

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ И АЛГОРИТМИЗАЦИЯ МЕ- ТОДОВ И МЕХАНИЗМОВ ПОДДЕРЖКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗА- ЦИИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗ- ВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

INTELLECTUALIZATION AND ALGORITHMIZATION OF METHODS AND MECHANISMS OF SUPPORT AND DECISION-MAKING IN THE ORGANIZATION OF EMERGENCY RESPONSE

УДК 004.89

*КИСИЕВ Х.Ф.
KISIEV K.F.*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

153040, г. Иваново, проспект Строителей 33.
тел. +7(4932)26-10-48

*ТИХОНОВ Э.Е.
TIKHONOV E.E.*

Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Невинномысский государственный гумани-

тарно-технический институт»

State Autonomous educational institution of higher professional education «Nevinnomyssky state humanitarno-technical institute»

357112 Ставропольский край, г. Невинномысск,
ул. Бульвар мира 17-а

Аннотация: в статье рассматриваются различные подходы к автоматизации процессов управления и принятия решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций и организации взаимодействия человека и технических систем. Анализируются существующие методы: сети Петри, нейросемантическое моделирование, экспертные системы. Предлагается новый подход на основе фреймового представления знаний. Обсуждаются проблемы формализации информации о чрезвычайных ситуациях, логического вывода и принятия решений в интеллектуальных системах. Рассматриваются принципы создания систем распознавания и синтеза речи, адаптированных к голосу конкретного диктора. Определяются основные этапы и трудности их разработки. Предлагаемые методы и алгоритмы направлены на повышение эффективности управления в чрезвычайных ситуациях и упрощение взаимодействия человека и технических систем.

Annotation: the article discusses various approaches to the automation of management and decision-making processes in emergency response and the organization of human interaction and technical systems. The existing methods are analyzed: Petri nets, neurosemantic modeling, expert systems. A new approach based on the frame representation of knowledge is proposed. The problems of formalization of information about emergency situations, logical inference and decision-making in intelligent systems are discussed. The principles of creating speech recognition and synthesis systems

adapted to the voice of a particular speaker are considered. The main stages and difficulties of their development are determined. The proposed methods and algorithms are aimed at improving the efficiency of emergency management and simplifying the interaction of humans and technical systems.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, тушение пожара, компьютерная поддержка принятия решений, интеллектуальные системы поддержки принятия решений.

Keywords: emergencies, fire extinguishing, computer decision support, intelligent decision support systems.

Актуальность исследований по данной тематике определяется следующими факторами:

1) Высокая степень автоматизации и роботизации технологических процессов, порождающая рост рисков техногенных аварий и катастроф. Эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации напрямую влияет на уровень человеческих жертв и экономического ущерба.

2) Сложность и многофакторность задач управления, требующая адекватного инструментария поддержки лиц, принимающих решения, для обеспечения ситуационной осведомленности и прогнозирования. Использование искусственного интеллекта в этой сфере.

3) Растущая технологическая сложность систем управления, взаимодействующих с человеком-оператором, которая, в свою очередь, усложняет задачи эксплуатации и модернизации. Разработка интуитивных интерфейсов на основе обработки естественного языка актуализирует исследования в области распознавания и синтеза речи.

4) Потребность в интенсификации и повышении качества профессиональной подготовки специалистов, ответственных

за принятие управленческих решений в критических ситуациях. Интеллектуальные обучающие системы и тренажеры могут эффективно решать эти задачи.

Таким образом, развитие рассматриваемых подходов и алгоритмов будет способствовать как совершенствованию систем поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях, так и повышению безопасности и надежности взаимодействия человека и техники. Это в конечном счете обеспечит снижение рисков техногенных катастроф и уровня связанного с ними ущерба.

Изученные публикации на данную тематику посвящены актуальной проблематике - разработке методов и алгоритмов поддержки принятия решений в критических ситуациях, требующих оперативного реагирования и управления, в том числе при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера. Задачи такого рода отличаются высоким уровнем неопределенности, дефицитом времени для анализа и принятия решений, многофакторностью и противоречивостью вовлеченных критериев. Это требует комплексирования различных подходов и методов, в том числе искусственного интеллекта.

В частности, в работах Ничепорчука В.В. и Морозова Р.В. анализируется возможность применения для формализации знаний и логического вывода в экспертных интеллектуальных системах поддержки принятия решений фреймовых структур наряду с традиционными используемыми продукционными правилами. Преимуществом фреймов является более компактное и естественное представление типовых ситуаций со сложными взаимосвязями.

