

УДК 004.78

И.В. ШОСТАК, Л.В. МАНДРИКОВА, З.В. КАМЕНЕВА

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»***ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ**

Рассмотрен подход к синтезу интеллектуальной компоненты системы поддержки принятия решений по чрезвычайным ситуациям (ЧС) на основе обобщенной типовой модели. Приведен иллюстрированный пример из предметной области «лесные пожары».

интеллектуальная компонента, система поддержки принятия решений, база знаний, чрезвычайная ситуация, лесной пожар

Введение

Экстремальные явления в окружающей человека среде (техносфере, природной и социальной среде) являются следствием сложного процесса взаимодействия человека с техническими, биологическими, социальными и иными системами. Знание этого процесса необходимо для устойчивого развития общества, переход к которому обеспечивается сбалансированным решением социально-экономических задач, проблем окружающей среды, природно-ресурсного потенциала для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений. Исходным пунктом всех экстремальных явлений, а также связанных с ними катастроф и чрезвычайных ситуаций, являются различного рода опасности. Опасность – это ситуация в окружающей человека среде, в которой при определенных условиях случайного и детерминированного характера возможно возникновение факторов опасности, способных привести к одному или совокупности нежелательных последствий для человека и окружающей среды [1]. Учитывая экстремальную сущность явления и его социально-экономические последствия, под «катастрофой» понимают события, нарушающие нормальную жизнедеятельность человека или общества в целом, характеризующаяся пострадавшими материальными потерями и уменьшением средств к существованию

в масштабе при котором пострадавшие (человек, фирма, общество) не могут восстановить разрушения, используя только собственные ресурсы, без поступающей извне технической и экономической помощи. Для возникновения катастрофы необходимо выполнение следующих условий [1]: реализация опасности и появление факторов опасности; пространственная и временная совместимость опасности, человека и окружающей среды; уязвимость человека, общества в целом, окружающей среды. Если не будет выполнено хотя бы одно из указанных условий, катастрофа не произойдет, при этом справедлива логическая формула:

«катастрофа» = «опасность» + «уязвимость».

Катастрофы удобно рассматривать по следующим характеристикам: причины, общие сведения, прогнозирование, предупреждение, ликвидация последствий. После катастрофы возникает обстановка, которая, в зависимости от тяжести последствий, может быть определена как чрезвычайная ситуация (ЧС), и характеризующаяся значительным материальным ущербом, пострадавшими, нарушением условий жизнедеятельности людей [1]. ЧС как событие заканчивает цепочку событий

«опасность» – «катастрофа» – «ЧС».

На рис. 1 представлен жизненный цикл ЧС на примере лесного пожара.

