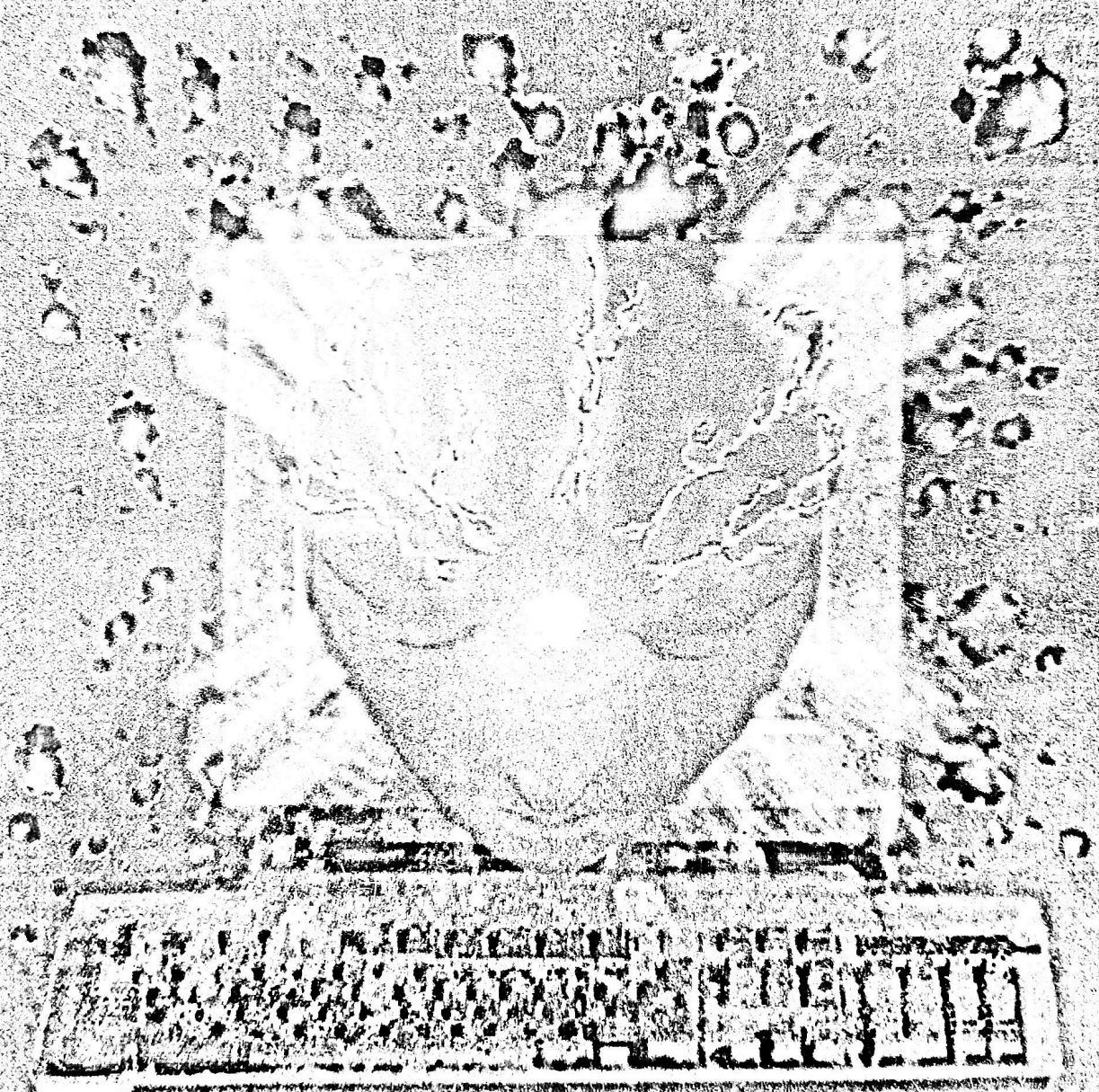


ISSN 1561-5359

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



3 ' 2006

Засновники журналу **Національна академія наук України,
Інститут проблем штучного інтелекту НАНУ і МОНУ**

