

И.М. Тетерин, Н.Г. Топольский, В.М. Климовцов, Ю.В. Прус
**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИГР
В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
РУКОВОДИТЕЛЕМ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА**

Обсуждаются возможности применения математической теории игр в системе поддержки принятия решений (СППР) руководителем тушения пожара. Приведены примеры задач, решаемых в СППР с помощью математической теории игр.

Ключевые слова: система, решение, управление, метод, руководитель

I.M. Teterin, N.G. Topolskiy, V.M. Klimovtsov, Yu.V. Prus
**APPLICATION OF MATHEMATICAL
THEORY OF GAMES IN SYSTEM OF SUPPORT
OF DECISION-MAKING**

The facilities of application for mathematical theory of games in system of support of decision-making (CSSD) are discuss by a head of fire extinguishing. The examples of tasks, which decision in CSSD with a help of mathematical theory of games are presented

Key words: system, decision, management, method, head

1. Игровой подход к принятию решений

При принятии решений в условиях неполноты информации имеются две альтернативы: либо случайные субъективные решения, которые неизбежно связаны с риском и возможными ошибками, либо решения, опирающиеся на научные методы, предварительную оценку результатов различных вариантов действий пожарной охраны во всем диапазоне факторов пожара и обеспечивающие оптимальность по сравнению со случайными волевыми решениями.

Сущность научно обоснованных методов принятия решений при неполноте информации о факторах пожара заключается в следующем. Задача принятия решения интерпретируется как задача нахождения решения в игре двух сторон, одной из которых являются силы и средства пожарной охраны, другой - факторы пожара, которые принято также называть "природой" [136].

Особенностью игр с "природой" является то, что "природа" (в отличие от сознательно действующего игрока) не стремится извлечь выгоду из ошибочных действий другой стороны игры, не противодействует ей (при проведении игр с факторами пожара исключения представляют поджоги, взрывы и другие террористические или диверсионные действия, являющиеся причинами пожаров).

Для проведения каждой игры с "природой" надо знать набор страте-

гий (ходов) обеих сторон, результаты игры при каждой паре стратегий (выигрыш или потери) и по возможности, вероятности стратегий "природы".

Построив матрицу выигрышей (потерь) и проанализировав ее можно заранее оценить последствия каждого решения, отбросить явно неудачные варианты действий сил и средств пожарной охраны и рекомендовать наиболее эффективные действия для всего диапазона факторов пожара.

Конечно, любое решение, принятое при недостаточности информации о факторах пожара, хуже решения, принятого при хорошо известных факторах пожара, но применение игровых методов принятия решений в условиях неопределенности дает преимущество перед субъективными (волевыми) случайными решениями и обеспечивает оптимизацию по сравнению с ними в среднем при массовом характере событий.

Выбор наиболее приемлемых управленческих решений при использовании игровых моделей требует оценки результатов действий пожарных подразделений при различных возможных вариантах решений, определения выигрыша или потерь в борьбе с пожаром. Однако такая оценка в широком диапазоне пожарных ситуаций для каждого объекта не может быть проведена на основе статистических данных (ввиду их недостаточности) или на основе результатов натурных экспериментов (ввиду практической невозможности проведения таких экспериментов как и для любой системы, противодействующей различного рода опасностям: военным, природным, техногенными и др.).

Поэтому возникает необходимость в предварительном проигрывании на моделях действий пожарных подразделений на конкретных объектах при различных вариантах решений. В условиях автоматизации пожарной охраны такое проигрывание целесообразно осуществлять методами математического моделирования на ЭВМ.

Выбор игровых моделей для принятия решений целесообразно осуществлять на основе укрупненной классификации математических игр.

Прежде всего все игры делятся на 2 большие группы: дискретные, в которых множество стратегий дискретно, и непрерывные, в которых множество стратегий непрерывно (рис. 1).

В зависимости от форм игр они делятся на матричные, задаваемые матрицами цен (платежей), и динамические (позиционные или дифференциальные). Дискретная динамическая игра представляется в виде поэтапного многошагового процесса, задаваемого разностными (рекуррентными) уравнениями.

