

На правах рукописи



Дао Ань Туан

**МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ ВЬЕТНАМА НА ОСНОВЕ ТИПОЛОГИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ
ПО ПОЖАРНЫМ РИСКАМ**

Специальность: 05.13.10

управление в социальных и экономических системах
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва - 2018

Работа выполнена в учебно-научном комплексе автоматизированных систем и информационных технологий ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

Научный руководитель: **Топольский Николай Григорьевич**
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры ИТ УНК АСИТ
Академии ГПС МЧС России

Официальные оппоненты: **Качанов Сергей Алексеевич**
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,
заместитель начальника по научной работе
ФГБУ ВНИИ по проблемам гражданской
обороны и чрезвычайным ситуациям (ФЦ)
МЧС России

Щепкин Александр Васильевич
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник Института проблем
управления им. В.А. Трапезникова РАН

Ведущая организация: ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета»
научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России»

Защита диссертации состоится «21» ноября 2018 г. в 16 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 205.002.01 в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по адресу: 129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д.4, зал диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии Государственной противопожарной службы МЧС России и на сайте:
<https://academygps.ru/upload/iblock/cda/cda275ffca686f539b7348199abea8a3.pdf>.

Автореферат разослан «28» сентября 2018 г.

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью просим направить в Академию Государственной противопожарной службы МЧС России по указанному адресу.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



Р.Ш. Хабибулин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Диссертационная работа посвящена решению актуальных задач управления ресурсами противопожарной службы Вьетнама на основе комплекса современных математических методов и моделей. Базовыми при этом выступают модели теории активных систем и современные методы типологического анализа территорий. Обращение именно к такому сочетанию современных количественных инструментов анализа, прогнозирования и управления связано с новыми явлениями в развитии пожарной обстановки, возникновением новых и обострением существующих пожарных рисков, особенно в быстроразвивающихся странах.

Так, с начала XXI века наблюдается стабильно высокий экономический рост (ежегодно около 7-9 %) в Социалистической Республике Вьетнам (СРВ), связанный с увеличением энергопотребления и скорости урбанизации территорий, ростом количества и масштабов промышленных площадок, зон переработки товаров и торговых центров.

Стремительное развитие экономики выразилось и в негативных явлениях, в числе которых – рост числа пожаров на предприятиях, учреждениях, в жилом секторе страны. В период 2001-2017 гг. во Вьетнаме произошло почти 38 тысяч пожаров, погибли 1216 и травмированы 3049 человек; материальные потери от пожаров составили около 650 миллионов долларов. Косвенные потери при этом превысили прямой ущерб в 5-6 раз.

Очевидно, что в современных условиях важнейшими задачами Главного управления пожарной охраны и аварийно-спасательной службы СРВ (ГУПО и АСС СРВ) являются сокращение количества пожаров и ущерба от них за счёт новых организационно-технических и информационно-технологических решений, применения новейших технологий профилактики пожаров и их тушения, управления пожарными рисками, включая использование современных математических моделей, методов и механизмов управления ресурсами противопожарной службы.

В диссертационной работе исследуются особенности территориальных пожарных рисков во Вьетнаме, развиваются теоретические, научно-методические и прикладные аспекты теории активных систем в области пожарных рисков, даются практические рекомендации по использованию результатов моделирования, прогнозирования и управления рисками. В связи со сказанным тема диссертационной работы является весьма актуальной.

Степень разработанности темы. К сегодняшнему дню создана развитая информационно-методическая база применения современного количественного инструментария управления пожарными рисками. Широко известны ученые,

внесшие значительный вклад в область теории и прикладных аспектов управления в этой сфере, и на базе научных работ которых сформированы научные положения диссертации: Н.Н. Брушлинский, В.Н. Бурков, В.В. Кафидов, С.А. Качанов, Д.А. Новиков, А.В. Матюшин, Е.А. Мешалкин, В.А. Минаев, В.Л. Семиков, С.В. Соколов, Н.Г. Топольский, Г.Х. Харисов, А.В. Щепкин, Beck V. R., Benichou N., Hall J. R., Yung D. и др.

Объектом исследования являются территориальные и динамические характеристики пожарной обстановки и пожарных рисков во Вьетнаме.

Предметом исследования являются методы и модели типологизации территорий по состоянию пожарной обстановки и оптимального управления ресурсами противопожарной службой во Вьетнаме в типологических кластерах.

Цель исследования заключается в разработке и исследовании комплекса математических моделей и методов типологизации территорий по пожарным рискам и оптимального управления ресурсами противопожарной службы Вьетнама, обеспечивающего повышение уровня пожарной безопасности объектов Вьетнама при ограничениях на ресурсное обеспечение служб и подразделений ГУПО и АСС СРВ.

Для достижения поставленной цели в работе **решаются следующие задачи:**

- разработка методологических основ оценки пожарных рисков во Вьетнаме, включающая исследование основных факторов, определяющих пожарную обстановку, особенностей детерминации и проявления рисков, современных подходов к их анализу и прогнозированию;
- типологизация территорий Вьетнама по пожарным рискам, состоящая из отбора показателей факторного комплекса детерминации пожарной опасности, кластеризации провинций страны и интерпретации типологических зон;
- разработка и исследование моделей динамики и взаимосвязей удельных показателей деятельности противопожарной службы в кластерах;
- исследование моделей системы управления пожарными рисками при различных механизмах распределения кадровых ресурсов противопожарной службы;
- построение моделей оптимального распределения кадровых ресурсов с учетом типологизации территорий Вьетнама;
- разработка методик и решение задач оптимального управления кадровыми ресурсами противопожарной службы для снижения пожарных рисков.

Научная новизна и теоретическая значимость: в диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной и теоретической значимостью:

- новая модель типологического анализа территориально-временных данных о факторах детерминации пожарных рисков;
- оригинальные модели прогнозирования динамических зависимостей пожарных рисков;
- методика и модели анализа взаимосвязей показателей деятельности противопожарной службы с характеристиками ущербов от пожаров;
- решение задач оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы по территориальным кластерам на основе принципов теории активных систем.

Практическая значимость и результаты внедрения. Полученные в диссертации научные результаты используются в учебном процессе и в научных исследованиях на кафедре пожарной тактики Института противопожарной безопасности Министерства общественной безопасности СРВ при разработке фондовых лекций по дисциплине «Управление пожарными рисками» для курсантов и слушателей, при проведении практических учебных занятий, при формировании научных тем и проведении исследований в рамках курсовых и дипломных работ.