Головний редактор

Анатолій Іванович Шевченко,
чл.-кор. НАНУ, професор, доктор технічних наук, доктор богослов'я,
директор Інституту проблем штучного інтелекту

Редакційна колегія

Л.А. Білозерський, к.т.н.
С.М. Вороний, к.т.н.
В.П. Гладун, професор, д.т.н.
Ю.І. Журавльов, академік РАН (Москва)
І.А. Каляєв, професор, д.т.н. (Таганрог)
Ю.В. Капітонова, професор, д.ф.-м.н.
І.М. Коваленко, академік НАНУ
Роман Куц, професор, Єльський університет (Нью-Гейвен, США)
С.В. Мащенко, к.т.н.
К.М. Нюнькін, к.ф.-м.н.
Ю.І. Самойленко, чл.-кор. НАНУ
В.І. Скурихін, академік НАНУ
В.М. Ткаченко, с.н.с., д.т.н.
В.І. Черній, професор, д.мед.н.
А.О. Чикрій, чл.-кор. НАНУ
В.Ю. Шелепов, д.ф.-м.н.
А.П. Шпак, академік НАНУ

Відповідальний редактор

С.Б. Іванова, заступник директора
Інституту проблем штучного інтелекту

Відповідальний секретар

І.С. Сальников, кандидат технічних наук,
вчений секретар Інституту проблем штучного інтелекту

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 1803 від 20.11.1995 р., ISSN 1561-5359
Журнал «Штучний інтелект» внесено до переліку журналів ВАК України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів кандидата й доктора наук за спеціальностями «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки»

*Рекомендовано до друку вченою радою Інституту проблем штучного інтелекту
МОН і НАН України. Протокол № 5 від 31 липня 2006 р.
Електронна версія попередніх номерів знаходиться на web-сервері інституту (м. Донецьк)
<http://www.iai.donetsk.ua>*