В то же время при разработке подобных систем с использованием логико-лингвистических моделей требуется решать задачи структуризации и формализации

знаний экспертов-специалистов предметной области, разрешения неоднозначностей и противоречий. Это остается одним из камней преткновения в практической реализации механизмов логического вывода.

Большой интерес в контексте рассматриваемой темы представляют системы взаимодействия человека и технических комплексов, в том числе роботизированных, на естественном языке, использующие технологии распознавания и синтеза речи. Как отмечается Новиковым Д.С. и Тынченко В.В., создание таких интерфейсов существенно упрощает общение человека с машиной. Однако на этом пути имеется немало сложностей. Это и сложности выделения отдельных фонем в потоке речи, и проблемы адаптации к различным дикторам, шумам и искажениям сигнала. Поэтому разработка дикторонезависимых систем распознавания также остается актуальной задачей современной науки.

Несмотря на различия в рассмотренных подходах и методах, их объединяет общая цель - повышение эффективности взаимодействия человека и технических систем в критических ситуациях, требующих выработки оперативных решений в условиях дефицита времени, ресурсов и априорной информации. Это остается одной из фундаментальных междисциплинарных проблем, интегрирующей достижения искусственного интеллекта, робототехники, психологии, когнитивных и организационных наук.

В статьях Ничепорчука В.В. и Морозова Р.В., Новикова Д.С. и Тынченко В.В. рассматриваются различные методы и алгоритмы поддержки принятия решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций и организации взаимодействия человека и технических систем.

Авторы анализируют применение для этих целей сетей Петри, нейросемантических структур, экспертных

систем, а также предлагают новый метод на основе фреймового представления знаний. Обсуждаются проблемы формализации знаний и логического вывода при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Новиков Д.С. и Тынченко В.В. рассматривают принципы создания дикторонезависимых систем распознавания речи, позволяющих упростить взаимодействие человека и технических систем. Определяются этапы разработки таких систем и связанные с этим трудности.

Представленные в статьях результаты вносят вклад в развитие методов интеллектуальной поддержки принятия решений при ликвидации ЧС и организации гуманно-машинного взаимодействия.

В работах многих авторов на эту тему рассматриваются следующие основные методы для поддержки принятия решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций:

1. Использование сетей Петри для моделирования сценариев развития ЧС и оценки результатов принимаемых решений.
2. Применение нейросемантических структур для причинно-следственного анализа взаимодействующих процессов.
3. Использование экспертных систем с продукционными и фреймовыми моделями представления знаний.
4. Применение методов исследования операций (транспортные модели, задачи линейного программирования, марковские цепи, теория игр).
5. Методы машинного обучения (адаптивное управление, обратные задачи).

Основные используемые при этом механизмы:

1. Автоматизированные информационно-управляющие системы.
2. Экспертные и интеллектуальные системы поддержки принятия решений.
3. Системы внутреннего контроля на основе риск-ориентированного подхода.
4. Многоагентные робототехнические системы.

Прежде всего, отметим, что подобные модели, методы и алгоритмы информационно-аналитической поддержки принятия решений по распределению сил и средств при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций должны базироваться на математических моделях, адекватных специфике рассматриваемой предметной области. К таким относятся:

- Транспортные задачи линейного программирования, моделирующие распределение однородных ресурсов (техники, персонала) между одновременными вызовами. Решение задачи заключается в оптимизации целевой функции (минимизации совокупных затрат или потерь) при ограничениях в виде балансов ресурсов.

- Марковские модели прогнозирования с определением вероятностей переходов между ключевыми фазами ликвидации ЧС во времени. Это позволяет оценивать общую продолжительность операции.

- Управляемые марковские цепи для выбора оптимального ранга пожара с учетом затрат на ликвидацию и потенциального предотвращенного ущерба.

- Матричные игры с природой при моделировании рискованных решений по спасению людей. Платежи и вероятности выбираются на основе байесовских оценок.

- Мультиагентное имитационное моделирование для оптимизации параметров и режимов функционирования групп роботизированных систем ликвидации ЧС.

Для практического применения эти базовые модели должны обладать свойствами адаптивности к изменчивым условиям и предпочтениям лиц, принимающих решения (ЛПР). Это достигается за счет решения обратных оптимизационных задач, идентифицирующих параметры модели (целевую функцию, вероятности переходов, элементы платежной матрицы)

по наблюдениям за принятыми ранее в аналогичных ситуациях решениями. Так реализуется механизм машинного обучения, накапливающий «опыт» эффективного управления.

Для алгоритмической реализации процессов обучения и прогнозирования используются вычислительно эффективные рекуррентные процедуры на основе теории оценивания (метод наименьших квадратов, байесовские методы).