Материалы о моделировании и методах типологизации территорий по пожарной обстановке и управлении ресурсами противопожарной службы включены в учебный процесс по дисциплинам «Информационные технологии управления», «Информационные технологии в сфере безопасности» на факультете руководящих кадров Академии, курсах повышения квалификации факультета подготовки научно-педагогических кадров (на лекциях, практических занятиях, при курсовом и дипломном проектировании, при подготовке магистерских диссертаций). Результаты диссертационной работы оказались востребованными в научно-исследовательской деятельности учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по направлениям, связанным с разработкой современных моделей, методов и алгоритмов управления подразделениями противопожарной службы при решении задач оптимального управления ресурсами, классификации территорий по состоянию пожарной обстановки, подготовки кадров противопожарной службы.

Результаты, полученные в диссертации, использованы в ГУПО и АСС Вьетнама для решения задач управления рисками с учетом их динамических и территориальных закономерностей, а также особенностей территориального распределения кадровых ресурсов названной службы.

Методология исследования. Методологической основой исследования являются принципы системного анализа, примененные к рассмотрению

пожарной обстановки и пожарных рисков в их взаимодействии и взаимовлиянии, методической базой – методы математического моделирования, теории вероятностей и математической статистики, оптимальной оценки и управления.

Достоверность изложенных в работе результатов обеспечивается четким планированием исследовательского процесса, выбором адекватных цели и задачам диссертационной работы математических методов и моделей, применением апробированных методов статистического анализа, использованием проверенного математического программного обеспечения для проверки результатов вычислений.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были доложены и получили одобрение на международных научных и научно-практических конференциях: XXV- XXVI международной научно-технической конференции «Системы безопасности» (СБ-2016, 2017) (Академия ГПС МЧС России, 2016 - 2017 г.г.); Международной научно-практической конференции: «Комплексные проблемы техносферной безопасности» (Воронежский государственный технический университет, 2016 - 2017 г.г.); VII международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов "Проблемы техносферной безопасности-2018" (Академия ГПС МЧС России, 2018 г.).

Публикации. По тематике диссертации опубликовано 21 научная работа, из них 9 опубликованы в журналах, включенных в перечень ВАК России, 6 работ опубликованы в единоличном авторстве, 1 монография, 11 докладов и тезисов в сборниках научных трудов и материалах международных и всероссийских конференций.

Личный вклад автора. В совместных публикациях автору принадлежат: постановка и формализация задач типологизации и оптимального управления в системе противопожарной службы, разработка методов и математических моделей оценки пожарных рисков, теоретические обобщения и прикладные расчеты, участие в реализации и внедрении разработок.

Положения, выносимые на защиту:

- модели типологического анализа территориально-временных данных о факторах детерминации пожарных рисков в кластерах Вьетнама;
- модели прогнозирования динамических зависимостей влияния противопожарной службы на состояние пожарной безопасности в стране и её кластерах;
- модели и методика анализа взаимосвязей показателей деятельности противопожарной службы с характеристиками ущербов от пожаров в стране и её кластерах;
- методика оптимального обеспечения противопожарной службы в кластерах кадровыми ресурсами;

- постановка и результаты решения задач оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы и двух приложений. Основное содержание работы изложено на 181 странице машинописного текста, содержит 70 рисунков и 22 таблицы. Список литературы содержит 200 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, формулируются объект, предмет и методы исследования, цель и задачи работы, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту, а также сведения об апробации, реализации, внедрении, публикациях результатов работы, а также сведения об объеме и структуре работы.

В первой главе "Методологические основы оценки пожарных рисков во Вьетнаме" раскрыты проблемные вопросы оценки и описаны основные факторы детерминации пожарных рисков во Вьетнаме.

Методологической основой оценки пожарных рисков является теория интегральных пожарных рисков, интенсивно развивающаяся в настоящее время.

Применительно к Вьетнаму справедливы следующие ситуации, приводящие к возникновению пожаров в промышленных зонах и в определенной степени - жилом секторе: нарушения технологии производства; ненадлежащее техническое обслуживание оборудования (в том числе - противопожарного) и хозяйственных помещений; нарушения сварочных и резочных работ; неисправное или неправильно работающее электрооборудование; нарушения в хранении упаковочных материалов, в том числе образование чрезмерных запасов бумаги в производственных помещениях; ненадлежащее хранение и применение горючих жидкостей и / или газов; недостаточный контроль за пожарной безопасностью на рабочих сайтах и торговых площадях; недостаточное обеспечение пожарной безопасности в местах курения; излишнее накопление горючих отходов и ненадлежащий контроль над хранением веществ повышенной пожарной опасности; отсутствие противопожарных перекрытий и разделения между производственными помещениями; повышенная горючесть стеновых и потолочных облицовочных материалов; плохое состояние оборудования по обнаружению пожара, автоматического пожаротушения и обеспечения пожарной вентиляции; неопытность и неумелые действия ведомственной пожарной охраны имеют решающее значение для

распространения огня.

Стремительные социально-экономические изменения во Вьетнаме, включая сферу землепользования, значительно повлияли на пожарную обстановку, характеризуясь распространением техногенных пожаров. Наблюдающееся в последнее десятилетие перемещение населения из сельской местности в городские районы, отход от традиционного землепользования в сельской среде, увеличение рекреационного использования лесных массивов, несовершенство системы управления лесным хозяйством стали ключевыми факторами увеличения рисков пожаров.

При анализе пожарной обстановки во Вьетнаме в диссертации применялись следующие показатели интегральных пожарных рисков: R_1 – риск для человека оказаться в условиях пожара в единицу времени; R_2 – риск для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой); R_3 – риск для человека погибнуть от пожара за единицу времени. Риск R_1 характеризует возможность реализации пожарной опасности, а риски R_2 и R_3 – отражают последствия этой реализации.

Результаты исследования пожарной обстановки и оценки основных пожарных рисков в округах Вьетнама представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка пожарных рисков в округах Вьетнама в 2015 г.