	<i>Шуклин Д.Е., Липчанский А.И.</i> Применение объектно-ориентированной базы данных/знаний Сerebrum для реализации автоматной грамматики.....	227
.....3	Раздел 4 Нейросетевые технологии	
	<i>Алиева Д.И., Крыжановский В.М.</i> Модель Хопфилда малых размеров с клипированными связями.....	240
.....6	<i>Аляутдинов М.А., Гадушкин А.И., Троенпольская Г.В.</i> Программно-аппаратные эмуляторы нейронных сетей на современных графических процессорах.....	249
.....15	<i>Бутенков С.А., Al Dhouyani Saud</i> Применение нейронных сетей для семантической интеллектуальной сегментации.....	262
.....21	<i>Дорогов А.Ю., Шестопалов М.Ю.</i> Нейросетевые модели регулярных фракталов.....	271
.....25	<i>Крыжановский Б.В., Магомедов Б.М., Микаэлян А.Л.</i> К вопросу о нахождении локальных минимумов в задачах оптимизации.....	284
.....39	<i>Крыжановский М.В., Микаэлян А.Л.</i> Нейросетевой подход к решению задачи управления группой агентов при выборе целей.....	295
	<i>Литинский Л.Б., Романов Д.Е.</i> Кластеризация эмпирических данных с использованием нейросетевого подхода.....	302
.....68	<i>Орловский И.А., Бут Ю.С.</i> Поиск генетическими алгоритмами весовых коэффициентов в моделях тиристорного электропривода на рекуррентных нейронных сетях.....	310
.....79	<i>Субботин С.А.</i> Неитеративный синтез и редукция нейро-нечетких моделей.....	323
....48	<i>Чернухин Ю.В., Писаренко С.Н., Приемко А.А.</i> Нейросетевая система навигационной безопасности транспортных объектов в наземной, подводной, надводной и воздушной средах.....	331
.....57		
.....68		
.....79	Раздел 5 Интеллектуальные системы принятия решений и управления	
	<i>Бойко О.М.</i> Еволюційна технологія розв'язування задачі складання розкладів навчальних занять.....	341
.....92	<i>Булкин В.И.</i> Представление приближенных множеств на языке алгебры предикатов.....	349
	<i>Быченко А.А.</i> Модели процесса распространения пожара на особо опасных объектах в условиях неопределенности.....	359
.....99	<i>Воловник А.Д., Лялина Е.В., Захарова А.А.</i> Моделирование swot-стратегий нечеткой системой..	365
..107	<i>Гаращенко И.В., Панишев А.В., Плечистый Д.Д.</i> Приближенный алгоритм решения симметричной задачи коммивояжера.....	371
...113	<i>Гладун А.Я., Рогушина Ю.В.</i> Использование онтологических знаний и тезаурусов для объективного профилирования специалистов.....	379
..120	<i>Гладун Г.С., Якеменко Г.В.</i> К вопросу о формировании памяти сложных человеко-машинных изделий, реализующей функция оценки среды и выработки управляющих решений..	391
..129	<i>Глубокая М.Г.</i> Метод оценки вероятностей ошибок первого и второго рода системы поддержки принятия решений на этапе взлёта магистрального самолёта.....	396
..139	<i>Даринцев О.В., Мизранов А.Б., Голенастов И.В.</i> Использование технологии Web-служб для организации удаленного управления интеллектуальными микроробототехническими системами.....	404
..144	<i>Капустян С.Г.</i> Алгоритмы коллективного улучшения плана при решении задачи распределения целей в группе роботов.....	409
..148	<i>Клещев А.С., Смагин С.В.</i> Распараллеливание вычислений при решении задачи индуктивного формирования баз знаний.....	421
..161	<i>Лялин В.Е., Воловник А.Д.</i> Нечеткий и дифференциальный подходы к моделированию интеллектуального капитала организации.....	429
..166	<i>П.С. Серняк, Е.Г. Гриневич, А.И. Сагалевич, И.А. Деркач, Ю.Ю. Малинин, Л.А. Баика, Э.В. Шапаренко, А.Е. Лоскутов, А.В. Черников, А.С. Фролов</i> Разработка интеллектуальной системы выбора способа лечения больных с мочекаменной болезнью при единственной почке в аспекте психоэмоциональной коррекции психосоматического статуса.....	435
..174	<i>Таран В.Н.</i> Використання інтелектуальних систем при прогнозуванні зсувних процесів Південного берега Криму.....	441
..186		
..192		
..203		
..214		

УДК 519.816

А.А. Быченко

Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля,
г. Черкассы, Украина
bichenko@ukr.net

Модели процесса распространения пожара на особо опасных объектах в условиях неопределенности

Пожаротушение на предприятиях, относящихся к особо опасным объектам, отличается необходимостью учета катастрофических последствий для людей и окружающей среды. Принятие решений в таких условиях неизбежно сопряжено с ошибками, вызванными цейтнотом и вытекающими последствиями. В статье предложен первый шаг реализации информационно-аналитической технологии, заключающийся в разработке процедуры формирования модели времени распространения пожара, с помощью которой можно максимально близко моделировать процесс принятия решений человеком. Выполнена структурная идентификация и инициализация модели.

Введение и предварительные замечания

Промышленный рост не в последнюю очередь определяется функционированием предприятий химической промышленности и энергетики. Они являются особо опасными объектами, поскольку аварии, катастрофы и пожары могут приводить к последствиям, несущим непосредственную угрозу для жизни людей и окружающей среды. В случае пожара минимизация времени прибытия пожарных расчетов, его локализации и ликвидации являются современными актуальными задачами. В статье будут рассмотрены аспекты их решения, связанные с оптимизацией процессов локализации и ликвидации пожара. Известно, что развитие пожара происходит в считанные минуты и выбор правильного направления развертывания боевых сил и средств определяет эффективность пожаротушения. Его особенностью является необходимость принимать решения в условиях неопределенности, которые имеют как субъективный, так и объективный характер. Частично объективизировать процесс пожаротушения можно за счет использования автоматизированной обработки информации и аналитического прогнозирования скорости распространения огня, что даст возможность определения главных направлений развертывания сил и распределения ресурсов.

