	1,5	2,8	1,9	2,1	2,2	1,3	1,5

Далее в работе проведен детальный анализ обстановки с пожарами в городах и сельской местности Вьетнама и анализ распределения пожарных рисков по провинциям Вьетнама.

В таблице 2 представлены результаты расчетов пожарных рисков в городах и сельской местности Вьетнама за 5 лет (2016–2020 гг.). По результатам расчетов можно сказать, что в среднем за 5 лет все риски в городах значительно выше, чем в сельской местности: R_1 в 2,5 раза, R_2 в 1,5 раза, R_3 в 3,6 раза. Данный факт существенно отличает Вьетнам от многих стран мира, где риски в сельской местности значительно выше, чем в городах (Россия, США, Великобритания и др.).

Этот факт подтверждает и вычисленное значение комплексного показателя пожарной опасности сельской местности $K_{\text{ПО}}^c$ (таблица 3).

Также представлено распределение основных пожарных рисков по провинциям Вьетнама. Как видно из рисунка 3, распределение риска R_1 по провинциям Вьетнама весьма неоднородно. Вариационный размах данного риска составляет 145 единиц при среднем значении 27 пожаров на 1 млн чел. в год. Например, риск столкнуться с пожаром для жителей провинции Куангтуй почти в 150 раз выше, чем для жителей провинции Винглонг.

При анализе рисков R_2 и R_3 , связанных с гибелью людей при пожарах, видно, что в половине провинций страны в 2020 году вообще никто не погиб при пожарах. В провинциях, где были зарегистрированы погибшие при пожарах, риски R_2 и R_3 имеют существенную вариацию. Например, при среднем значении риска R_2 , равном 3,56 жертв на 100 пожаров, его минимальное значение соответствует 1,23 жертв на 100 пожаров, а максимальное – 25 жертв на 100 пожаров, т.е. в 20 раз больше. Вариация риска R_3 по исследуемым провинциям существенно меньше, при среднем значении 0,82 жертв на 1 млн чел. в год, максимальное значение риска в 20 раз превышает его минимальное значение.

Таблица 2 – Интегральные пожарные риски в городах и сельской местности во Вьетнаме за 5 лет (2016–2020 гг.)

Годы	Количество пожаров на 1000000 человек (R_1)			Количество погибших на 100 пожаров (R_2)			Количество погибших на 1000000 человек (R_3)		
	страна	город	село	страна	город	село	страна	город	село
2016	31,8	54,3	20,2	3,3	3,8	2,5	1,0	2,0	0,5
2017	42,7	76,1	25,0	2,4	2,7	1,9	1,0	2,0	0,5
2018	43,6	74,6	26,0	2,2	2,3	1,9	0,9	1,7	0,5
2019	39,4	59,7	28,7	2,2	2,9	1,5	0,9	1,8	0,4
2020	28,3	39,3	21,6	2,7	3,4	2,0	0,8	1,3	0,4
Итого	37,1	60,5	24,3	2,5	2,9	1,9	0,9	1,8	0,5

Таблица 3 – Значения комплексного показателя пожарной опасности сельской местности $K_{\text{ПО}}^c$

Год	$\frac{R_1^c}{R_1^c}$	$\frac{R_2^c}{R_2^c}$	$\frac{R_3^c}{R_3^c}$	$K_{\text{ПО}}^c$
2016	0,37	0,66	0,25	0,06
2017	0,33	0,70	0,25	0,06
2018	0,35	0,83	0,29	0,08
2019	0,48	0,52	0,22	0,05
2020	0,55	0,59	0,30	0,09

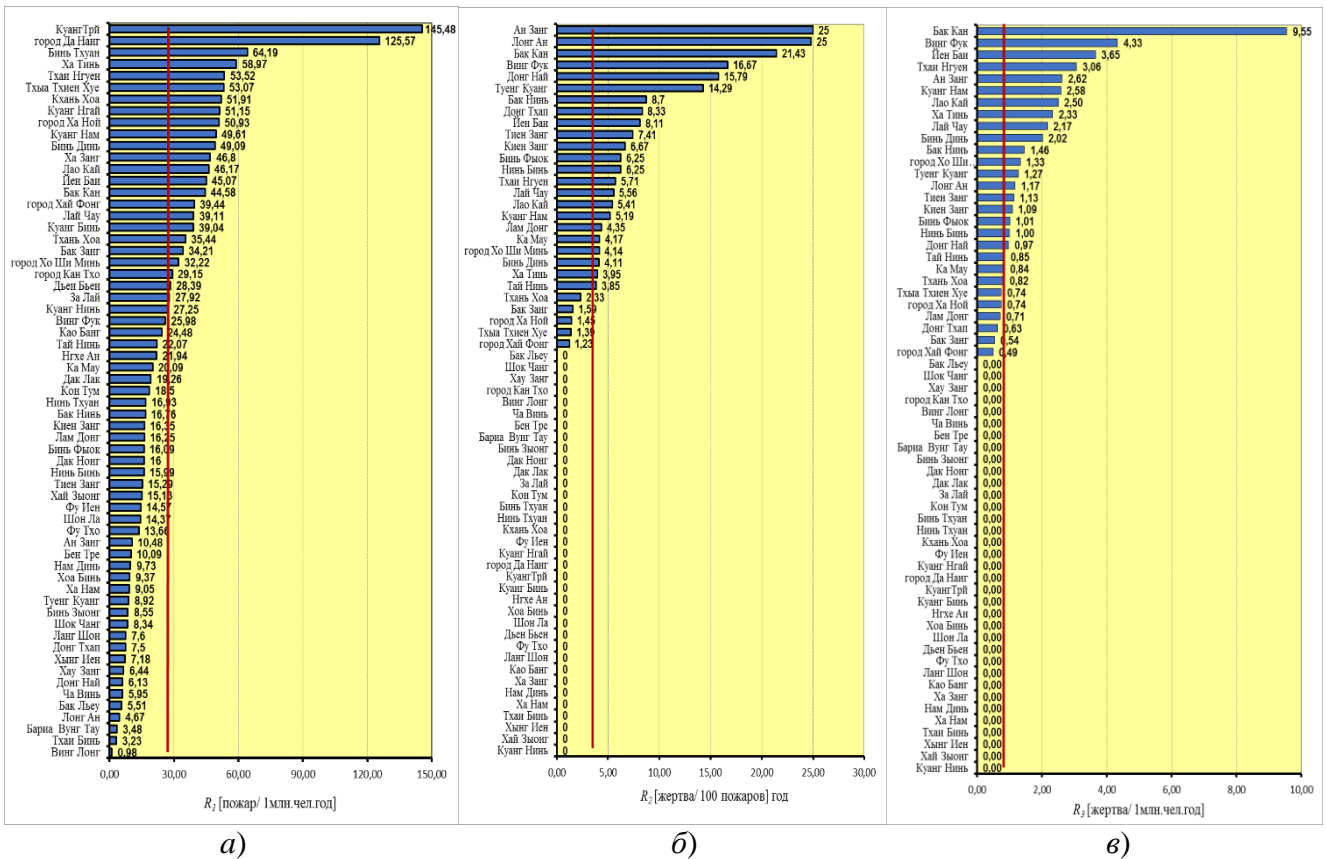


Рисунок 3 – Распределение риска по провинциям Вьетнама в 2020 г.:

а) R_1 [пожар/1 млн.чел.год]; б) R_2 [жертва/100 пожаров]; в) R_3 [жертва/1 млн.чел.год]

Для построения и использования моделей процесса функционирования ППС необходимо проверить, насколько адекватно описывают модельные распределения реальные статистические распределения. В ходе проведенного исследования были проанализированы статистические распределения потоков вызовов ППС и временные характеристики процесса их функционирования.