Округ СРВ	Число насел, млн. чел.	Доля от СРВ, %	Число пожаров	Доля от СРВ, %	Число жертв пожаров	Доля от СРВ, %	$R_1 \cdot 10^5$	$R_2 \cdot 10^2$	$R_3 \cdot 10^7$
Дельта Хонгхи	20,9	22,82	426	17,38	23	37,10	2,04	5,4	11
Северный Мидлендс и горные провинции	11,8	12,87	429	17,50	8	12,90	3,63	1,87	6,8
Центральное побережье	19,7	21,43	514	20,97	9	14,52	2,61	1,75	4,6
Центральное нагорье	5,6076	6,11	169	6,90	2	3,22	3,01	1,18	3,6
Юго-Восточный	16,1295	17,59	611	24,93	7	11,29	3,79	1,15	4,3
Дельта Меконга	17,5897	19,18	302	12,32	13	20,97	1,72	4,3	7,4

Анализ таблицы 1.1 показывает, что наименьшими являются пожарные риски R_1 в округах Дельта Хонгхи и Дельта Меконга. Риски R_2 меньше всего в Центральном нагорье и Юго-Восточном округе, а риски R_3 – в Центральном нагорье. Указанные округа обозначены в таблице 1 зеленым цветом.

Напротив, наиболее негативная пожарная обстановка по рискам R_1

отмечается в Северном Мидленсе и горных провинциях, а также Юго-Восточном округе, по рискам R_2 – в округах Дельта Хонгхи и Дельта Меконга, а по рискам R_3 – в округах Дельта Хонгхи, Дельта Меконга и Северном Мидленсе и горных провинциях, где значения интегральных показателей рисков приняли значения, существенно превышающие значения пожарных рисков в других округах СРВ. В этом случае отмеченные округа в таблице 1 выделены красным цветом.

Другие округа, характеризующиеся относительно средними показателями по каждому из рисков, выделены в таблице 1 желтым цветом.

В главе производится сравнительный анализ современных подходов к оценке пожарных рисков. Детально рассмотрен вероятностный подход.

Делаются следующие основные выводы.

1. К увеличению риска возникновения чрезвычайных ситуаций ведут быстрый рост народонаселения, неуправляемый рост и концентрация производства, урбанизация территорий, вовлечение в производственные процессы огромных масс опасных для человека и природы веществ и материалов, истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и др. Немаловажную роль играют проблемы неоптимального управления ресурсами пожарной и аварийно-спасательной службы страны на всех его уровнях - страна, округ, провинция.

2. Пока не выработано оптимального методического подхода к управлению ресурсами пожарной охраны и аварийно-спасательных служб как в больших городах, округах, так и, тем более, в провинциях. Такой подход должен рассматривать два аспекта: соответствие общепринятым в мире нормативам организации территориального обслуживания населения противопожарной службой; оптимальное распределение ресурсов противопожарной службы, учитывающего территориальные особенности и различия в пожарной обстановке в стране.

3. По интегральным показателям пожарной обстановки на уровне округов состояние рискованного поля во Вьетнаме весьма неоднородно. Это свидетельствует о необходимости в целях увеличения эффективности управления системой пожарной безопасности страны: уточнения и расширения спектра исследования конкретных детерминант пожарных рисков в каждом из округов страны; обоснования и поиска новых интегральных показателей риска; нахождения типологически более однородной картины в отношении пожарных рисков, включая, для более точной постановки и решения задач управления ресурсами службы пожарной безопасности страны, снижение иерархии рассмотрения административных единиц территорий до уровня провинций.

Во второй главе "Типологизация территорий Вьетнама по характеристикам пожарной опасности" рассмотрены сущность и постановка

задачи типологизации территорий Вьетнама по характеристикам пожарной опасности, заключающаяся в следующем.

Пусть X — множество территорий (провинций) Вьетнама, Y — множество кластеров. Задана функция расстояния между территориями $\rho(x_i, x_j)$, где i, j — индексы территорий; $i=1, \dots, n; j=1, \dots, n; n$ — общее количество территорий $X = \{x_i\}$. Требуется разбить множество территорий X на непересекающиеся подмножества $Y^1 \cup Y^2 \cup \dots \cup Y^M = X$, называемые *кластерами* Y^m , ($m=1, \dots, M$), так, чтобы каждый кластер состоял из объектов, близких по метрике ρ , а объекты разных кластеров существенно отличались по той же метрике. При этом каждому объекту $x_i \in X$ приписывается еще и номер кластера x_{im} ; $m=1, \dots, M$.

В настоящей работе применялись равнозначные весовые коэффициенты по каждому из показателей p_{ij} , использованных при кластеризации, а их стандартизация осуществлялась по формуле:

$$Z_{ij} = \frac{p_{ij} - \bar{p}_j}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J (p_{ij} - \bar{p}_j)^2}}, \quad (1)$$

где $i=1, \dots, n; j=1, \dots, J; J$ — общее количество показателей, включенных в кластеризацию; \bar{p}_j — среднее значение j — го показателя по стране.

Решение задачи типологизации территорий Вьетнама по состоянию пожарной опасности опиралось на следующую схему (рисунок 1), отражающую факторный комплекс детерминации пожаров в стране.



Рисунок 1 – Факторный комплекс детерминации пожаров во Вьетнаме

С использованием корреляционного анализа устранены сильно связанные показатели (коэффициент корреляции в абсолютном выражении был принят не меньше 0,85). Конкретные показатели, отражающие пожарные риски в жилом секторе и секторе хозяйствующих субъектов различаются, пересекаясь в некоторой своей части. Рассмотрена динамика показателей по каждой провинции Вьетнама с 2006 по 2015 годы, а также их усредненный показатель за те же годы.

Применительно к жилому сектору при решении задачи типологизации рассматривалась матрица размером 63 провинции, 21 показателей; при решении той же задачи применительно к сектору хозяйствующих субъектов – матрица 63 провинции, 14 показателей.

Общий алгоритм решения задачи типологизации состоял из девяти последовательных этапов (рисунок 2), каждый из которых связан с предыдущими этапами обратными связями, позволяющими на любом из них производить корректировку алгоритма.



Рисунок 2 – Алгоритм решения задачи типологизации провинций Вьетнама по комплексным характеристикам пожарной опасности

При получении приемлемой типологизации территорий по пожарной обстановке, указанные на рисунке этапы могут повторяться необходимое число раз с учетом мнений экспертов, которые корректируют как меры расстояний между кластерами, методы кластеризации провинций, так и систему исходных показателей.