Проблема управления процессом пожаротушения особо опасных объектов относится к слабоструктурированным проблемам, поскольку найти структуру аналитической зависимости между скоростью распространения пожара и факторами, ее определяющими, невозможно. Проблемы такого типа и составляют предмет изучения искусственного интеллекта.

Средством, предназначенным для поддержки принятия решений, могла бы стать информационно-аналитическая система (ИАС), в которой осуществляется моделирование процесса распространения огня. В такой ИАС рационально реализовать некий аналог геоинформационной технологии, позволяющий определять пространственные координаты и время пожара, если известны координаты точки возникновения огня.

Основные определения и постановка задачи

Известно [2], что строительные конструкции классифицируют по огнестойкости и способности распространять огонь. Показателем огнестойкости P_o является предел, который определяется временем до наступления одного из граничных состояний:

- потери несущей способности;
- утраты целостности;
- утраты теплоизолирующей способности.

Показателем способности строительной конструкции распространять огонь P , является граница распространения огня, и по этому показателю их делят на три класса:

- граница распространения огня равна нулю;
- граница распространения огня $M \leq 25$ см для горизонтальных конструкций и $M \leq 40$ см – для вертикальных;
- граница распространения огня $M > 25$ см для горизонтальных конструкций и $M > 40$ см – для вертикальных.

Таким образом, для особо опасных объектов известны показатели огнестойкости и способности распространения огня для отдельных строительных конструкций. Другими факторами, влияющими на динамику пожара, являются средняя скорость распространения горения V_o на различных объектах (в основном – помещениях определенного типа) и скорость выгорания некоторых твердых материалов V_v .

Существующие методы определения времени достижения огнем определенной точки базируются на опыте, интуиции руководителя тушением пожара и заключаются в суммировании времен его распространения по разным помещениям и через препятствия. Точность такого расчета является достаточно низкой из-за неопределенности значений многих факторов, их неполноты и неизвестности для лица, принимающего решения.

Осуществим формализованную постановку задачи. Пусть t_0 – время возгорания, $M(x_0, y_0)$ – точка возникновения пожара (рис. 1). Необходимо определить t_k – время достижения пожаром точки $K(x_k, y_k)$. Считаем, что для особо опасных объектов известна структура помещений, месторасположение предметов, усиливающих или замедляющих распространение огня, а также наличие и расположение технических проемов. Заметим, что каждая точка объекта имеет координатную привязку на плоскости. Точка с нулевыми координатами находится в нижнем левом углу. Каждое помещение, коридоры имеют пространственные ограничения, зафиксированные в базе данных.

Не ограничивая общность, предположим, что количество помещений равно N , форма распространения пожара в коридорах является прямоугольной, в других помещениях имеет вид кругового сектора.

Исходная информация включает в себя:

- среднюю скорость распространения огня $V'_i, i = \overline{1, N}$ в каждом из N помещений;
- наличие, координаты и скорость выгорания $V'_j, j = \overline{0, k}$, j -го типа оборудования в i -м помещении;

- наличие, координаты и средняя скорость распространения огня в кабельных шахтах V_{sh}^l ;
- наличие, координаты и огнестойкость дверей $P_d, i = \overline{1, m}$ и окон $P_w, w = \overline{1, m}$;
- наличие, координаты и скорость распространения огня по воздуховодах V_v и технологических проемах.