Рассмотрим прикладные аспекты и отдельные частные вопросы применения моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки для задач оперативного управления силами и средствами при ликвидации пожаров и ЧС.

В частности, актуальной является разработка специализированных подсистем для решения таких типовых задач, как:

- 1) определение оптимального количества и типов привлекаемой пожарно-спасательной техники исходя из масштабов происшествия.

- 2) выбор рациональных маршрутов движения и развертывания подразделений на местности в условиях ограниченного времени с учетом дорожной обстановки.

- 3) расстановка приоритетов при распределении сил и ресурсов между одновременными вызовами в зависимости от их относительной опасности и возможных рисков эскалации.

- 4) оценка целесообразности и интенсивности тушения при каскадном (многоочаговом) распространении горения на значительных площадях.

Как видно, класс решаемых оптимизационных задач весьма разнообразен. Это требует гибких настраиваемых алгоритмов, интегрирующих вероятностные, эвристические, имитационные и другие модели и методы.

В зависимости от конкретного применения возможно также добавление

в интеллектуальные системы поддержки принятия решений дополнительных аналитических компонентов:

- подсистемы мониторинга обстановки по сенсорным данным;
- ГИС с пространственно-координированными моделями местности;
- базы знаний правил и рекомендаций в виде экспертных систем;
- механизмы коллективного принятия решений с участием нескольких специалистов и др.

Такой комплексный подход наиболее полно соответствует современным требованиям всепогодного информационного обеспечения задач предупреждения и оперативной ликвидации пожаров, техногенных аварий и стихийных бедствий.

В дополнение к ранее изложенному добавим дополнительные выводы, касающиеся алгоритмизации и программирования таких важных организационно-технических аспектов, как:

- Комплексирование разрабатываемых алгоритмически-программных решений с существующими автоматизированными системами управления и сбора информации в рамках единой информационно-коммуникационной инфраструктуры. Это позволяет максимально эффективно использовать накапливаемые данные, сократить временные задержки и избежать дублирования функций.

- Соблюдение кроссплатформенности и масштабируемости программных комплексов - за счет использования клиент-серверных WEB-ориентированных архитектур на основе распределенных СУБД и облачных сервисов. Это расширяет круг потенциальных пользователей системы и делает возможным поэтапное наращивание её функциональных характеристик.

- Применение геоинформационных систем (ГИС) с возможностью интеграции картографической, сенсорной и статистической информации. Совмещение

этих данных в единой системе координат обеспечивает наглядное представление оперативной обстановки и моделирование сценариев развития событий.

- Обеспечение масштабируемости разрабатываемых решений как по вертикали уровней управления (от местных гарнизонов до региональных штабов), так и по горизонтали территориально распределённых группировок сил реагирования.

- Создание открытых программных интерфейсов для интеграции перспективных инновационных решений - беспилотных летательных аппаратов, роботизированных комплексов, систем искусственного интеллекта и пр. Актуальной задачей является их органичное встраивание в существующие аппаратно-программные комплексы.

Считаем, что учет перечисленных факторов и принципов в значительной мере будет способствовать повышению эффективности систем поддержки управленческих решений рассматриваемого класса задач по распределению сил и средств в условиях рисков и дефицита времени.

Таким образом, предложенный подход позволяет сочетать точность математических моделей с гибкостью и адаптивностью за счет обратных связей, реализующих накопление и учет опыта в системе поддержки ЛПР. Комплекс интеллектуальных алгоритмов обеспечивает информационно-аналитическую поддержку в задачах рационального распределения дефицитных ресурсов при ликвидации пожаров и других опасных происшествий.

Для полного раскрытия темы статьи необходим комплексный подход с использованием различных математических методов и информационных технологий. Важна адаптивность моделей к конкретной ситуации и предпочтениям лица, принимающего решения. Требуется учет

человеческого фактора, ограниченных ресурсов по времени и информации. Перспективно применение робототехники и систем искусственного интеллекта. Необходима организация эффективного взаимодействия в управленческой иерархии. Все эти задачи будут рассмотрены в дальнейших исследованиях.

Примечания

1. Бадзиев А. К. Совершенствование тактики тушения пожаров в зданиях повышенной этажности / А. К. Бадзиев, Э. Е. Тихонов // Потенциал и вызовы развития возобновляемой энергетики : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием . Ставрополь, 2023. С. 63-71
2. Тихонов Э. Е. Адаптация инструментария теории катастроф и интеллектуального анализа данных к прогнозированию развития социально-экономических систем / Э. Е. Тихонов, Е. С. Дроздова, Е. А. Богачева // Вестник института Дружбы Народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством). Экономические науки. 2022. № 4(64). С. 89-94.