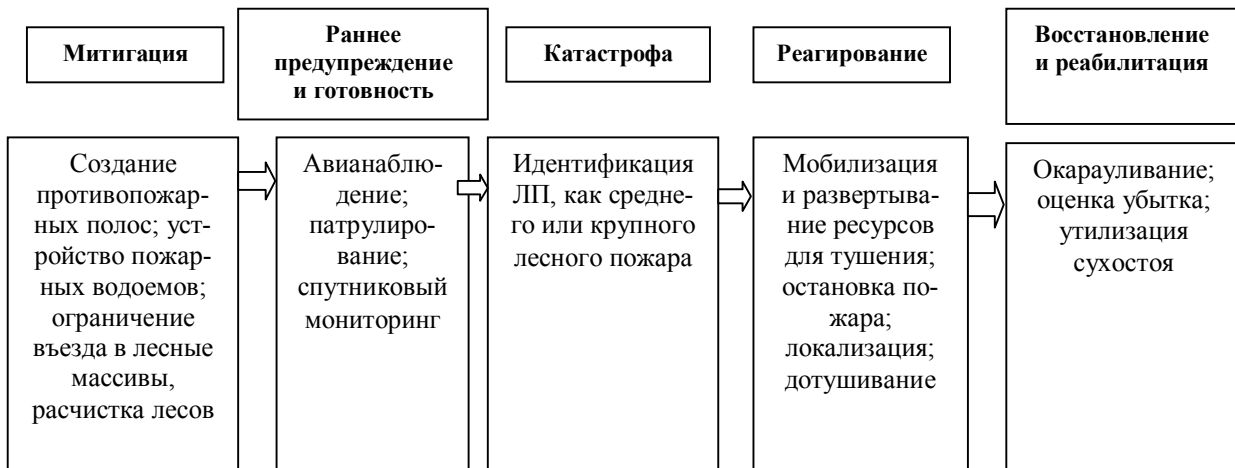


Рис. 1. Фазы жизненного цикла ЧС

Технический процесс породил устойчивую тенденцию к возникновению чрезвычайных ситуаций в различных сферах деятельности общества, поэтому проблема создания эффективных компьютеризированных средств прогнозирования и преодоления последствий ЧС имеет большое теоретическое и прикладное значение.

Наличие указанной проблемы привело к созданию в ряде стран, таких как Великобритания и Швеция, компьютерных систем национального масштаба, предназначенных для борьбы различного типа чрезвычайных ситуаций. В Украине ведутся работы по созданию Украинской информационно-аналитической системы по чрезвычайным ситуациям (УИАС ЧС). К настоящему моменту создан ряд компонентов УИАС ЧС, в частности, прототип интеллектуальной системы поддержки принятия решений по ликвидации лесных пожаров (ИСППР ЛП), включающий основные модули, такие как ядро (БЗ и машина вывода); интерфейсная часть, инженеры знаний и лица, принимающие решения; блок мониторинга объекта влияния и окружающей среды. Функционирование указанных компонентов обеспечивается соответствующими программно-инструментальными средствами. Проблемы проектирования и дальнейшей эксплуатации ИСППР ЛП, других компонентов и УИАС ЧС в целом вытекают из не-

достаточной эффективности используемой информационной технологии в части сбора, хранения и обработки информации. Решение этих проблем предполагает постановку и реализацию задач, связанных с созданием обобщенной типовой модели (ОТМ) ЧС на основе использования знаниеориентированных методов, архитектуры УИАС ЧС, ориентированной на использование ОТМ ЧС как интеллектуального ядра прикладных подсистем, разработку алгоритмов манипулирования большими объемами знаний в БЗ отдельных подсистем, разработку алгоритмов программной реализации ОТМ ЧС синтез базы знаний по ликвидации ЛП как приложения ОТМ ЧС.

1. Чрезвычайные ситуации как новый тип сложных объектов управления

Существование ЧС характеризуется, как правило, наличием большого числа связанных между собой и быстро изменяющихся во времени факторов. Данное обстоятельство позволяет отнести большинство ЧС к категории сложных объектов, функционирование которых отличается существенной неопределенностью.

На рис. 2 представлена обобщенная структура чрезвычайной ситуации на примере лесного пожара.