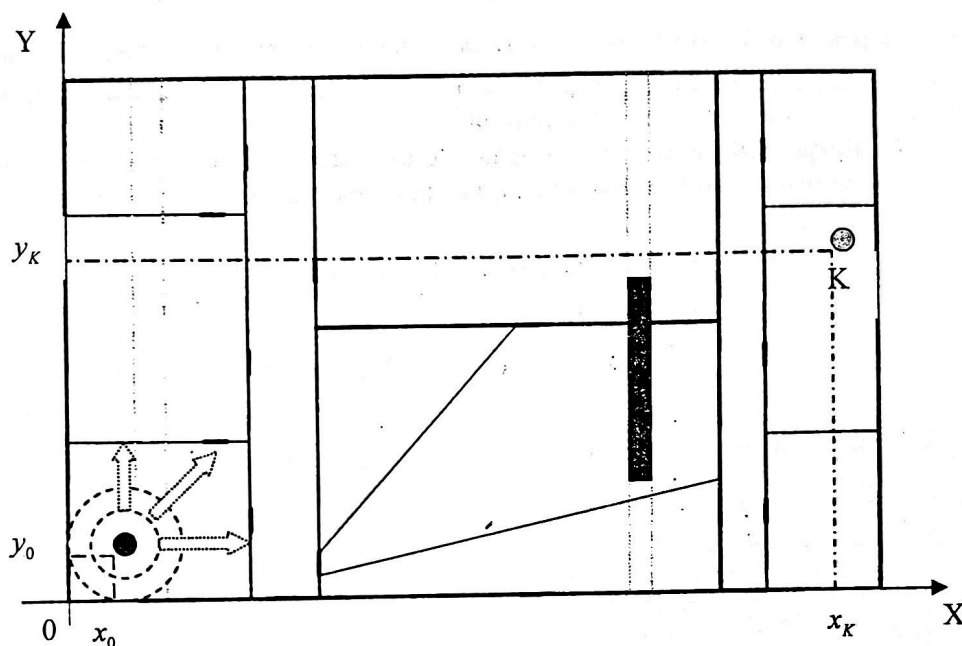


Рисунок 1 – Схема объекта и пути распространения пожара

Структурная идентификация модели времени распространения пожара

В подавляющем большинстве случаев проведение натуральных экспериментов в полном объеме невозможно, также отсутствует статистическая информация. Поэтому принимать решения приходится в условиях неопределенности и такие решения характеризуются доминирующим субъективизмом. Для объективизации процесса принятия решений предлагается применить элементы так называемых «мягких вычислений» [3].

Первый этап заключается в построении модели, которая базируется на нечетком представлении информации. Базовыми элементами такого представления являются лингвистические переменные и функции принадлежности. При формировании термножества лингвистических переменных возможны две ситуации. В первой из них формализация задачи определяется суждениями одного эксперта, во второй – коллективом экспертов. Очевидно, что суждения одного эксперта о параметрах пожара оптимальнее представлять треугольной функцией принадлежности, а суждения коллектива экспертов – трапециевидной. В дальнейшем изложении будем выполнять анализ информации, полученной от одного эксперта.

Определение времени распространения огня из точки М в точку К (рис. 1) необходимо выполнять при предположениях и ограничениях, устраняющих избыточные варианты и оптимизирующие пространство поиска. Поскольку точка К находится на «северо-востоке» от точки М, то ограничимся «верхне-правым» направлением вероятного направления огня. Формально это означает, что рассматриваемому распространению огня соответствуют ситуации

$$x_0 < x_i < x_k, y_0 < y_i < y_k \text{ или } ((x_i > x_0) \wedge (y_i > y_0)),$$

где (x_i, y_i) – координаты точки периметра огня через время t от начала пожара. Необходимым условием для построения модели является дискретизация значений входных факторов и выходной переменной.

