

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого"

В.В. Сергеев

" 09 " 09 2024 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации "федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого" на диссертацию Котковой Елизаветы Александровны на тему: "Методика интеллектуального прогнозирования эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки)

Актуальность темы диссертации

Вопросы изучения эвакуации людей из общественных зданий, в том числе торгово-развлекательных центров (ТРЦ), в условиях распространяющегося пожара является актуальной областью исследований, что подтверждается печальной статистикой последних лет. Моделирование динамики эвакуации при распространяющемся пожаре имеет решающее значение для оценки риска толпы и принятия управленческих решений по обеспечению безопасности при экстренной эвакуации.

На процесс эвакуации и непосредственно ее результат оказывают влияние многочисленные факторы, такие как геометрия и планировка зданий, количество людей, потенциально находящихся в зоне опасности, их начальное расположение, плотность потока, количество и ширина доступных эвакуационных выходов, степень распространения опасных факторов пожара и др. Но, как показывает ряд исследований, психологическое поведение людей, находящихся в экстремальных ситуациях, также играет важное значение. Давка является второй причиной смерти после воздействия опасных факторов пожара в зданиях с массовым пребыванием людей. Увеличение распространения пожара приводит к возможным паническим состояниям у эвакуирующихся, изменению паттернов их поведения, в том числе особенностей движения. Данные аспекты в научных трудах исследовались достаточно мало и, как следствие, в моделях, применяющихся на практике для оценки пожарных рисков, фактически не учитываются. Кроме того, возможны ситуации, когда потребуются принятие решений по распределению потоков эвакуирующихся в режиме реального времени с целью снижения возможного времени эвакуации. В этой связи диссертационная работа Котковой Е.А., посвященная решению научной задачи по разработке научно-методических средств оценки эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий с

учетом фактора паники в условиях динамически меняющейся ситуации является актуальной.

Целью диссертационной работы является повышение качества прогнозирования времени эвакуации при пожарах в общественных зданиях в условиях динамически меняющейся ситуации.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Провести исследование процесса эвакуации людей при пожаре или чрезвычайной ситуации (ЧС) в условиях паники.
2. Провести синтез научно-методических средств оценки эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий.
3. Разработать программное обеспечение для интеллектуального прогнозирования эффективности организации эвакуации из общественных зданий на примере ТРЦ в условиях динамически меняющейся ситуации.
4. Провести оценку качества применения разработанных авторских научно-методических средств.

Содержание текста диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня использованных источников из 180 наименований и двух приложений. Рукопись диссертации изложена на 160 страницах машинописного текста, содержит 46 рисунков и 15 таблиц.

Во введении обоснован выбор темы диссертации, актуальность работы, представлены научная новизна, научные результаты, выносимые на защиту, и их основные положения, а также данные об апробации и внедрении результатов диссертационного исследования. Показано, что проблема решения задачи по организации эвакуации людей в условиях паники и динамически меняющейся ситуации в общественных зданиях при пожаре является актуальной.

В первой главе "**Социально-экономические и организационные аспекты управления эвакуацией людей из общественных зданий**" проведено исследование динамики пожаров и ЧС и их последствий в общественных зданиях на примере ТРЦ, что подтвердило обоснованность выбора объекта диссертационного исследования. Исследование возможных способов моделирования процесса эвакуации людей при пожарах в зданиях показало необходимость применения агентно-ориентированного подхода к моделированию процесса эвакуации, позволяющего учитывать дополнительно факторы психологических особенностей людей в экстремальных ситуациях и, как следствие, повышать адекватность результатов моделирования. Также в первой главе поставлена и формализована основная научная задача диссертационного исследования.

Во второй главе "**Исследование влияния поведения людей на процесс эвакуации из общественных зданий**" исследованы факторы, оказывающие влияние на процесс эвакуации из общественных зданий, выявлены причинно-следственные связи между ними, предложена системно-динамическая модель распространения паники при эвакуации из общественных зданий, реализованная в среде имитационного моделирования AnyLogic. Исследования данной модели показали существенное влияние панического состояния людей на эффективности

эвакуации. Показано, что полученные результаты хорошо согласуются с известными результатами других исследований, а именно, что значительное увеличение скорости эвакуирующейся толпы приводит к снижению эффективности эвакуации. Полученные результаты подтверждают значительное влияние психоэмоционального состояния толпы на процесс эвакуации. Таким образом, показана важность и необходимость управления распространением паники в толпе для контроля скорости и направления ее движения при пожаре в общественных зданиях для обеспечения своевременной и безопасной эвакуации. Предложен подход к прогнозированию предэвакуационного поведения людей при пожаре, основанный на адаптивной сетевой системе нечеткого вывода, который может применяться для манипулирования ограниченными данными человеческой реакции при пожаре.