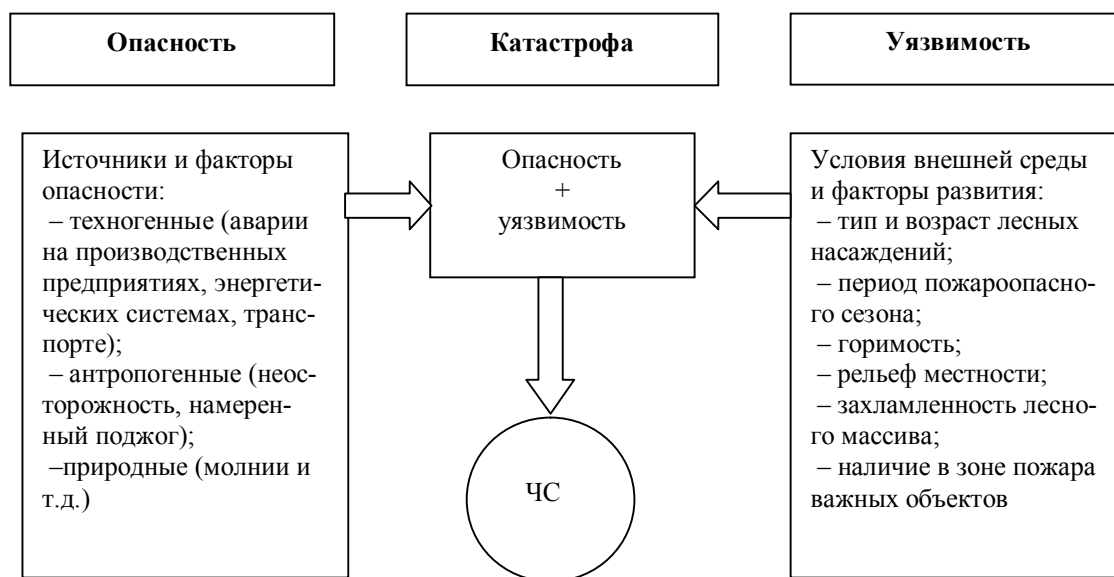


Рис. 2. Обобщенная структура чрезвычайной ситуации природного характера (лесной пожар)

Предупреждение и ликвидация последствий ЧС представляет собой ряд взаимосвязанных проблем, охватывающих вопросы возникновения и развития ЧС, а также комплекс мероприятий организационного и технологического характера, направленных на борьбу с ЧС. Указанные проблемы сравнительно мало изучены, их развитие обычно невозможно точно предсказать, что приводит к большим трудностям при их ликвидации.

Чрезвычайную ситуацию принято рассматривать как слабоструктурированный, нестационарный объект, обладающий рядом проблематичных для традиционного управления свойств, таких как уникальность, определяемая конкретными условиями возникновения, высокая динамичность, неполнота описания объекта, индивидуальность лица, принимающего решения ЛПР, проявляющая в ходе формирования и принятия решений. Процесс развития чрезвычайной ситуации подвержен многочисленным внешним и параметрическим возмущениям, о которых обычно имеется неполная априорная информация, управление ЧС требует, в частности, учета большого числа взаимосвязанных параметров, изменение которых, как правило, носит стохастический и нечеткий характер.

В этих условиях разработка адекватной математической модели ЧС как объекта управления и, следовательно, применение традиционных методов в целом представляет значительные трудности. Использование экспериментальных и статистических методов имеет в данном случае существенные ограничения, вызванные тем, что, во-первых, в силу специфики ЧС невозможна подача на вход каких либо пробных сигналов из-за опасности ухудшения состояния объекта, а во-вторых, большинство ЧС по своей природе уникальны и к ним трудно применять статистические методы.

Для эффективного управления такими объектами, как ЧС, из всех типов систем, известных в теории управления, наиболее пригодны адаптивные системы. В этих системах решение проблемы устранения влияния уничтожения ошибки, вызванной действием внешних возмущений и априорной неопределенности, становится возможным на основе вынужденной коррекции вводимой в них информации о текущем состоянии процесса. Однако применение адаптивных систем в задачах управления ликвидацией ЧС достаточно ограничено в силу существенной нестационарности последних. Кроме того, при использовании адаптивных систем весьма за-

труднительно учесть и использовать эвристические и интуитивные алгоритмы, накопленные специалистами в области ликвидации ЧС в результате многолетней практической деятельности. Вместе с тем, управление в таких организационно-технических системах, как ЧС, является сложным творческим процессом, где ключевая роль принадлежит лицу, принимающему решения (ЛПР). У ЛПР подсознательно на основе опыта формируется собственная система предпочтений относительно критерия управления в условиях ЧС, ограничений и релевантности параметров, которая зачастую согласуется (частично и полностью) с традиционной технологией ликвидации ЧС (например, тушением лесного пожара).

2. Особенности возникновения и развития лесных пожаров, а также борьбы с ними

Одной из типичных ЧС являются лесные пожары (ЛП), которые по принятой классификации [1] относятся к ЧС природного характера. В борьбе с лесными пожарами огромное значение имеют вопросы стратегии и тактики борьбы. Первоначальные действия по ликвидации ЛП определяются размером площади, охваченной пожарами, и имеющимися в наличии средствами подавления огня. К ним относятся рекогносцировку или разведку ЛП (наземную или воздушную), устанавливающую его основные параметры. Лесные пожары являются также объектом постоянного внимания при наблюдении со спутников земли. Борьба с лесными пожарами проводится не только путем непосредственного тушения огня но и путем локализации пожара, т.е. ограничением его территории, задержки его продвижения. В зависимости от вида пожара применяются следующие технические приемы и способы непосредственного тушения и локализации лесных пожаров:

- захлестывание кромки пожара,
- засыпка кромки грунтом,

- подавление наземного огня водой,
- тушение огнегасящими химическими веществами,
- прокладка заградительных полос,
- отжиг,
- пуск встречного огня,
- прокладка канав,
- применение взрывного метода,
- искусственное вызывание осадков из облаков.