Кластеризация провинций Вьетнама осуществлялась с помощью статистического программного пакета Statistica 12. Затем с привлечением экспертов проводился анализ вариантов, среди которых выбирался тот, где выделенные кластеры подчинялись трем условиям: компактностью расположения на территории Вьетнама; схожестью социально-экономических условий и состояния обстановки по линии противопожарных служб; схожестью параметров их сил и средств.

Среди метрик расстояния между кластерами исследовались шесть включенных в указанный программный пакет вариантов: евклидово расстояние; квадрат евклидова расстояния; манхэттенское расстояние; расстояние Чебышева; расстояние Минковского; коэффициент корреляции Пирсона.

В качестве методов кластеризации применялись включенные в пакет иерархические (древовидные) процедуры кластерного анализа: правило одиночной связи (ближайшего соседа); правило полных связей (наиболее удаленных соседей); правило невзвешенного попарного среднего; правило взвешенного попарного среднего; невзвешенный центроидный метод; взвешенный центроидный метод; правило Варда.

Выбор меры расстояния между кластерами и метода кластеризации провинций осуществлялся путем анализа всех вариантов, предусмотренных в пакете Statistica 12.

Экспертами выбрано приведенное на рисунке 3 распределение провинций Вьетнама по кластерам в результате решения задачи их совместной кластеризации по совокупности характеристик пожарной опасности сектора хозяйствующих субъектов и жилого сектора.

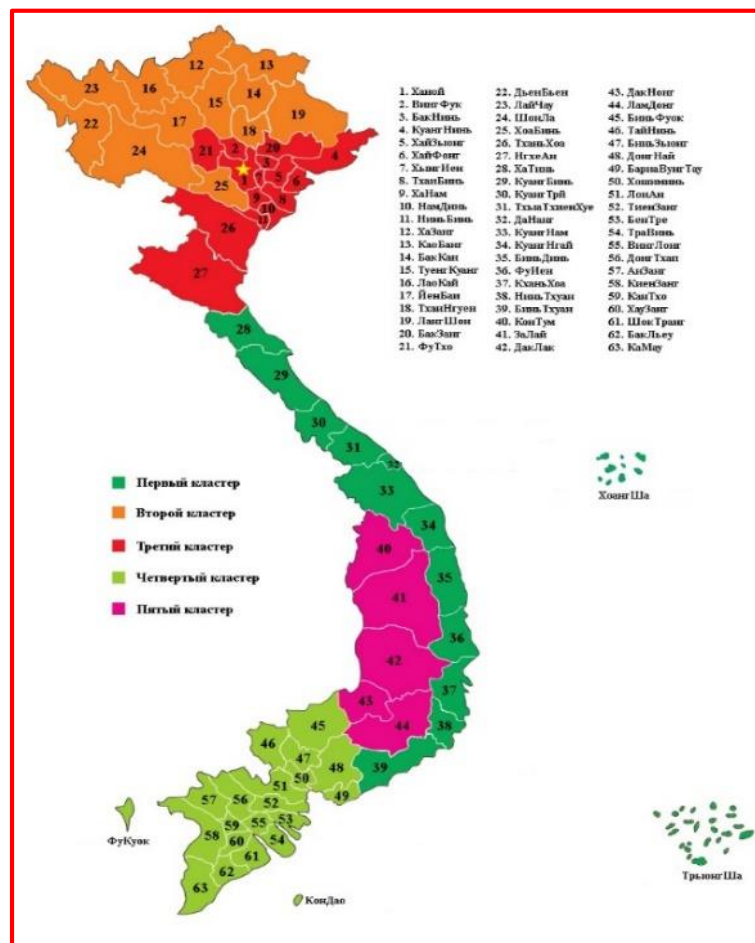


Рисунок 3 – Комплексная типологизация провинций Вьетнама по состоянию пожарной опасности

Результаты типологизации как задачи синтеза территорий Вьетнама в однородные группы по пожарной обстановке дали возможность более эффективно решать целый спектр частных задач, связанных с совершенствованием управления ресурсами противопожарной службы, организацией взаимодействия региональных оперативных служб, включая соседние округа, улучшением нормативно-правового обеспечения указанных служб и решением других важных задач.

В третьей главе "Решение задач управления противопожарной службой с учетом типологии территорий Вьетнама по пожарной опасности" показано, что эффективное решение задач управления ресурсами указанной службы связано с количественным исследованием зависимостей удельных показателей деятельности пожарной безопасности во времени и в территориальном аспекте.

Рассмотрены связи удельной нагрузки по числу погибших на пожарах (УНПП), удельной нагрузки по числу травмированных на пожарах (УНТП), удельной нагрузки по экономическому ущербу от пожаров с удельной нагрузкой по пожарам на одного пожарного (УНП). На рисунке 4 показаны эмпирические данные и теоретическое описание взаимосвязи УНПП от УНП во Вьетнаме в период с 2006 по 2016 годы. Эта зависимость хорошо описывается следующей экспоненциальной кривой (объясняемость – 73%):

$$d = 0,33 \cdot \exp(107,23 \cdot h). \quad (2)$$

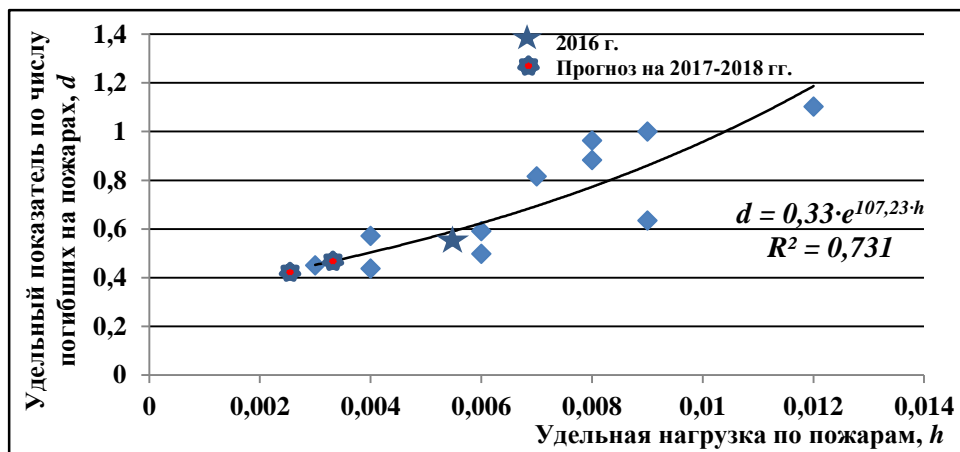


Рисунок 4 – Эмпирические данные и теоретическое описание связи УНПП от УНП во Вьетнаме с 2006 по 2016 гг.