Для каждого обследованного населенного пункта определялось эмпирическое распределение числа вызовов подразделений ППС в единицу времени и с помощью соответствующих критериев согласия (критерий Романовского) оценивалась степень близости полученных эмпирических распределений к распределению Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где $P_k(t)$ – вероятность того, что за время t поступит k вызовов подразделений ППС; λ – среднее число вызовов подразделений ППС в единицу времени; $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

В работе показано, что распределение числа вызовов подразделений ППС по суткам за 6 месяцев 2020 года хорошо описываются распределением Пуассона (рисунок 4).

При исследовании распределения вызовов пожарных подразделений во времени было установлено, что процесс функционирования пожарных подразделений во Вьетнаме, как и в других крупных территориальных образованиях, имеет нестационарный характер, т.е. существенно зависит от месяца года, дня недели и часа суток.

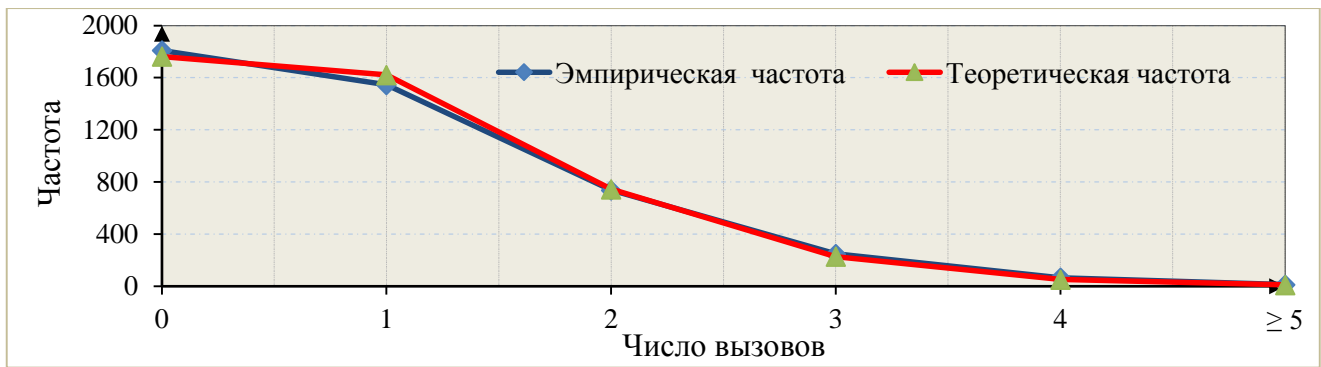


Рисунок 4 – Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения числа вызовов пожарных подразделений Вьетнама за 6 месяцев в 2020 г.

В частности, в январе 2020 года было зафиксировано число вызовов, более чем в 1,6 раза превышающее количество вызовов в мае и августе того же года. По дням недели изменение количества вызовов составляет 10–15 %. Для часов дня число вызовов в диапазоне от 0 до 4 часов превышает число вызовов утром с 5 до 12 часов почти в 2,5 раза, а днем и вечером – в 2 раза.

Исследование временных характеристик оперативной деятельности ППС Вьетнама показало, что они хорошо описываются распределениями Эрланга 0-4 порядка:

$$f(t) = \mu \left[\frac{(\mu t)^r}{r!} \right] e^{-\mu t} \quad (\tau \geq 0; r = 0, 1, 2, \dots), \quad (2)$$

где $\mu = (r + 1)/\tau_{\text{ср}}$ – постоянный параметр этого распределения; $\tau_{\text{ср}}$ – среднее значение изучаемой случайной величины (временной характеристики); r – порядок распределения.

Для анализа всех временных характеристик функционирования ППС Вьетнама были взяты вызовы, зафиксированные ГУПО и АСС за 2020 год. За данный период ППС выезжали на тушение пожаров 2764 раза.

Например, на рисунке 5 представлено сравнение эмпирического и теоретического распределений времени следования к месту вызова ППС. Из рисунка 5 следует, что для исследования частотных распределений по интервалам времени следования ППС может быть применен показательный закон вероятностного распределения. По результатам исследования был сделан вывод об удовлетворительном соответствии эмпирического и теоретического распределений.

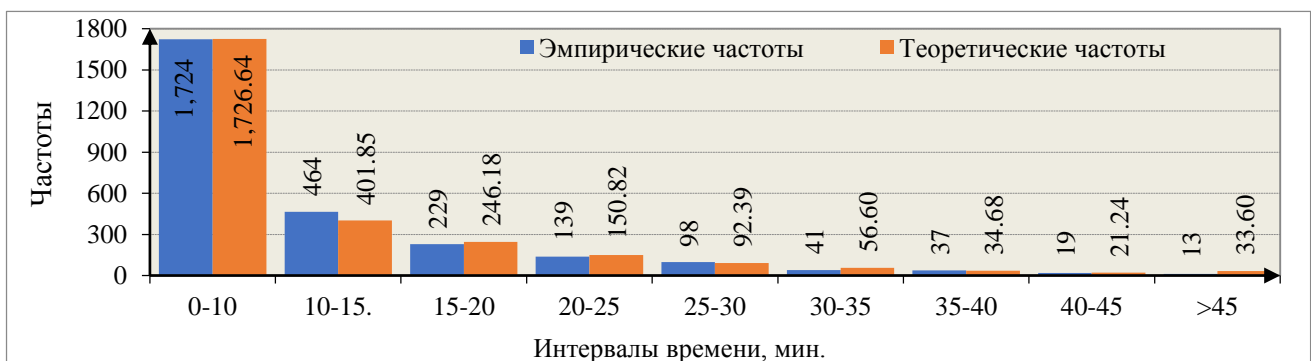


Рисунок 5 – Сравнение эмпирического и теоретического распределений времени следования к месту вызова ППС

В третьей главе «Адаптация имитационной системы к условиям Вьетнама и ее модернизация» представлены результаты разработки модернизированных алгоритмов компьютерной имитационной системы «КОСМАС» (Компьютерная Система Моделирования Аварийных Служб) для противопожарной службы Вьетнама. Описаны особенности процесса создания моделей адаптации и модернизации алгоритмов моделирования имитационной системы для противопожарной службы Вьетнама, представлены результаты проверки адекватности результатов имитационного моделирования.

Под КИС деятельности ППС понимается совокупность имитационной модели процесса функционирования ППС и целого комплекса программных средств, обеспечивающих управление вводом, обработкой и изменением исходных данных; проведением имитационных экспериментов; обработкой и анализом результатов моделирования. Такой системой является имитационная система «КОСМАС», разработанная специалистами Академии ГПС МЧС России.