В третьей главе **"Моделирование эвакуации людей из общественных зданий"** разработана имитационная модель эвакуации людей на примере ТРЦ, реализованная в системе Anylogic, в которой формируется физическое движение людей на исследуемом объекте без учета панического поведения, а также мультиагентная модель движения людей с учетом фактора паники, в которой уровень психоэмоционального состояния или степени паники агентов зависит от трех основных факторов: времени нахождения в здании, плотности скопления людей, расстояния до ближайшего эвакуационного выхода. Данные модели легли в основу предложенного метода оценки эффективности организации эвакуации людей из общественного здания при пожаре. Предлагаемый метод позволяет при описании психоэмоционального поведения каждого агента в отдельности в процессе эвакуации оценивать эффективность организации эвакуации толпы в целом. Результаты применения данного метода и моделей показали, что возможные панические состояния эвакуирующихся могут оказывать влияние на эффективность эвакуации при некоторых сценариях, когда в результате изменения поведения людей будут образовываться скопления на эвакуационных путях.

В четвертой главе **"Научно-методические средства интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению эвакуацией людей из общественных зданий"** исследованы возможности применения методов имитационного моделирования и машинного обучения для решения задачи прогнозирования эффективности организации эвакуации при динамически меняющейся ситуации, выявлены достоинства и недостатки применения каждого из них, сформулированы основные возможности их одновременного применения с целью получения синергетического эффекта в рамках решения поставленной задачи. Предлагаемый подход их одновременного применения позволил разработать методику интеллектуального прогнозирования времени эвакуации людей из общественных зданий типа ТРЦ. Имитационная модель эвакуации в рамках методики использовался для формирования наборов данных при исследовании множества сценариев эвакуации, которые в дальнейшем применялись в алгоритмах машинного обучения. Модели машинного обучения применялись далее при прогнозировании времени эвакуации в зависимости от сложившейся ситуации в исследуемом ТРЦ, что обеспечивало повышение оперативности прогнозирования, что имеет существенное значение при принятии управленческих

решений в режиме реального времени. Разработанная методика легла в основу предложенной в четвертой главе диссертации компьютерной программы «Система прогнозирования эффективности эвакуации из зданий с использованием нейронных сетей «Evoneural». Обоснована концептуальная схема системы интеллектуального управления эвакуацией, включающая в себя модуль интеллектуального прогнозирования эффективности организации эвакуации. Проведена оценка качества применения разработанных научно-методических средств прогнозирования эффективности организации эвакуации, которая подтвердила достижение цели диссертационного исследования. Обосновано, что предлагаемый в диссертации подход применения моделей машинного обучения на основе данных, полученных из имитационных моделей, предлагает разумный компромисс между точностью и оперативностью прогнозирования.

В заключении изложены основные итоги исследования, обоснованы рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы диссертации.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается применением общенаучных методов, использованием современных сертифицированных компьютерных программ, корректным заданием исходных данных, непротиворечивостью полученных результатов и их согласованностью с результатами других авторов.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Предложена системно-динамическая модель распространения паники при эвакуации людей из общественных зданий, которая в отличие от ранее известных моделей эвакуации дополнительно учитывает влияние психоэмоционального состояния толпы на процесс эвакуации.

2. Предложен метод оценки эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий, который по-новому реализует возможности агентно-ориентированного подхода для описания психоэмоционального поведения каждого эвакуирующегося в отдельности, что позволяет оценить время эвакуации толпы в целом с учетом панического состояния ее агентов.

3. Впервые предложен подход одновременного использования методов имитационного и нейросетевого моделирования для решения задачи оценки эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий типа ТРЦ.

4. Задача прогнозирования эффективности организации эвакуации из общественных зданий типа ТРЦ решена с использованием авторской модели, метода, методики.

Значимость полученных результатов.

Теоретическая значимость результатов работы:

1. Установлена существенная взаимосвязь между степенью распространения паники при пожаре в организационных системах и скоростью эвакуации из общественных зданий.

2. Развита класс методов оценки эффективности организации процесса эвакуации людей в части учета факторов паники.

3. Расширены границы применимости методов имитационного и нейросетевого моделирования в решении задачи организации эвакуации людей из общественных зданий.

Практическая значимость:

1. Научно обоснована необходимость и возможность учета фактора распространения паники при моделировании процесса эвакуации людей.

2. Метод оценки эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий с использованием агентно-ориентированного подхода обеспечивает возможность количественной оценки эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий типа ТРЦ в условиях паники.