Примерно такую же объясняемость (76%) характеризует удельная зависимость по числу травмированных на пожарах от удельной нагрузки по пожарам, которую также описывает экспоненциальная кривая (рисунок 5)

$$w = 0,31 \cdot \exp(90,3 \cdot h). \quad (3)$$

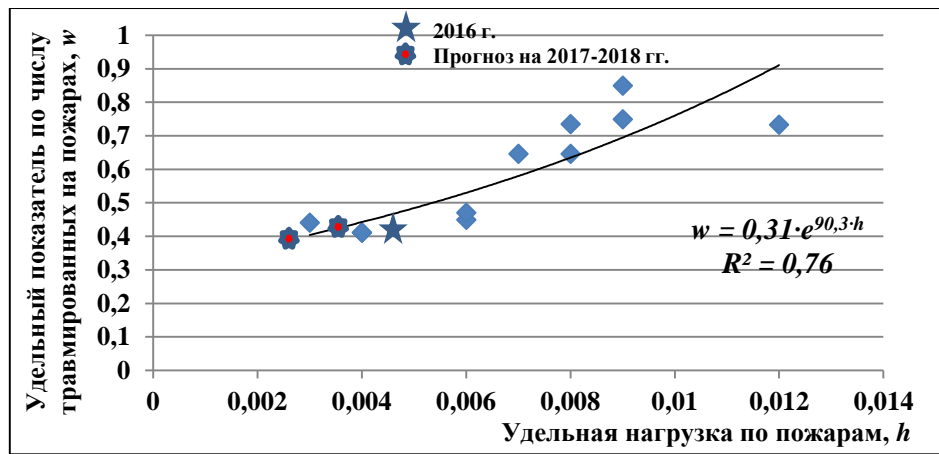


Рисунок 5 – Эмпирические данные и теоретическое описание связи УНТП от УНП во Вьетнаме с 2006 по 2016 гг.

В работе сформирован комплексный удельный показатель, учитывающий как погибших, так и травмированных на пожарах:

$$s_i = \alpha \cdot d_i + \beta \cdot w_i, \quad (4)$$

где $i = 1, 2, \dots, I$ – номера точек наблюдения (годы), I – общее число лет наблюдения; α – вес удельного показателя d_i ; β – вес удельного показателя w_i .

На сумму весовых коэффициентов налагается ограничение:

$$\alpha + \beta = 1. \quad (5)$$

Расчеты на реальных данных показали, что наилучшая модель для Вьетнама формируется в виде:

$$s = (0,555 \cdot d + 0,445 \cdot w) = 0,318 \cdot \exp(101,04 \cdot h). \quad (6)$$

На рисунке 6 приведены эмпирические данные и теоретическое описание связи комплексного удельного показателя s от УНП во Вьетнаме в период 2006 – 2016 гг. (значение коэффициента объясняемости равно 81,6%).

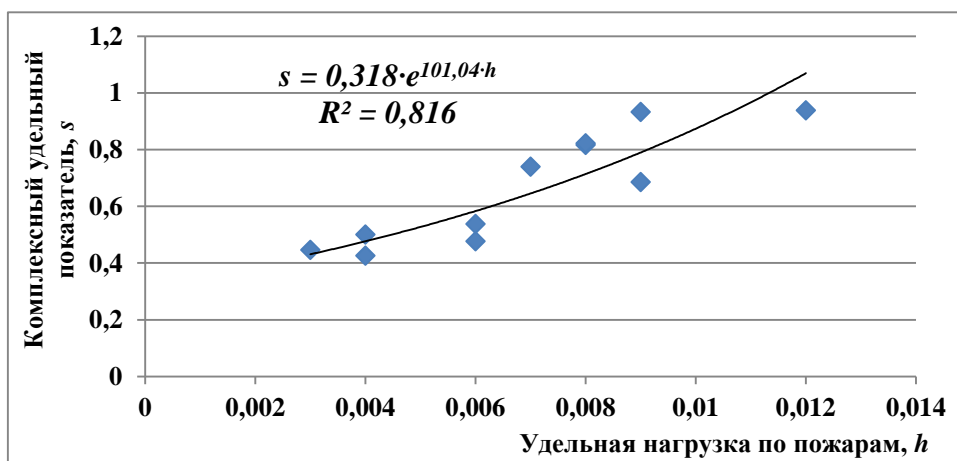


Рисунок 6 – Эмпирические данные и теоретическое описание связи комплексного удельного показателя s от УНП во Вьетнаме в период 2006 – 2016 гг.

На основе найденной зависимости (6) решена задача оптимального территориального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы,

занимающей важное место в общем спектре её управленческих задач.

Пусть общая зависимость вектора выходных переменных от вектора входных переменных и вектора кадровых ресурсов имеет вид:

$$\vec{V} = \vec{V}(\vec{R}, \vec{X}), \quad (7)$$

при этом выполняется условие:

$$\sum_{k=1}^K R_k = R_0, \quad (8)$$

где K – общее число территориальных кластеров с разной пожарной обстановкой, подчиненных единому государственному Центру; R_k – кадровый ресурс в k -ом кластере, $k=1, 2, \dots, K$; R_0 – общий кадровый ресурс во всех K кластерах.

Для построения критерия оптимальности распределения кадровых ресурсов противопожарной службы в территориальном аспекте введена целевая функция $\varphi = \varphi(\bar{X}, \bar{R}, \bar{\gamma})$, которая отражает эффективность использования кадрового ресурса противопожарной службы. Применительно к k -му кластеру Вьетнама запишем её в виде:

$$\varphi_k = \varphi_k(F_k, R_k, \bar{\gamma}_k), \quad (9)$$

где F_k – число пожаров в k -ом территориальном кластере, R_k – количество пожарных в k -ом кластере, $\bar{\gamma}_k$ вектор параметров целевой функции в k -ом кластере.