Имитационная система «КОСМАС» – это программный продукт, объединяющий в единую систему сложный комплекс компьютерных программ, воспроизводящий алгоритмы, последовательно описывающие (имитирующие) все детали процесса функционирования ППС с сохранением его логической структуры и всей необходимой информации о состоянии службы и позволяющий проводить исследование и экспертизу практически всех сторон оперативной деятельности ППС. На рисунке 6 представлены фрагменты работы системы «КОСМАС».

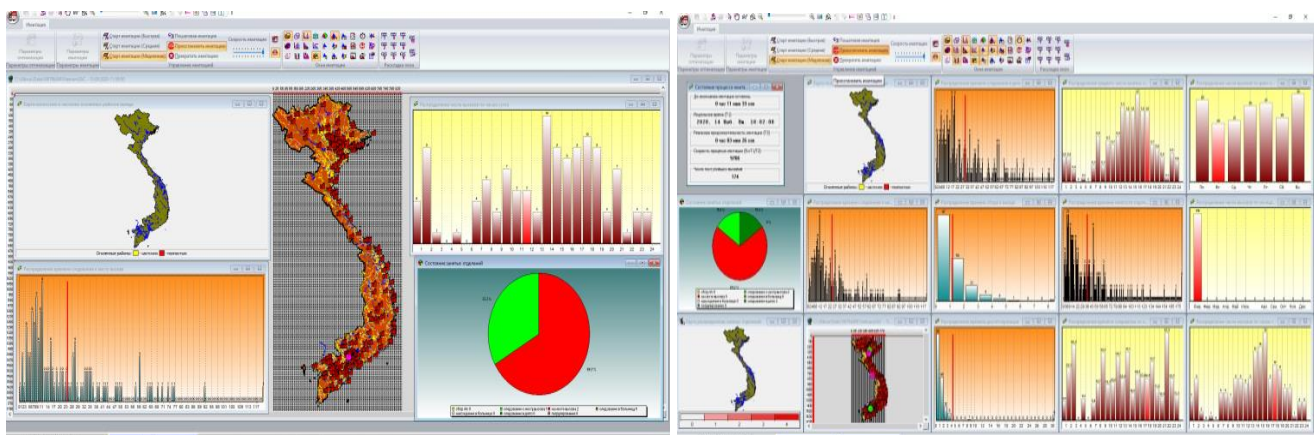


Рисунок 6 – Фрагменты работы КИС, адаптированной к условиям ППС Вьетнама

Для адаптации имитационной системы «КОСМАС» к условиям противопожарной службы Вьетнама была разработана информационная модель (см. рисунки 7 и 8), которая явилась отдельной структурной единицей имитационной системы. Данная модель позволяет автоматизировать подготовку исходных данных для имитационной системы.

Основными составляющими информационной модели являются:

- модуль гео-сопряжения исходных данных. В данном модуле производится привязка исходных данных к электронной карте территории;
- модуль реструктуризации исходных данных. В данном модуле производится форматирование данных к виду, используемых в КИС.

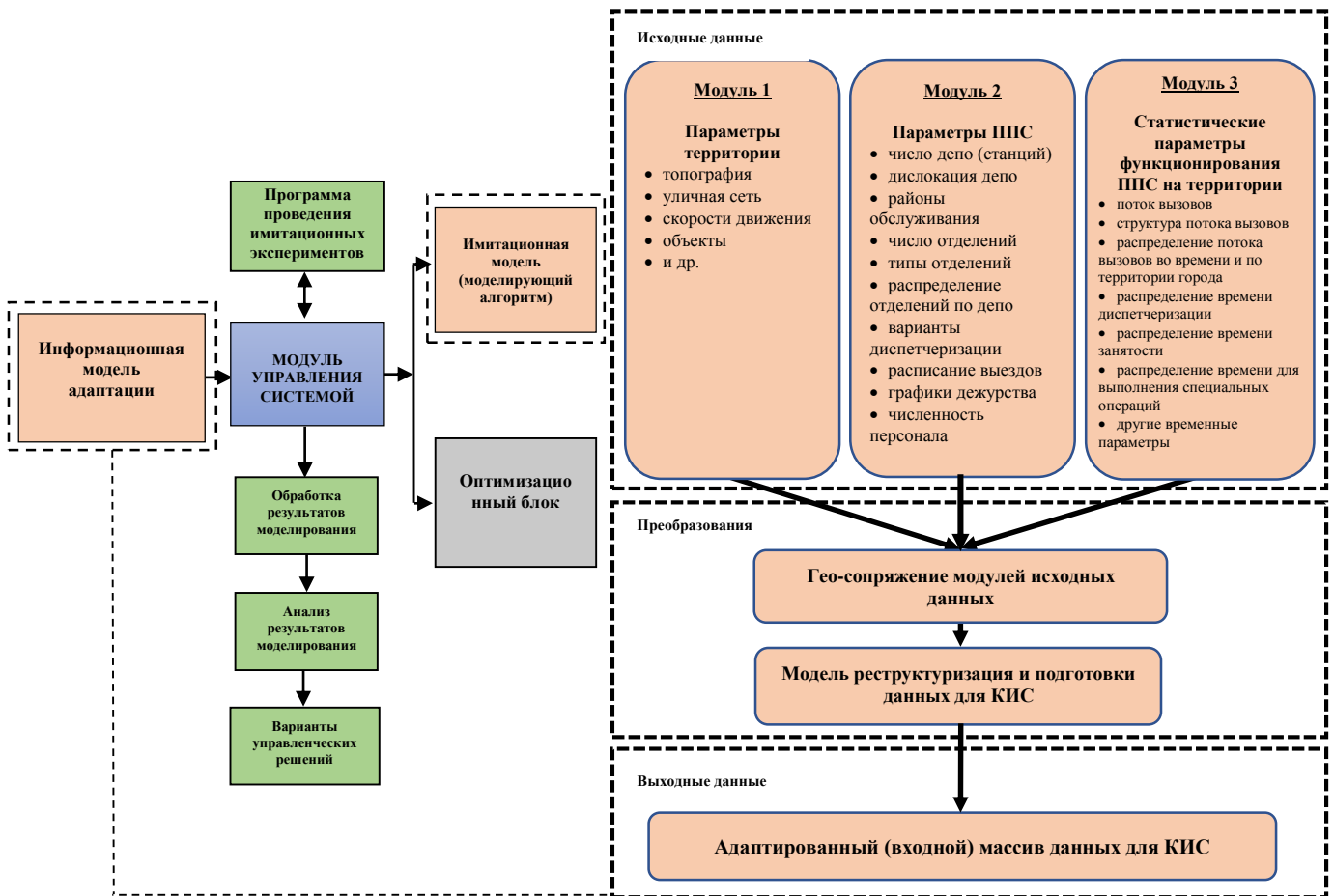


Рисунок 7 – Структурная схема КИС

Рисунок 8 – Схема информационной модели адаптации КИС к конкретной службе и территории