В зависимости от вида пожара и его размера, изменения его состояния во времени различается и тактика борьбы с ЛП. Выбор тактики имеет очень большое значение, поскольку правильная расстановка рабочей силы, умелая разработка плана тушения обеспечивает успех в наступлении на пожар.

Несмотря на необходимость действовать быстро, без малейшего промедления, руководитель должен обдумать весь порядок тушения и его план. Необходимым условием этого является четкое представление о пожаре, которое может быть получено только после его тщательной разведки. Правильно поставленный прогноз развития пожара позволяет выбрать наиболее успешные способы с минимальными затратами.

В зависимости от типа ЛП зависит и распределение ресурсов его тушения. ЛП подразделяют на сильные, средние и слабые, а также на низовые и верховые. В процессе тушения необходимо правильно выбрать тактику действий: окружение очага пожара, охват с флангов, фронтальная атака, заход с тыла. Выбор тактики тушения зависит от характера пожара, наличия рабочей силы и ее оснащения, а также от времени года и суток.

С учетом указанных особенностей возникновения и развития ЛП, а также наличия в большинстве случаев многих очагов горения, разбросанных на значительной территории, эффективное руководство процессом тушения крупного ЛП почти целиком зависит от знаний и опыта руководителя штаба ликвидации пожара, играющего роль ЛПР.

3. Концепция и проблемы синтеза интеллектуальных систем управления процессами предупреждения, преодоления и ликвидации последствий ЧС

В связи с вышеизложенным, особый интерес представляет проблема создания систем управления ликвидацией ЧС, в которых наряду с традиционными методами будут реализованы возможности искусственного интеллекта.

Интеграция средств искусственного интеллекта с традиционными методами управления в рамках единой интегрированной интеллектуальной системы управления (ИИСУ) даст возможность преодолеть слабую структурированность, а также плохую определенность, изначально присущие ЧС и не позволяющие применить к ним в полной мере классические методы управления. Такая система управления ликвидацией ЧС будет пригодна для решения следующих важных проблем:

- 1) учет уникальности возникновения и протекания конкретной ЧС в процессе управления ее ликвидацией;
- 2) использование при формировании управляющих воздействий всей необходимой информации о состоянии ЧС и окружающей среды;
- 3) обработка в реальном времени больших объемов необходимой информации.

В традиционной технологии [2] управления объектами особой сложности, такими как ЧС, включающей обязательные этапы «измерение-идентификация-оптимизация-управление», наибольшие трудности вызывает этап идентификации. Специфика идентификации ЧС заключается в определении текущего состояния объекта с учетом большого числа (порядка сотен и тысяч) взаимосвязанных переменных, значения которых измеряются в реальном времени существования ЧС и оказывают влияние на изменение ее состояния.

Управление в условиях ЧС также связано с рядом проблем, среди которых наиболее существен-

ными являются: формирование управляющих воздействий с учетом многочисленных релевантных параметров при временных ограничениях, определяемых темпом развития ЧС; невозможность эффективного прогноза возмущений на весь период существования ЧС.

Указанные специфические задачи идентификации и управления в условиях чрезвычайной ситуации могут быть реализованы с помощью методов искусственного интеллекта, для чего при создании ИИСУ в структуру традиционной компьютеризованной системы должны быть включены два основных функциональных блока – база знаний (БЗ) и машина вывода.