Принято, что целевая функция (9) монотонно возрастает в области $0 < R_k < \infty$

$$\varphi_k(F_k, \infty, \bar{\gamma}_k) = A_k = \text{const}, \quad (10)$$

и ограничена сверху константой.

Целевая функция общей системы противопожарной службы Вьетнама Φ_u определяется целевыми функциями ее подразделений в кластерах и представляется в виде их суммы:

$$\Phi_u = \sum_{k=1}^{k=K} \varphi_k. \quad (11)$$

Центр, располагая ограниченными ресурсами, стремится достичь некоторого оптимального значения своей системной цели (общей целевой функции) путем выбора такого распределения кадровых ресурсов, который стимулирует территориальные противопожарной службы к совершенствованию форм и методов оперативно-служебной деятельности при тушении пожаров, интенсификации использования наличных ресурсов. Задача распределения кадровых ресурсов при известной зависимости $\varphi_k(F_k, R_k, \bar{\gamma}_k)$ и известных параметрах $\bar{\gamma}_k$ ставится как следующая задача оптимизации

$$\Phi_u = \sum_{k=1}^{k=K} \varphi_k(F_k, R_k, \bar{\gamma}_k) \rightarrow \max(\bar{R}), \quad (12)$$

при ограничении на количество кадровых ресурсов, которыми располагает Центр:

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k = R. \quad (13)$$

Рассмотрим для формирования целевой функции аналитическую зависимость (6), отражающую связь удельной нагрузки по пожарам с комплексным удельным показателем по взвешенному числу погибших и травмированных на пожарах:

$$s_k = 0,318 \cdot \exp(101,04 \cdot h_k), \quad (14)$$

где h_k – количество пожаров на одного пожарного в k -ом кластере.

Задача оптимального распределения кадровых ресурсов по кластерам ставится так, чтобы минимизировать сумму величин (14) по всем $k=1, \dots, K$; либо максимизировать сумму обратных величин:

$$1/s_k = 3,145 \cdot \exp(-101,04 \cdot h_k). \quad (15)$$

Далее определим целевую функцию:

$$\varphi_k = 3,145 \cdot [1 - \exp(-101,04 \cdot h_k)] \approx 3,2 \cdot [1 - \exp(-100 \cdot h_k)], \quad (16)$$

которая имеет следующий графический вид (рисунок 7).

Функция (16) является монотонно возрастающей, и при $h_k \rightarrow \infty \varphi_k \rightarrow 3,2$.

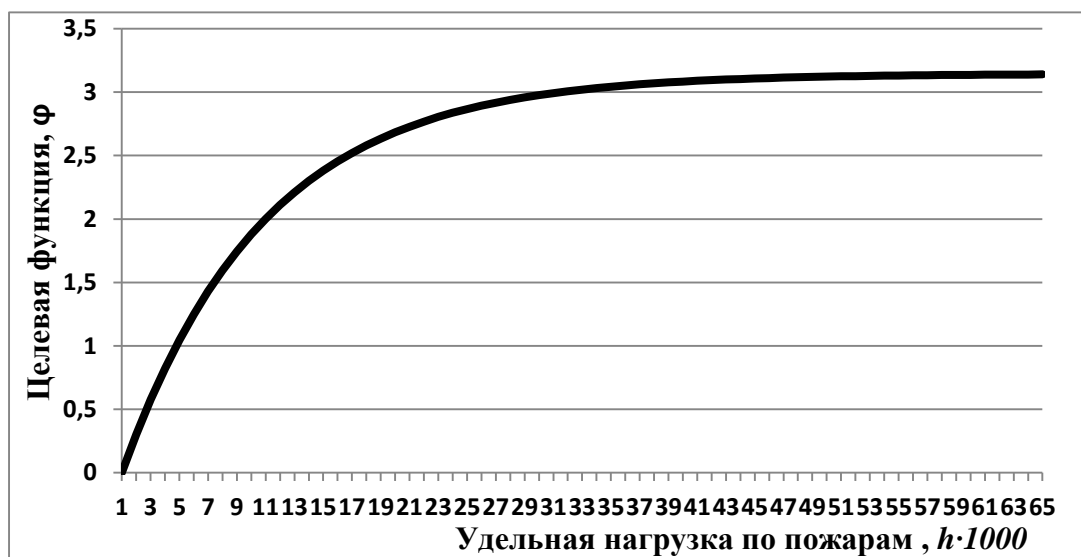


Рисунок 7 – Целевая функция по комплексному удельному показателю

С целью получения аналитических зависимостей для оптимального распределения кадровых ресурсов упростим выражение (16), разложив экспоненту в ряд Макларена. Тогда:

$$\varphi_k \approx 160 \cdot (2h_k - 10^2 \cdot h_k^2 + \dots); \quad k=1, 2, \dots, K. \quad (17)$$

Целевая функция Центра в этом случае представляется в виде:

$$\Phi_{\text{Ц}} \approx \sum_{k=1}^{k=K} 320 \cdot h_k (1 - 50 \cdot h_k). \quad (18)$$

Таким образом, задача оптимального распределения кадровых ресурсов между K кластерами ставится в виде:

$$\Phi_{\text{Ц}\bar{R}} \rightarrow \min, \quad (19)$$

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k = R. \quad (20)$$

Решим задача (19) - (20) решена методом Лагранжа.

Функция Лагранжа записывается в виде:

$$L(\Phi_u) = \sum_{k=1}^{k=K} [320 \cdot h_k \cdot (1 - 50 \cdot h_k)] - \lambda \cdot (\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R), \quad (21)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Условный экстремум выражения (21) находится из соотношений:

$$\frac{\partial L(\bar{R}, \bar{\lambda})}{\partial R_k} = \frac{\partial L(\bar{R}, \bar{\lambda})}{\partial \lambda} = 0; \quad k=1, 2 \dots K. \quad (22)$$

Подставляя выражение для $h_k = F_k/R_k$, имеем:

$$\frac{\partial L}{\partial R_k} = -320 \cdot \frac{F_k}{R_k^2} + 3 \cdot 320 \cdot 50 \cdot \frac{F_k^2}{R_k^3} - \lambda = 0, \quad (23)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{k=1}^{k=K} R_k - R = 0. \quad (24)$$