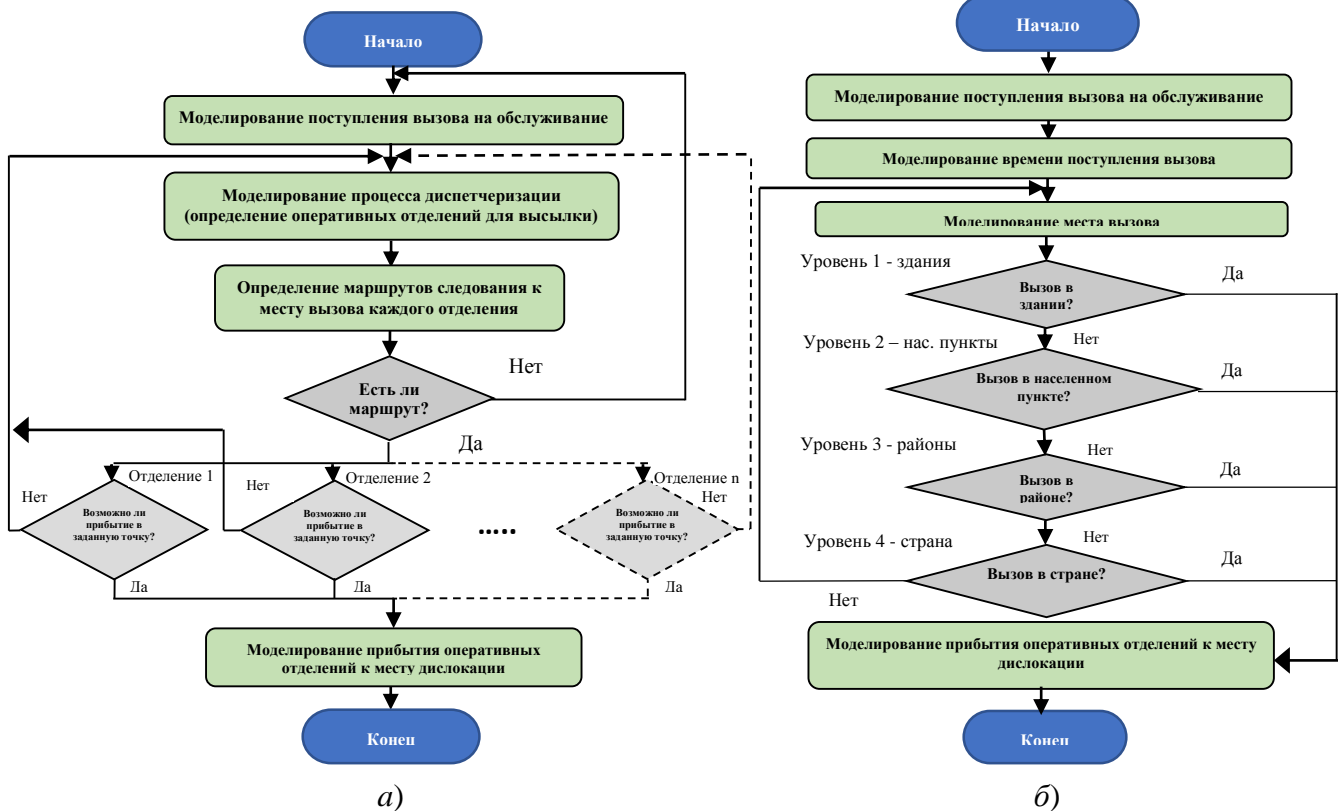


Рисунок 9 – Укрупненные алгоритмы: а) маршрутизации оперативных отделений; б) моделирования распределения плотности потока вызовов по территории

При адаптации КИС для Вьетнама были разработаны дополнительные моделирующие алгоритмы (рисунок 9), учитывающие специфические характеристики оперативной деятельности ППС на всей территории Вьетнама. К таким особенностям относятся: 1) моделирование движения пожарных автомобилей ППС на территории Вьетнама с учетом сезонности, типов дорог или их отсутствия; 2) моделирование плотности распределения потока вызовов на территории Вьетнама с учетом неоднородности территории. Разработанные алгоритмы значительно расширяют возможности имитационной модели при моделировании процесса функционирования ППС.

После адаптации КИС к современным условиям Вьетнама и её ППС была произведена настройка системы и проверка адекватности результатов моделирования реальным данным оперативной деятельности ППС Вьетнама за 2019–2020 годы. Погрешность результатов моделирования по основным статистическим распределениям, в целом, не превышает 5–10 %.

При сравнении реальных распределений с распределениями, полученными в результате моделирования, было установлено, что расхождения распределения вызовов во времени составляют: по месяцам года 0,6–10,3 %, по дням недели 0,1–3,7 %, по часам суток 1,4–67,4 %; по типам вызовов 0,2–11,4 % в зависимости от частоты вызовов; по времени следования 1,8–52,4 %, по времени обслуживания вызовов 2,4–38,1 %. Сравнение реальных данных с результатами моделирования подтвердило адекватность предложенных моделей.

Таким образом, можно сделать вывод об их достаточно хорошей сходимости и возможности их использования для дальнейшего исследования (рисунки 10-14).

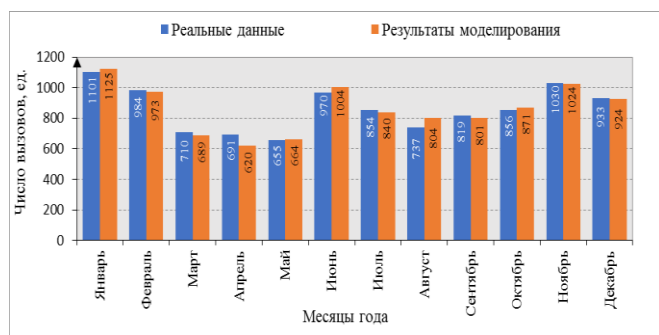


Рисунок 10 – Распределение реальных данных и результатов моделирования числа вызовов по месяцам

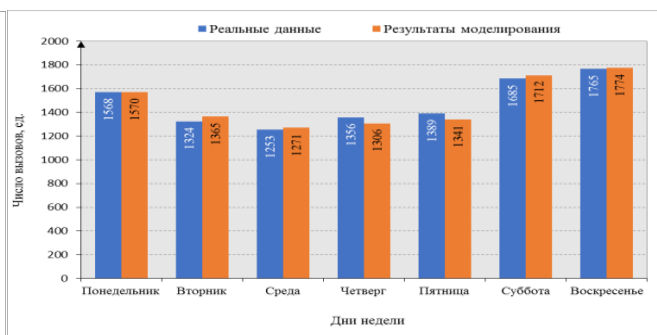


Рисунок 11 – Распределение реальных данных и результатов моделирования числа вызовов по дням недели