3. Обеспечивается возможность оперативного прогнозирования времени эвакуации в условиях динамически меняющейся ситуации при пожаре в общественных зданиях, а также решения задачи оптимального планирования путей эвакуации в темпе изменения обстановки при пожаре за счет повышения качества прогнозирования эффективности организации эвакуации.

Публикации. В диссертацию включены материалы по 23 научным работам, в том числе 8 статей, 14 материалов, включенных в сборники трудов научных конференций, из них 1 статья, индексируемая в международных базах Web Of Science и Scopus, 5 статей в научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. Получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Аннотация и текст диссертации. Текст диссертации изложен грамотным научным языком, соблюдена логическая последовательность. Оформление соответствует ГОСТ 7.0.11-2011. Аннотация в полной мере отражает текст диссертационной работы.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационное исследование соответствует п.2 "Разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем" и п.5 "Разработка методов получения данных и идентификации моделей, прогнозирования и управления организационными системами на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации" паспорта научной специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки).

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования. Полученные результаты могут быть использованы:

– при проектировании зданий ТРЦ в интересах обеспечения требуемого уровня индивидуального пожарного риска;

– при разработке планов эвакуации из общественных зданий, в том числе зданий типа ТРЦ;

– при обосновании рекомендаций по способам повышения уровня обеспечения пожарной безопасности и требуемого времени эвакуации из общественных зданий, в том числе зданий типа ТРЦ;

– в учебном процессе в рамках дисциплин, связанных с разработкой управленческих решений в чрезвычайных ситуациях, математического моделирования организационных систем.

При изучении текста диссертации и автореферата, заслушивании выступления соискателя возникли следующие **замечания и вопросы**:

1. Из диссертационной работы не понятно каким образом описывается и формализуется в методиках человек (группа).

2. В диссертационной работе не представлено решение для систем реального времени и не понятно, как решается проблема вычислительной сложности.

3. Не использована интеллектуализация в системе поддержки принятия решений (данных о людях в системе нет, только техническая информация – через датчики).

4. Отсутствует информация о внедрении результатов диссертационной работы в существующих системах обеспечения пожарной безопасности.

5. В работе встречается необоснованная краткость изложения одних вопросов и чрезмерная подробность изложения других. В частности, на с. 92-94 диссертации изложены всем известные основы видов машинного обучения и принципы имитационного моделирования, в то время как вопросы формирования сценариев эвакуации для разработанной имитационной модели не освещены, хотя они не очевидны.

6. В главе 1 автором отмечено, что при состоянии паники эвакуирующиеся могут принимать нерациональные решения, выбирая неправильные направления движения при эвакуации, переходить на бег или наоборот впадать в оцепенение (см. с. 34). Однако в предлагаемой модели процесса эвакуации людей с учетом фактора паники на с.83-85 диссертации паническая реакция проявляется лишь в увеличении скорости эвакуации. Не ясно, каким образом в данной модели и последующем методе оценки эффективности организации эвакуации людей из общественного здания при пожаре учитываются другие факторы, например, выбор неправильного направления движения.

7. Разработанную в диссертационном исследовании систему интеллектуального прогнозирования времени эвакуации людей из общественных зданий типа ТРЦ логичнее было бы представить в виде самостоятельного научного результата, а не в рамках методики интеллектуального прогнозирования.

8. Для интеллектуальной модели прогнозирования автор по тексту использует различные обозначения (ML-модель, модель ИНС, NN), что в значительной степени затрудняет восприятие материала, хотя, по сути, имеется в виду одно и то же.

Выявленные замечания не снижают общую ценность диссертационной работы и не влияют на основные полученные в ней теоретические и практические результаты.

Заключение

Таким образом, диссертационная работа Котковой Елизаветы Александровны на тему: "Методика интеллектуального прогнозирования эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий" является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной

задачи – разработка научно-методических средств оценки эффективности организации эвакуации людей из общественных зданий с учетом фактора паники в условиях динамически меняющейся ситуации, имеющей значение для развития управления в сфере безопасности в организационных системах.

Диссертационная работа соответствует п.п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 "О порядке присуждения ученых степеней", предъявляемых к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Коткова Елизавета Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки).

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на заседании Высшей школы техносферной безопасности, протокол № 1 от 03.09.2024.

Профессор Высшей школы
техносферной безопасности
доктор технических наук, доцент

Лепешкин Олег Михайлович

Личную подпись Лепешкина Олега Михайловича заверяю



Сведения о лице, утвердившем отзыв ведущей организации на диссертацию:
Сергеев Виталий Владимирович, первый проректор федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, Политехническая ул., д. 29, литера Б, тел. 8 (812) 552-97-14, e-mail office@spbstu.ru.