Решая кубическое нормированное уравнение относительно R_k ,

$$R_k^3 + 320 \cdot F_k/\lambda \cdot R_k - 150 \cdot 320/\lambda \cdot F_k^2 = 0 \quad (25)$$

находим единственный вещественный корень с помощью формулы Кардано.

$$R_k = \sqrt[3]{\frac{150 \cdot 160}{\lambda} \cdot F_k^2 + \frac{320}{\lambda} \cdot F_k \cdot \sqrt{\frac{320 F_k}{27 \lambda} + \left(\frac{150 F_k}{2}\right)^2}} + \sqrt[3]{\frac{150 \cdot 160}{\lambda} \cdot F_k^2 - \frac{320}{\lambda} \cdot F_k \cdot \sqrt{\frac{320 F_k}{27 \lambda} + \left(\frac{150 F_k}{2}\right)^2}}. \quad (26)$$

Показано, что первый член в корнях квадратных выражения (26) пренебрежимо мал по сравнению со вторым членом, и оптимальное решение представляется в виде:

$$R_{k(\text{опт})} = R \cdot \frac{\sqrt[3]{F_k^2}}{\sum_{k=1}^{k=K} \sqrt[3]{F_k^2}}; \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (27)$$

Вычислительные эксперименты показали, что использование методики оптимального распределения кадровых ресурсов в соответствии с (27) позволило бы сократить комплексный удельный показатель примерно на 10-12% по сравнению с реальной ситуацией их распределения по кластерам.

1. Территория Вьетнама (провинции и города республиканского подчинения) из шести округов страны в результате решения задачи кластерного анализа распределились по пяти однородным кластерам. Распределение по кластерам логично, достаточно хорошо интерпретируемо и компактно.

2. Полученная типологизация провинций Вьетнама должна быть положена в основу определения стратегии территориального управления ресурсами противопожарной службы, решения основных региональных задач служебно-боевой деятельности пожарных подразделений, прогнозирования перспектив регионального развития противопожарной службы.

3. Одно из центральных мест среди задач, связанных с управлением

противопожарной службой Вьетнама, занимает задача их оптимального обеспечения кадровыми ресурсами. Весьма конструктивным для решения названной задачи является представление процесса оперативно-служебной деятельности кадровых подсистем противопожарной службы в кластерах в терминах "вход – ресурсы - выход" и формальное описание "оперативно-служебной технологии" в деятельности противопожарной службы.

4. Вычислительные эксперименты показали, что использование методики оптимального распределения кадровых ресурсов позволило бы сократить удельный комплексный показатель числа погибших и травмированных на пожарах примерно на 10-12% по сравнению с реальной ситуацией их распределения по кластерам Вьетнама.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках разработки методов, моделей и алгоритмов управления и их внедрения в практическую деятельность получены следующие основные результаты:

1. Исследованы методологические основы оценки пожарных рисков во Вьетнаме, включающие исследование основных факторов, определяющих пожарную обстановку, особенности детерминации и проявления рисков, современные подходы к их анализу и прогнозированию; осуществлен анализ территориальных и динамических особенностей пожарных рисков, существующих методов и основных недостатков управления ими во Вьетнаме. Результаты исследования показали, что по интегральным показателям пожарной обстановки на уровне округов состояние рискованного поля во Вьетнаме весьма неоднородно. Это привело к необходимости совершенствования эффективности управления системой пожарной безопасности страны на основе современных математических моделей.

2. Поставлены и формализованы, исследованы и реализованы задачи типологизации территорий Вьетнама по состоянию пожарной обстановки; проведен целенаправленный структурно-динамический анализ временных и территориальных особенностей пожарных рисков в кластерах (группах провинций со сходными характеристиками пожарного риска). Результаты показывают, что полученная типологизация провинций Вьетнама должна быть положена в основу определения стратегии территориального управления ресурсами противопожарной службы, формирования основных региональных задач служебно-боевой деятельности пожарных подразделений, прогнозирования перспектив регионального развития противопожарной службы.

3. Разработаны модели прогнозирования динамических зависимостей

влияния противопожарной службы на состояние пожарной обстановки; модели и методика анализа взаимосвязей показателей деятельности противопожарной службы с характеристиками пожаров. Они позволяют решать задачи оптимального территориального и динамического распределения ресурсов противопожарной службы с целью минимизации экономического ущерба от пожаров, а также минимизации числа погибших и травмированных на пожарах в масштабах страны и в её кластерах.

4. Предложены методы оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы при различных механизмах управления ими с учетом типологизации территорий Вьетнама; разработаны методики, поставлены и решены задачи оптимального территориального управления кадровыми ресурсами противопожарной службы для снижения пожарных рисков в стране. Предложенная методика распределения кадровых ресурсов, отражающая комплексную удельную нагрузку по погибшим и травмированным на пожарах, достаточно понятна практикам в области пожарной безопасности, учитывая различия в пожарной обстановке на различных территориях, обусловленные сложным комплексом социальных, социально-экономических, демографических, оперативно-служебных и материально-технических факторов. Они позволяют предположить, что методики управления кадровыми ресурсами на основе теории активных систем можно развить применительно к провинциям Вьетнама, входящим в кластеры, тем самым учтя более детализированные причины, обуславливающие пожары, и предложив более совершенные методы анализа и прогнозирования пожарных рисков для решения задач распределения ресурсов противопожарной службы по территории страны.

5. Основные достижения диссертационной работы заключаются в разработке: модели кластеризации территорий страны по факторам детерминации пожарных рисков, модели прогнозирования динамических зависимостей влияния противопожарной службы на состояние пожарной обстановки, модели и методики анализа взаимосвязей показателей деятельности противопожарной службы с характеристиками пожаров, решении задачи оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы по различным кластерам.

6. Перспективы развития работы связаны с детализацией пожарных рисков по провинциям Вьетнама, моделированием иерархии управленческой структуры противопожарной службы с учетом дополнительных факторов, определяющих пожарную обстановку в кластерах, а также с учетом более сложного взаимодействия комплекса "пожарные риски – пожары – ресурсы противопожарной службы" в математических моделях анализа, прогнозирования и оптимального управления.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, периодических изданиях, включенных в список ВАК РФ:

1. **Дао Ань Туан.** Проблемы и основные факторы оценки пожарных рисков во Вьетнаме / Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан [Электронный ресурс] // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". – 2016. – Выпуск № 1 (65). – 9с. (0,6 п.л.). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-1/32-01-16.ttb.pdf>.