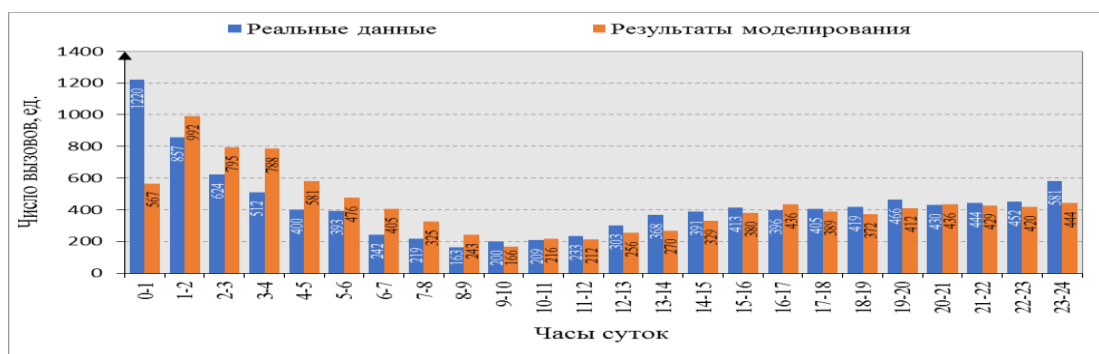


Рисунок 12 – Распределение реальных данных и результатов моделирования по часам суток



Рисунок 13 – Распределение реальных данных с результатами моделирования вызовов по времени следования к месту вызова

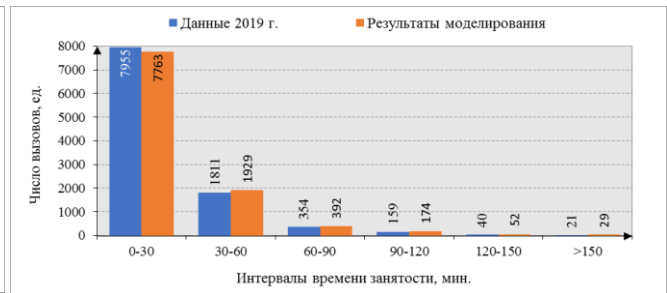


Рисунок 14 – Распределение реальных данных с результатами моделирования времени занятости на месте вызова

В четвертой главе «Оценка возможностей подразделений противопожарной службы Вьетнама на основе технологий имитационного моделирования» произведена оценка численности сил и средств ППС Вьетнама и их возможностей ППС по оперативному реагированию на различные ДС, происходящие на территории страны с помощью методов имитационного моделирования. Определены места оптимальной дислокации новых ППС.

Все существующие на сегодняшний день подходы к обоснованию необходимого числа ППС позволяют успешно решать задачи их организации в отдельных населенных пунктах. Чтобы решить аналогичную задачу для территории страны в работе была предложена схема, суть которой заключается в следующем: 1) производится распределение населенных пунктов Вьетнама по категориям, в зависимости от численности населения; 2) определяются основные параметры оперативной обстановки в населенных пунктах различной категории; 3) производится расчет необходимой численности сил и средств ППС для населенных пунктов каждой категории; 4) при помощи методов имитационного моделирования производится уточнение расчетов с учетом реальных условий функционирования ППС и оценка их возможностей.

В работе проведен анализ распределения численности населения и параметров оперативной обстановки с пожарами по населенным пунктам Вьетнама. Основные результаты представлены в таблице 4.

Определение необходимого числа пожарных депо для малых, больших и крупных городов производилась по следующему выражению:

$$N_{ПД} = \frac{0,4 \cdot k_n^2 \cdot S}{V_{ср.сл.}^2 \cdot \tau_{ср.сл.}^2}, \quad (3)$$

где S – площадь территории населенного пункта ($км^2$); k_n – коэффициент непрямолинейности уличной сети (безразмерный); $V_{ср.сл.}$ – средняя скорость движения пожарных автомобилей ($км/мин$); $\tau_{ср.сл.}$ – среднее время следования первого ППС к месту вызова (мин).

Для оценки вероятностных характеристик функционирования пожарных автомобилей использовалось следующее выражение:

$$P_0 = e^{-\alpha}; P_j = \frac{\alpha}{j} \sum_{i=0}^{j-1} (j-i) a_{j-i} P_i \quad (j=1, 2, \dots), \quad (4)$$

где $\alpha = \lambda \cdot \tau_{ср.}$ – приведенная плотность потока вызовов (λ – интенсивность потока вызовов, $\tau_{ср.}$ – средняя продолжительность одного вызова).

Для оценки риска такого события, когда населенному пункту потребуется больше автомобилей, чем имеется, использовалось следующее выражение:

$$R = P_{>n} = 1 - (P_0 + P_1 + \dots + P_n), \quad (5)$$

где P_0, P_1, \dots, P_n – вероятности того, что в произвольный момент времени обслуживанием вызовов будут заняты 0 АЦ, 1 АЦ, ..., n АЦ.

Таблица 4 – Распределение численности населения и основных параметров оперативной обстановки по населенным пунктам Вьетнама в 2020 году

№ п/п	Градация	Население, чел.	Число населенных пунктов	Средняя численность населения	Среднее число вызовов (выездов) на 1 населенный пункт		Среднее число пожаров на 1 населенный пункт в год
					В год	В сутки	
Сельские населенные пункты (СНП) и Райцентры (поселки городского типа)							
1	Малые	≤ 100	15216	30	0,0004	$1,08 \cdot 10^{-6}$	0,0001
		101–200	20130	122	0,004	$1,22 \cdot 10^{-5}$	0,0014
		201–500	22110	202	0,014	$3,97 \cdot 10^{-5}$	0,0051
		501–1000	21118	541	0,037	$1,00 \cdot 10^{-4}$	0,0125
2	Средние	1001–2000	29291	1129	0,044	$1,21 \cdot 10^{-4}$	0,0148
3	Крупные	2001–5000	1615	2086	0,419	$1,15 \cdot 10^{-3}$	0,1375
4	Райцентры	5001–10000	1154	5012	0,659	$1,81 \cdot 10^{-3}$	0,2226
Всего СНП		61 027 110	110 634	552	0,035	$9,69 \cdot 10^{-5}$	0,0119
Города							
5	Малые	10001–49999	3	44770	32,67	0,0895	10,0000
		50000–99999	10	78305	47,10	0,1290	15,5000
		100000–499999	60	166402	6,15	0,0168	2,0000
6	Большие	500000–999999	6	556267	70,33	0,1927	22,8330
7	Крупные	1000000–10000000	6	3748488	462,17	1,2292	166,8330
Всего города		36 730 000	85	432 118	48,62	0,1332	16,9760
Всего		97 757 110	110 719	883	0,07	0,0002	0,0250

В таблице 5 представлены существующая численность ППС (пожарных депо и пожарных автомобилей) и расчетная максимальная численность для всех категорий населенных пунктов Вьетнама. Расчетная численность подразделений ППС превышает существующую численность на 149 подразделений (пожарных депо). Расчет численности для каждого населенного пункта производился автономно, т.е. без учета их взаимного расположения.

Далее с помощью КИС «КОСМАС» производилось уточнение результатов проведенных расчетов с учетом численности ППС во всех населенных пунктах и оценка возможностей ППС Вьетнама по реагированию на различные ДС с учетом топографических условий территории страны, параметров дорожной сети и статистических закономерностей функционирования пожарных подразделений.

Предварительный анализ реагирования подразделений ППС Вьетнама, проведенный с помощью КИС, показал, что только 48,7 % всех зданий и сооружений (рассматривались 436 414 зданий и сооружений, имеющих на территории страны, находятся в 10-минутной зоне прибытия подразделений ППС, 81 % – в 20-минутной зоне прибытия и 93,1 % – в 30-минутной зоне прибытия. В зоне прибытия более одного часа находятся 2,3 % всех зданий и сооружений.