Как известно, БЗ является важнейшей компонентой интеллектуальной системы. В рамках ИИСУ БЗ даст возможность отразить опыт по ликвидации ЧС многих квалификационных экспертов, полученный ими в процессе многолетней деятельности. Кроме того, БЗ позволит накапливать огромное количество информации и в сравнительно простых вербальных конструкциях представлять сложные, трудно формализуемые взаимосвязи между отдельными параметрами, приближенность и нечеткость исходной информации. Таким образом, БЗ ИИСУ сложным объектом, в частности, ликвидацией ЧС, является по существу аналогом адекватной математической модели, для которой может быть решена задача идентификации. При этом целесообразно организовать структуру БЗ в форме ОТМ ЧС с возможностью создания на ее основе БЗ ликвидации конкретных ЧС в рамках соответствующих подсистем ИИСУ.

Механизм вывода на знаниях (ВНЗ) в ИИСУ даст возможность в реальном времени генерировать решения по ликвидации ЧС с использованием всех необходимых знаний, содержащихся в БЗ. Полученные решения могут быть использованы как рекомендации ЛПР (если ИИСУ построена в форме системы поддержки принятия решений), либо реализованы на объекте (ЧС) в виде управляющих воздействий.

Для оценки текущего состояния объекта в ИИСУ необходим блок мониторинга, который позволит в реальном времени осуществлять периодические замеры значений переменных, характеризующих развитие ЧС и ее ликвидацию, а также база данных (БД) для хранения результатов замеров.

Наличие в составе ИИСУ предметных БЗ, сгенерированных с помощью ОТМ ЧС, механизма ВНЗ и блока мониторинга с БД обеспечивает принципиальную возможность создания в системе, наряду с традиционными, качественно нового информационного контура, охватывающего замеры текущих значений переменных и их результатов в БД, получение решений путем ВНЗ, реализацию управляющих воздействий на объекте.

Одной из наиболее важных является проблема отражения в реальном времени текущего состояния объекта в БЗ, ее решение позволит максимально учитывать динамику развития и ликвидации ЧС и принимать наиболее рациональные решения.

Другая проблема связана с ВНЗ в реальном времени при использовании БЗ большого объема. В этих условиях время на принятие решения зачастую ограничено и возникает необходимость ускорения процесса ВНЗ.

Третья проблема имеет место в связи с существенным влиянием на процессы развития и ликвидации ЧС многочисленных возмущений, что делает невозможным разработку и реализацию стратегии управления на весь период существования ЧС. В связи с этим важное значение приобретает разработка особой стратегии ВНЗ, позволяющей управлять сложным объектом в условиях неполной информации о возмущениях.

Решение указанных проблем, а также включение в состав ИИСУ блоков, обеспечивающих заполнение и верификацию БЗ, сгенерированных на основе ОТМ ЧС, позволит создать двухуровневую систему управления, на нижнем уровне которой будут реализованы традиционные методы управления. Верх-

ний, интеллектуальный уровень будет функционировать совместно с традиционным и обеспечит решение тех задач управления, для которых обычные методы не пригодны или недостаточно эффективны.

Заключение

В статье рассмотрены проблемы синтеза интеллектуальной компоненты информационно-аналитических систем государственного масштаба по чрезвычайным ситуациям на примере подсистемы ликвидации лесных пожаров. В частности, ЧС представлена как особо сложный объект управления (принятия решений), описана предметная область "Ликвидация лесных пожаров", рассмотрены методы повышения эффективности компьютерной поддержки процессов, связанных с ЧС. В качестве методологической базы разработки предложена обобщенная типовая модель ЧС как интеллектуальное ядро прикладных подсистем в составе ИАС ЧС. Изложенные результаты дадут возможность непосредственно перейти к решению задач разработки эффективного программного обеспечения интеллектуальной компоненты ИАС ЧС.

Литература

1. Дзюндзюк Б.В., Хяникяйнен А.И., Швед В.Б. Катастрофы и чрезвычайные ситуации. – Х.: Форт, 1998. – 120 с.
2. Растрингин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. – М.: Сов. радио, 1980. – 230 с.
3. Е.С. Арцыбашев. Лесные пожары и борьба с ними. – М: Лесное хозяйство, 1974. – 46 с.

Поступила в редакцию 16.06.2004

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Авраменко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.