2. **Дао Ань Туан.** Анализ пожарной обстановки во Вьетнаме в 2001 - 2015 годах / Дао Ань Туан [Электронный ресурс] // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". – 2016. – Выпуск №5 (69). – 7с. (0,5 п.л.). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-5/29-05-16.ttb.pdf>.

3. **Дао Ань Туан.** Информационное обеспечение задачи типологизации территорий Вьетнама по пожарной обстановке / Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан [Электронный ресурс] // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". – 2017. – Выпуск №1 (71). – 10с. (0,6 п.л.). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-1/41-01-17.ttb.pdf>.

4. **Дао Ань Туан.** Результаты типологизации территорий Вьетнама по характеристикам пожарной обстановке / Минаев В.А., Топольский Н.Г., Симаков В.В., Тетерин И.М., Дао Ань Туан [Электронный ресурс] // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". – 2017. – Выпуск №4 (74). – 11с. (0,7 п.л.). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-4/05-04-17.ttb.pdf>.

5. **Дао Ань Туан.** Типологизации территорий Вьетнама по характеристикам пожарной опасности в секторе хозяйствующих субъектов / Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан, Нгуен Туан Ань [Электронный ресурс] // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2017. – Выпуск №4. – 9с. (0,6 п.л.). Режим доступа: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V94/2.pdf>.

6. **Дао Ань Туан.** Типологизация территорий Вьетнама по характеристикам пожарной опасности / Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан // Научный журнал «Пожары и ЧС». – 2018. – Выпуск №1. – С. 72-76.

7. **Дао Ань Туан.** Оптимальное распределение кадровых ресурсов противопожарной службы Вьетнама по типологическим кластерам / Минаев В.А., Топольский Н.Г., Коробец Б.Н., Дао Ань Туан [Электронный ресурс] // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". – 2018. – Выпуск №1 (77). – 10с. (0,6 п.л.). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-1/06-01-18.ttb.pdf>.

8. **Дао Ань Туан.** Модели оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы на основе типологизации территорий по пожарным рискам / Минаев В.А., Топольский Н.Г., Коробец Б.Н., Дао Ань Туан // Научный журнал «Пожаровзрывобезопасность». – 2018. – Выпуск № 6. – С. 13-30.

9. **Дао Ань Туан.** Управление ресурсами противопожарной службы с учетом типологии территорий по пожарной опасности / Минаев В.А., Коробец Б.Н., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан // Научный журнал «Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». – 2018. – Выпуск №3. – С. 74-88.

Монография:

10. **Дао Ань Туан.** Пожарные риски. Типологизация территорий. Управление ресурсами. Монография / Дао А. Т., Минаев В. А., Топольский Н. Г., Фаддеев А.О. – М.: АГПС МЧС России, 2018. – 251 с.

Статьи, публикации в сборниках конференций:

11. **Дао Ань Туан.** Комплексная оценка пожарных рисков во Вьетнаме / Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан // Журнал «Спецтехника и связь». – 2016. – Выпуск №2. – С. 27-32.

12. **Дао Ань Туан.** Оценка пожарных рисков во Вьетнаме в 2001-2015 гг. / Дао Ань Туан // Материалы XXV международной научно-технической конференции «Системы безопасности». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 214-217.

13. **Дао Ань Туан.** Типологизация провинций Вьетнама по характеристикам пожарной опасности / Дао Ань Туан, Нгуен Туан Ань, Грачев Д.С. // Материалы XXV международной научно-технической конференции «Системы безопасности». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 65-67.

14. **Дао Ань Туан.** Характеристики кадрового ресурса пожарной охраны и аварийно-спасательной службы Вьетнама / Дао Ань Туан // Материалы международной научно-практической конференции «Комплексные проблемы техносферной безопасности». – Воронежский государственный технический университет, 2016. – С. 217-219.

15. **Дао Ань Туан.** Типология территорий Вьетнама по пожарной опасности в жилом секторе / Дао Ань Туан // Материалы XXVI международной научно-технической конференции «Системы безопасности». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 5-8.

16. **Дао Ань Туан.** Типология территорий Вьетнама по пожарной опасности в секторе хозяйствующих субъектов / Дао Ань Туан // Материалы XXVI международной научно-технической конференции «Системы

безопасности». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 8-11.

17. **Дао Ань Туан.** Статистический анализ ситуации с пожарами во Вьетнаме / Дао Ань Туан // Материалы международной научно-практической конференции «Комплексные проблемы техносферной безопасности». – Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 39-42.

18. **Дао Ань Туан.** Кластеризация провинций Вьетнама по состоянию пожарной обстановки / Дао Ань Туан, Минаев В. А., [и др.] // Материалы VII международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2018». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 32-37.

19. **Đào Anh Tuấn.** Thống kê, tính toán và đánh giá rủi ro cháy ở Việt Nam / V.A. Minaev, N.G. Topolsky, Đào Anh Tuấn // Tạp chí «Phòng cháy và chữa cháy» Bộ Công an, Việt Nam. – 2016. – №89. – Pp. 28-30.

20. **Đào Anh Tuấn.** Phân kiểu lãnh thổ Việt Nam theo đặc điểm nguy hiểm cháy theo phương pháp phân cụm thứ bậc / V.A. Minaev, N.G. Topolsky, Đào Anh Tuấn // Tạp chí «Phòng cháy và chữa cháy» Bộ Công an, Việt Nam. – 2017. – №96. – Pp. 30-33.

21. **Đào Anh Tuấn.** Phân tích kết quả phân kiểu lãnh thổ Việt Nam theo đặc điểm nguy hiểm cháy / V.A. Minaev, N.G. Topolsky, Đào Anh Tuấn // Tạp chí «Phòng cháy và chữa cháy» Bộ Công an, Việt Nam. – 2017. – №97. – Pp. 28-31.

Дао Ань Туан

**МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ ВЬЕТНАМА НА ОСНОВЕ ТИПОЛОГИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ
ПО ПОЖАРНЫМ РИСКАМ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 20 сентября 2018 г. Формат бумаги 60×90 1/16

Печать офсетная. Тираж 100 экз. Заказ №273.

Академия ГПС МЧС России. 129336, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4