Таблица 5 – Распределение существующей численности и результаты расчетов максимальной необходимой численности территориальных сил и средств ППС в населенных пунктах

№ п/п	Градация	Население, чел.	Число населенных пунктов	Средняя численность населения	Число депо		Численность л. с.		Основные ПА (АЦ)		Специальные ПА (АЛ)	
					Сущ.	Расчет.	Сущ.	Расчет.	Сущ.	Расчет.	Сущ.	Расчет.
Сельские населенные пункты (СНП) и поселки городского типа												
1	Малые	≤100	15216	30	38	38	626	696	58	58	–	–
		101–200	20130	122								
		201–500	22110	202								
		501–1000	21118	541								
2	Средние	1001–2000	29291	1129	24	24	350	456	38	38	–	–
3	Крупные	2001–5000	1615	2086	21	40	325	480	35	40	–	–
4	Райцентры	5001–10000	1154	5012	19	30	338	540	23	30	12	30
Всего по СНП		61 027 110	110 634	552	102	132	1639	2172	154	166	12	30
Города												
5	Малые	10001–49999	3	44770	4	6	112	276	16	20	2	6
		50000–99999	10	78305	10	20	462	1080	64	80	7	20
		100000–499999	60	166402	68	120	3774	9360	629	720	64	120
6	Большие	500000–999999	6	556267	12	19	427	900	55	66	10	18
7	Крупные	1000000–10000000	6	3748488	72	120	3387	4752	345	359	69	74
Всего по городам		36 730 000	85	432 118	166	285	8162	16 368	1109	1245	152	238
Всего		97 757 110	110 719	883	268	417	9801	18 540	1263	1411	164	268

На рисунке 15 представлены фрагменты распределения участков территории Вьетнама по времени прибытия территориальных ППС. На этих рисунках хорошо видны те участки территории, которые находятся в различных зонах по времени прибытия.

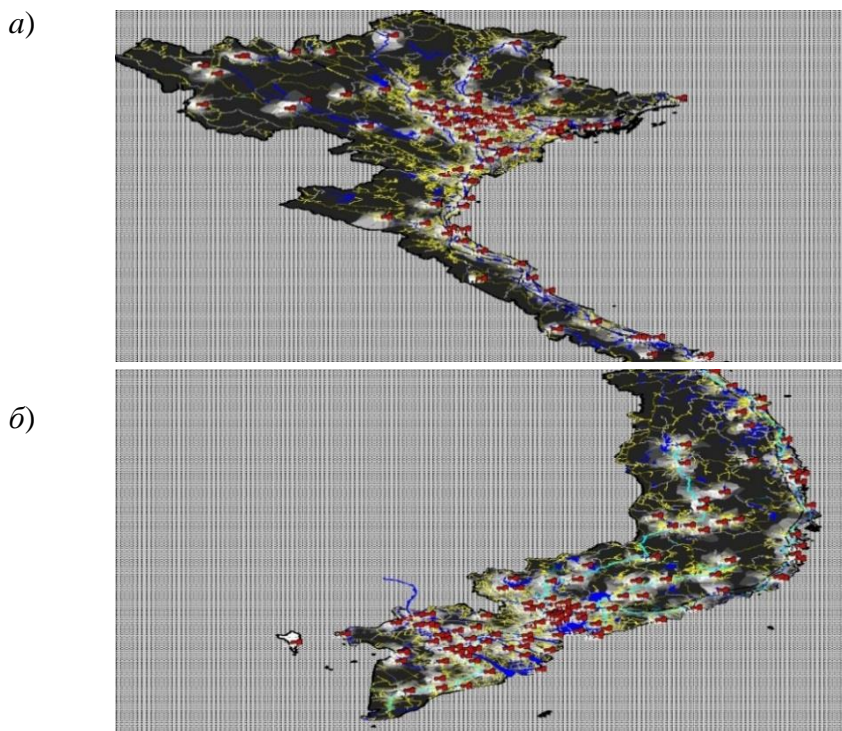


Рисунок 15 – Покрытие по времени прибытия территории Вьетнама:
 а) северная часть страны; б) южная часть страны
 (темные участки территории обозначают время прибытия более 30 мин.)

Представленные на рисунках карты достаточно наглядно демонстрируют зоны, где время прибытия ППС превышает различные пороговые значения и позволяют определить возможные (потенциальные) места дислокации новых ППС.

Для определения потенциальных мест дислокации новых ППС был проведен целый ряд имитационных экспериментов.

Все эксперименты проводились КИС в автоматическом режиме: КИС устанавливала новое депо (с двумя автомобилями), моделировала функционирование ППС в течение 365 суток, запоминала параметры моделирования, с заданным шагом меняла дислокацию нового депо. Процесс эксперимента повторялся до тех пор, пока не были опробованы все потенциальные места дислокации. Далее система сравнивала все результаты по выбранному критерию (оптимизационный критерий – среднее время прибытия первого ППС) и выбирала оптимальный вариант. Алгоритм автоматического проведения эксперимента представлен на рисунке 16.

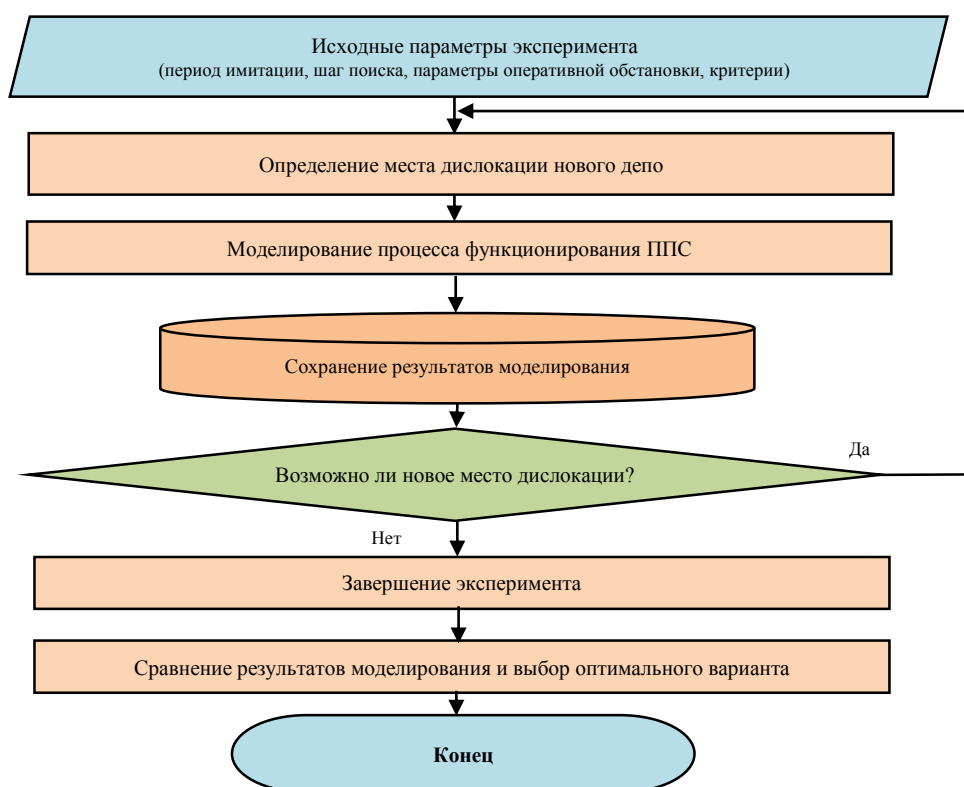


Рисунок 16 – Алгоритм проведения эксперимента по определению мест дислокации новых депо

В результате проведенных имитационных экспериментов дополнительно к существующим пожарным депо были определены 11 новых мест дислокации пожарных депо (или постов), введение в эксплуатацию которых позволит снизить время прибытия первых ППС к месту вызова (рисунок 17). На этом эксперименты были прерваны, поскольку именно это число депо (11) предусмотрено для проектирования и строительства в плане развития ППС Вьетнама.