В первом приближении модель, описывающая зависимость времени достижения огнем точки К от входных факторов, представима системой логических высказываний [4]:

$$\begin{aligned} \text{Если } & (X_1 = x_1^{11}) \wedge (X_2 = x_2^{11}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{11}) \& \\ & (X_1 = x_1^{12}) \wedge (X_2 = x_2^{12}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{12}) \& \dots \\ & (X_1 = x_1^{1k_1}) \wedge (X_2 = x_2^{1k_1}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{1k_1}), \text{ То} \\ & t = t_1, \text{ Иначе} \\ \text{Если } & (X_1 = x_1^{21}) \wedge (X_2 = x_2^{21}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{21}) \& \\ & (X_1 = x_1^{22}) \wedge (X_2 = x_2^{22}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{22}) \& \dots \\ & (X_1 = x_1^{2k_2}) \wedge (X_2 = x_2^{2k_2}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{2k_2}), \text{ То} \\ & t = t_2, \text{ Иначе} \\ \text{Если } & (X_1 = x_1^{p1}) \wedge (X_2 = x_2^{p1}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{p1}) \& \\ & (X_1 = x_1^{p2}) \wedge (X_2 = x_2^{p2}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{p2}) \& \dots \\ & (X_1 = x_1^{pk_p}) \wedge (X_2 = x_2^{pk_p}) \wedge \dots \wedge (X_m = x_m^{pk_p}), \text{ То} \\ & t = t_p. \end{aligned} \quad (1)$$

В выражении (1) точки $t_i, i = \overline{1, m}$ соответствуют узлам разбиения отрезка $[t_{\min}, t_{\max}] = t_0 < t_1 < \dots < t_n$, где t_{\min} и t_{\max} – минимальное и максимальное предполагаемое время достижения огнем точки К соответственно. X_1 – число, являющееся координатой-абсциссой точки стены помещения, которой достиг пожар. Если стена горизонтальная (рис. 1), то значение X_1 является серединой отрезка, который рассматривается. X_2 – аналог X_1 , он является координатой Y точки стены.

Знание X_1 и X_2 позволяет определить прямую линию, на которой может находиться оборудование. Тогда параметр X_3 определяет время распространения огня до указанной точки при отсутствии препятствий в помещении определенного типа. X_4 – время выгорания оборудования, что может ускорить или замедлить распространение пожара. X_5 – время разрушения или выгорания дверей, если они есть на отрезке указанной выше прямой. X_6 и X_7 – время движения огня по кабельной шахте и воздуховоду до точки в следующем помещении соответственно.

Таким образом, в первом приближении мы имеем модель, включающую в себя семь факторов, два из которых являются числами, пять – нечеткие величины, характеризуемые треугольными функциями принадлежности. Такой же треугольной будет и функция принадлежности для значений выходной величины – времени достижения огнем точки К.

Каждый блок «Если-То» модели (1) соответствует суждениям одного эксперта. Количество экспертов – k_p . Строка в блоке отвечает одному варианту пути распространения огня от точки М до точки К. Тогда фрагмент базы знаний будет таким (табл. 1).

Таблица 1 – Структура данных для инициализации модели

№ экс-перта	№ поме-щения	X_1	X_2	X_3		X_4		X_5		X_6		X_7		T	
				a_3	c_3	a_4	c_4	a_5	c_5	a_6	c_6	a_7	c_7	a_8	c_8
	1	x_1^{11}	x_2^{11}	x_3^{11}	x_4^{11}	x_5^{11}	x_6^{11}	x_7^{11}	x_8^{11}	x_9^{11}	x_{10}^{11}	x_{11}^{11}	x_{12}^{11}	t_1^{11}	t_2^{11}
	2	x_1^{11}	x_2^{11}	x_3^{11}	x_4^{11}	x_5^{11}	x_6^{11}	x_7^{11}	x_8^{11}	x_9^{11}	x_{10}^{11}	x_{11}^{11}	x_{12}^{11}	t_1^{11}	t_2^{11}
	3	x_1^{11}	x_2^{11}	x_3^{11}	x_4^{11}	x_5^{11}	x_6^{11}	x_7^{11}	x_8^{11}	x_9^{11}	x_{10}^{11}	x_{11}^{11}	x_{12}^{11}	t_1^{11}	t_2^{11}
	4	x_1^{11}	x_2^{11}	x_3^{11}	x_4^{11}	x_5^{11}	x_6^{11}	x_7^{11}	x_8^{11}	x_9^{11}	x_{10}^{11}	x_{11}^{11}	x_{12}^{11}	t_1^{11}	t_2^{11}
	5	x_1^{11}	x_2^{11}	x_3^{11}	x_4^{11}	x_5^{11}	x_6^{11}	x_7^{11}	x_8^{11}	x_9^{11}	x_{10}^{11}	x_{11}^{11}	x_{12}^{11}	t_1^{11}	t_2^{11}
	6	x_1^{11}	x_2^{11}	x_3^{11}	x_4^{11}	x_5^{11}	x_6^{11}	x_7^{11}	x_8^{11}	x_9^{11}	x_{10}^{11}	x_{11}^{11}	x_{12}^{11}	t_1^{11}	t_2^{11}