На рисунке 17 представлена ориентировочная привязка новых подразделений к территории страны. Таким образом, общее число ППС (пожарных депо) страны составит 279.

С учетом новых подразделений 55 % всех зданий и сооружений на территории Вьетнама будут находиться в 10-минутной зоне прибытия подразделений пожарной охраны (т.е. на 6,3 % больше по сравнению с существующим вариантом) и почти 87,4 % – в 20-минутной зоне прибытия (на 6,4 % больше по сравнению с существующим вариантом) (таблица 6).

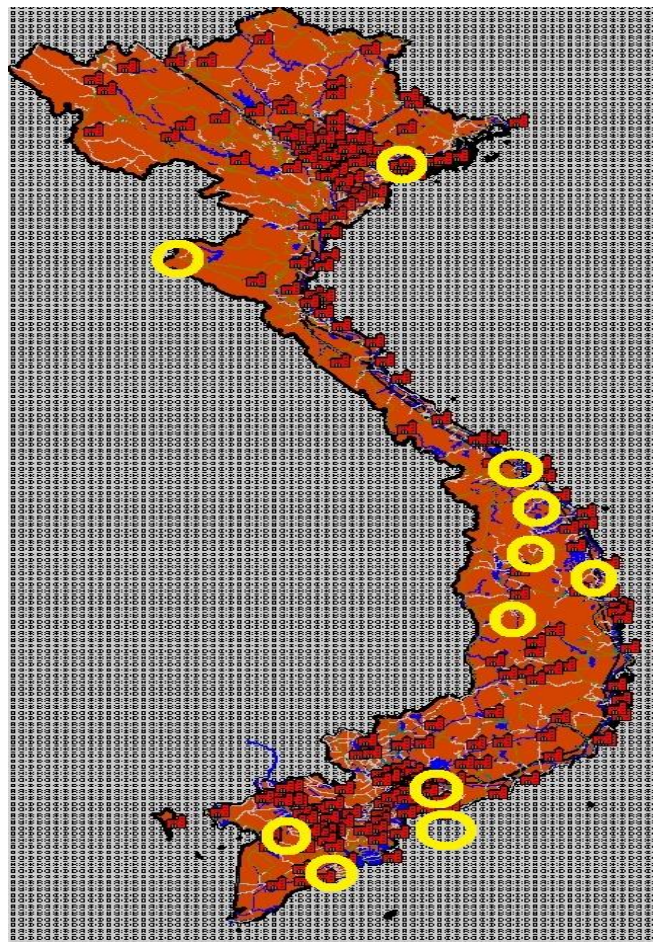


Рисунок 17 – Места дислокации новых подразделений на территории Вьетнама

Таблица 6 – Распределение зданий и сооружений (объектов), находящихся на территории Вьетнама по времени прибытия пожарных подразделений

Интервалы времени прибытия, мин.	Существующий вариант			Проектный вариант		
	Число объектов	Доля, %	Накопленная доля, %	Число объектов	Доля, %	Накопленная доля, %
0–10	212631	48,7	48,7	240224	55,0	55,0
10–20	141094	32,3	81,0	141682	32,4	87,4
20–30	52771	12,1	93,1	30701	7,0	94,4
30–40	9008	2,1	95,2	6806	1,6	96,0
40–50	6081	1,4	96,6	5464	1,3	97,3
50–60	4588	1,1	97,6	4414	1,0	98,3
60–70	1329	0,3	97,9	1542	0,4	98,6
70–80	989	0,2	98,2	857	0,2	98,8
80–90	3383	0,8	98,9	2299	0,5	99,3
90–100	521	0,1	99,1	611	0,1	99,5
100<	4019	0,9	100,0	2436	0,6	100,0

По результатам моделирования на рисунке 18 представлены распределения времени прибытия первых ППС к месту вызова при существующем варианте и при гипотетическом добавлении новых ППС. Среднее время прибытия к месту вызова по стране в целом при введении новых ППС сократится на 3-4 мин.

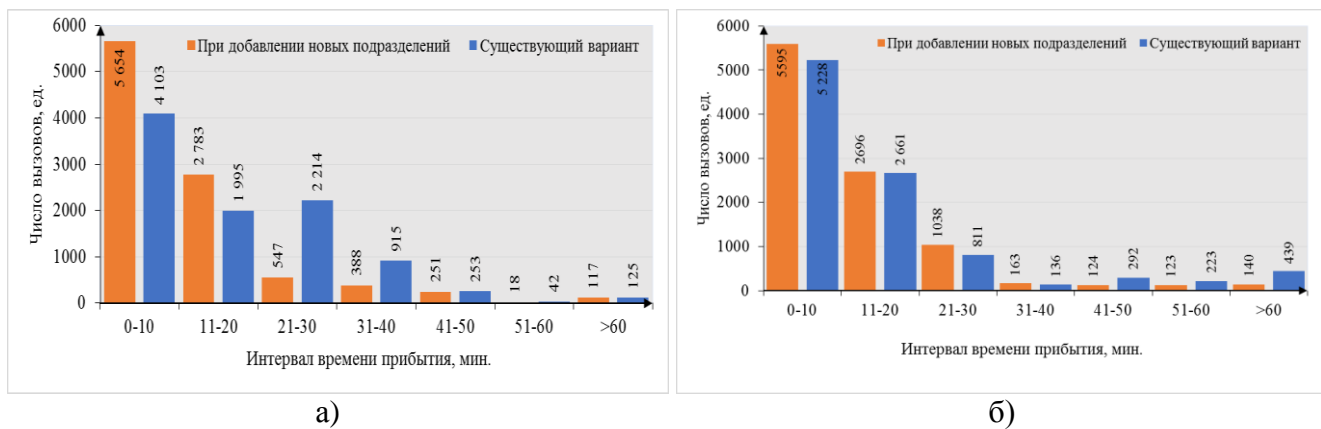


Рисунок 18 – Распределение времени прибытия к месту вызова при существующем/проектном варианте: а) север страны (среднее время 16,6 мин/12,1 мин), б) юг страны (среднее время 15,5 мин/12,5 мин)

В заключении сформулированы основные результаты работы.

В приложении приведены акты о внедрении результатов исследования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ РАБОТЫ

На основании выполненных исследований получены следующие научные и практические результаты:

1. Проведен анализ социально-экономического развития Вьетнама и особенностей функционирования ППС за 2010–2020 годы. Представлен анализ параметров, характеризующих обстановку с пожарами во Вьетнаме. Показаны особенности современного состояния ППС Вьетнама и недостаточность нормативной базы, в частности, отсутствие критериев, определяющих численность и размещение сил и средств ППС в населенных пунктах Вьетнама.

2. Установлено, что во Вьетнаме значения исследуемых интегральных рисков в десятки раз ниже общемирового уровня. Проведенный анализ динамики пожарных рисков показал, что при возрастающем тренде риска пожаров риски социальных и материальных потерь от них либо снижаются, либо имеют слабо выраженный восходящий тренд. Анализ распределения исследуемых рисков по провинциям показал, что пожарные риски в сельской местности значительно ниже, чем в городах, что отличает Вьетнам от других стран. Определено, что ущерб от пожаров зависит от численности сил и средств противопожарной службы в провинциях.

3. Исследованы потоки вызовов и временные характеристики процесса функционирования ППС. Показано, что вероятностное распределение случайной величины при исследовании потока вызовов описывается законом распределения Пуассона, а для математического описания временных характеристик процесса

обслуживания вызовов ППС может быть использован закон распределения Эрланга 0-4 порядка.

4. Проведена адаптация и модернизация имитационной системы «КОСМАС» для условий ППС всего Вьетнама. Разработаны информационная модель адаптации системы, позволяющая автоматизировать процесс адаптации и дополнительные моделирующие алгоритмы, учитывающие специфические характеристики оперативной деятельности ППС Вьетнама. Проверка адекватности результатов моделирования реальным данным показала, что погрешность по основным статистическим распределениям не превышает 5–10 %.

5. На основе анализа численности населения и параметров оперативной обстановки в населенных пунктах Вьетнама произведена оценка численности сил и средств ППС для всех категорий населенных пунктов страны и определены их перспективные параметры. Показано, что если рассматривать населенные пункты автономно, т.е. без учета их взаимного расположения, то расчетная численность ППС превышает существующую численность на 149 подразделений (пожарных депо).

6. С использованием методов имитационного моделирования определены места размещения новых ППС на территории Вьетнама. Произведена оценка возможностей ППС по оперативному реагированию на различные ДС. Показано, что среднее время прибытия к месту вызова по стране в целом при введении новых подразделений сократится на 3-4 мин.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

Публикации в научных изданиях, рекомендованных ВАК России

1. Фам, К.Х. Анализ территориальных пожарных рисков Вьетнама / С.В. Соколов, К.Х. Фам // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2020. – № 2. – С. 76–87. – DOI:10.25257/FE.2020.2.76-87.

2. Фам, К.Х. Разработка и адаптация имитационной системы оперативной деятельности пожарных подразделений к условиям Вьетнама / С.В. Соколов, Н.Н. Брушлинский, К.Х. Фам // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2021. – № 2. – С. 5–14. – DOI:10.25257/FE.2021.2.5-14.

3. Фам, К.Х. Повышение эффективности применения информационных технологий в пожарных подразделениях Вьетнама / К.Х. Фам, С.В. Соколов // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2021. – № 2. – С. 125–130. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46260668>

4. Фам, К.Х. Исследование возможностей противопожарной службы Вьетнама с помощью технологий имитационного моделирования / К.Х. Фам // Технологии техносферной безопасности. – 2022. – № 1. – С.77–88. – DOI:10.25257/TTS.2022.1.95.77-88. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48791746>

В других научных изданиях

5. Фам, К.Х. Развитие пожарно-технической науки и образования в эпоху четвертой индустриальной революции в Социалистической Республике Вьетнам / К.Х. Фам, Н.В. Свиридова, Т.Т. Нгуен, К.Т. Буй, В.Х. Чынг // Наука как призвание: теория и практика: Материалы междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 155–160.

6. Фам, К.Х. Перспективы развития научно-технического потенциала пожарной охраны Республики Вьетнам / К.Х. Фам, Н.В. Свиридова // Наука как призвание: теория и практика: Материалы междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 179–181.

7. Фам, К.Х. Социальные аспекты функционирования и развития аварийно-спасательных служб современного Вьетнама / К.Х. Фам, Т.Т. Нгуен, Н.В. Свиридова // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 3 ч. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 75–79.

8. Фам, К.Х. Пожарная обстановка во Вьетнаме за последние годы и меры по профилактике пожаров / К.Х. Фам, С.В. Соколов // Материалы международной научно-технической конференции «Системы безопасности». – 2020. – № 29. – С. 106–110.

9. Фам, К.Х. Модернизация пожарной охраны Социалистической Республики Вьетнам на современном этапе / К.Х. Фам, Н.В. Свиридова // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – 2020. – № 9. – С. 119–121.

10. Pham, Q.H. Analysis and evaluation fire risks of Vietnam / S.V. Sokolov, Q.H. Pham // International conference "The role of the fire police force in response to non-traditional security threats, Hanoi, June 26, 2020. Hanoi: University of Fire Prevention and Fighting, 2020. – С. 1600–1609.

11. Фам, К.Х. Модернизация пожарной охраны как фактор безопасности в Социалистической Республике Вьетнам / К.Х. Фам, В.З. Кйеу // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 4 ч. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 231–237.

12. Фам, К.Х. Основные проблемы пожарной безопасности в Социалистической Республике Вьетнам за последние годы / К.Х. Фам // Система безопасности: Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию пожарной охраны Монголии. – Улан-Батор: Университет Внутренних дел Монголии, 2021. – С. 143–149.

13. Фам, К.Х. Анализ пожарной обстановки в населённых пунктах Вьетнама за последние годы / К.Х. Фам // Системы безопасности: Материалы международной научно-технической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. – № 30. – С. 276–284.

14. Фам, К.Х. Проблемы консультативной работы пожарной охраны Вьетнама и мероприятия для повышения ее эффективности / К.Х. Фам, В.Х. Фам // Системы безопасности: Материалы международной научно-технической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. – № 30. – С. 463–468.

15. Фам, К.Х. Анализ организационной структуры противопожарной службы Вьетнама / К.Х. Фам, С.В. Соколов // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 4 ч. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. – С. 294–300.

16. Фам, К.Х. Анализ пожарных рисков в городах и сельской местности Вьетнама / К.Х. Фам // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 4 ч. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. – С. 227–233.

17. Фам, К.Х. Анализ потоков вызовов подразделений противопожарной службы во Вьетнаме / К.Х. Фам, С.В. Соколов // Проблемы техносферной безопасности: Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. – № 11. – С. 188–193.

18. Фам, К.Х. Особенности функционирования противопожарной службы Вьетнама / К.Х. Фам, С.В. Соколов // Проблемы техносферной безопасности: Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – 2022. – № 11. – С. 17–21.

19. Фам, К.Х. Анализ современного состояния подразделения противопожарной службы Вьетнама / К.Х. Фам // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. – С. 424–429.

Подписано в печать 12.10.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 730.

Академия ГПС МЧС России. 129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, 4