Подстановка значений из базы знаний в модель (1) свидетельствует о том, что осуществлена ее структурная идентификация и инициализация. Очевидно, что время распространения огня по различным маршрутах у разных экспертов будет разным. Для того чтобы минимизировать противоречия и оптимизировать зависимость (1), необходимо решить задачу ее параметрической идентификации. Параметрами зависимости являются значения параметров (a_i, c_i) , $i = \overline{3,8}$ для варианта модели (1) с данными из табл. 1.

Объективизация модели (1) позволит определить минимальное время, за которое пожар может распространиться до определенной точки, найти соответствующий путь и оптимизировать процесс распределения сил и средств пожаротушения.

Заключение

Заметим, что технология получения модели времени достижения огнем некоторой точки на особенно опасном объекте имеет определенные недостатки. Так, в ней отображен некоторый волюнтаризм, вызванный сужением пространства

распространения огня. В то же время такая технология получения модели отличается и избыточностью, поскольку количество путей распространения огня на практике не может в силу разных причин быть таким большим. Также не учтены варианты слияния огневых потоков.

Вместе с тем в статье предложена процедура получения модели времени распространения пожара, являющаяся первым структурным элементом и шагом создания информационно-аналитической технологии поддержки принятия решений при пожаротушении особо опасных объектов. Она будет максимально близкой к технологии принятия решений человеком, поскольку базируется на лингвистическом представлении информации.

Для дальнейшего развития предлагаемой технологии необходимо разработать метод, позволяющий осуществить параметрическую идентификацию модели, а также реализовать возможность учета компетентности экспертов [4-5].

Литература

1. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Теорія прийняття рішень. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2006. – 304 с.
2. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003. – 41 с.
3. Заде Л.А. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных интеллектуальных систем // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 2-3. – С. 7-11.
4. Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – 145 с.
5. Снитюк В.Е., Рифат Мохаммед Али. Модели и методы определения компетентности экспертов на базе аксиомы несмещенности // Вісник ЧІТІ. – 2000. – № 4. – С. 121-126.

А.О. Быченко

Модель процесу поширення пожежі на особливо небезпечних об'єктах в умовах невизначеності
 Пожежогасіння на підприємствах, що належать до особливо небезпечних об'єктів, відзначається необхідністю врахування катастрофічних наслідків для людей і довкілля. Прийняття рішень в таких умовах неминуче пов'язано з помилками, викликаними цейтнотом і наслідками, які з нього випливають. У статті запропонований перший крок реалізації інформаційно-аналітичної технології, що полягає в розробці процедури формування моделі часу поширення пожежі, за допомогою якої можна максимально близько моделювати процес прийняття рішень людиною. Виконана структурна ідентифікація та ініціалізація моделі.

A. Bychenko

The extinguishing on the enterprises related to the especially dangerous objects differs by the necessity of catastrophic consequences consideration for people and environment. Decisions making in such terms is inevitably attended with the errors caused by time trouble and effluent consequences. In this paper the first step of information-analytical technology realization, consisting in development of model forming procedure of fire time distribution, by which it is possible maximally close to modeling the process of decisions making by a man, is offered. Structural identification and initialization of model is executed.

Статья поступила в редакцию 21.07.2006.