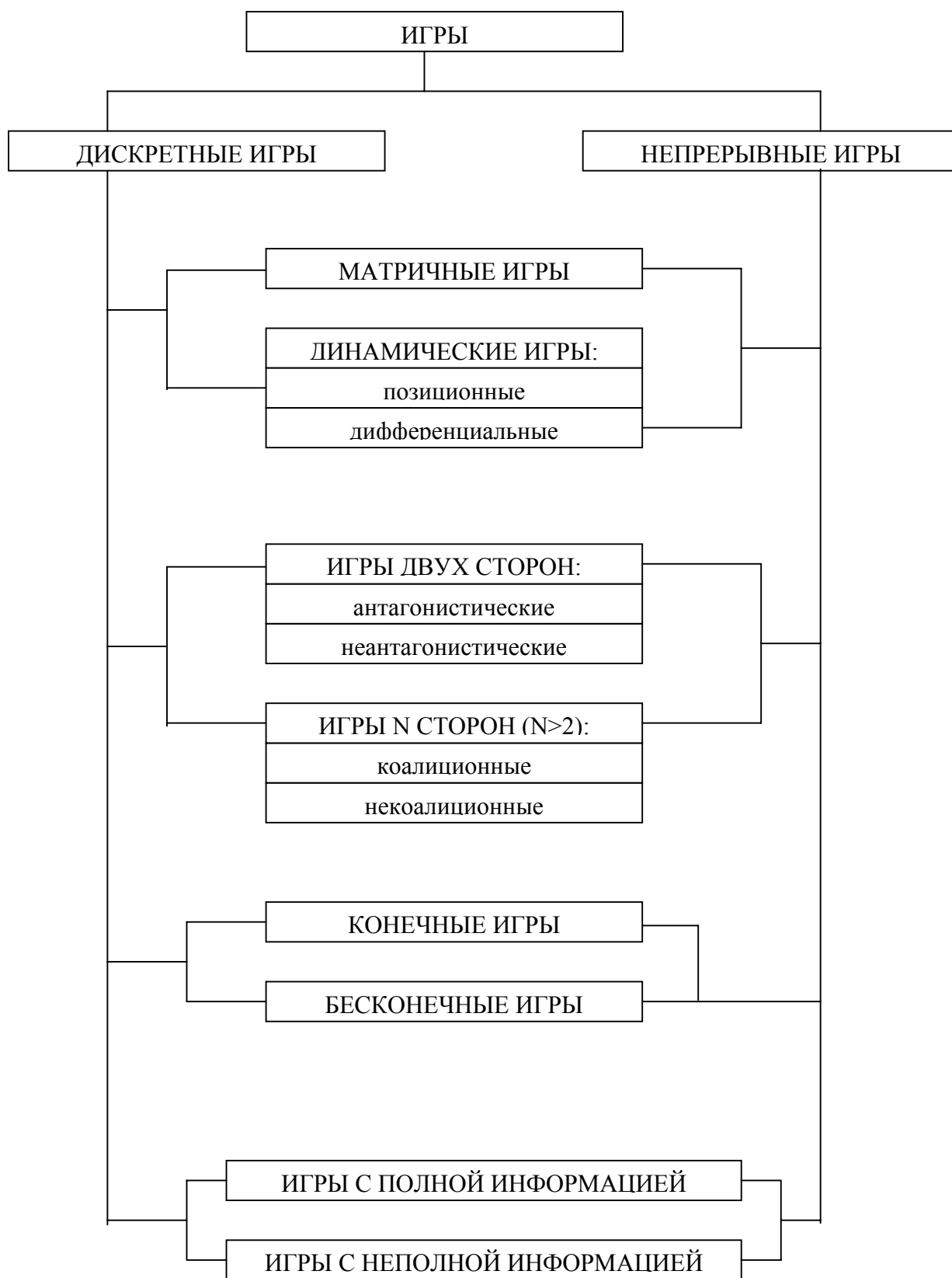


Рис. 1. Классификация матричных игр

Эти уравнения могут иметь вид функциональных уравнений Беллмана в динамическом программировании, дифференциально-разностных уравнений Понтрягина в дискретном принципе максимума или вид соотношений задач математического программирования (нелинейного, линейного и др.). Число стратегий здесь задается множеством допустимых решений [136].

Непрерывные игры рассматриваются как предельный случай дискретных игр при уменьшении шага между стратегиями и замене дискретных стратегий непрерывными функциями.

Полным аналогом динамических (позиционных) игр является непрерывная игра в виде дифференциальных уравнений, так называемая динамическая или дифференциальная.

Антагонистическими являются двусторонние игры, в которых интересы сторон противоположны и их стратегии (ходы) являются осознанными.

Для решения управленческих задач используются двусторонние игры, которые являются в основном неантагонистическими, поскольку большинство факторов пожара не зависит от сознательных действий людей (поэтому их и можно условно называть "природой"), за исключением, как уже отмечалось, игр, в которых в качестве причин пожаров будут рассматриваться поджоги, взрывы и другие террористические и диверсионные действия.

В зависимости от количества имеющейся информации о множестве стратегий сторон различают игры с полной и неполной информацией.

Методы теории игр в наиболее простых случаях дают возможность найти действительно оптимальные решения. В более сложных случаях эти методы дают вспомогательный материал, позволяющий глубже разобраться в сложившейся ситуации, оценить каждое из возможных решений с различных точек зрения, взвесить его преимущества и недостатки, и в конечном счете принять если не единственно правильное, то по крайней мере до конца продуманное взвешенное решение.

Безусловно, следует иметь в виду, что при выборе решения в условиях неопределенности всегда неизбежен некоторый произвол и, следовательно, риск. Однако в сложной ситуации всегда полезно представить варианты решения и их возможные последствия, чтобы сделать произвол выбора решения и риск минимальными.

При предварительном определении методами игрового математического моделирования результатов тех или иных мер по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты и принятии управленческих решений в качестве одной стороны проводимой двусторонней математической игры следует рассматривать силы и средства пожарной охраны, а другой стороны – заранее известные и неопределенные факторы (случайные зна-

чения или диапазоны значений), характеризующие пожарные ситуации, параметры объекта защиты.

Игра двух указанных выше сторон характеризуется совокупностью (x, y) правил их поведения при различных возможных ситуациях. Эти правила определяют стратегии сторон игры на каждом этапе, задаваемые значениями переменных $H(x, y)$ для каждой стороны на любом этапе игры.

Каждая пара оптимальных стратегий (по одной стратегии на каждую сторону игры) определяет партию игры, которая в свою очередь определяет суммарный платеж каждой стороне игры, называемый ценой игры.

В общем случае игра двух сторон может быть задана в виде множества:

$$G = \{x, y, W(x, y)\}. \quad (1)$$

где W - платеж (цена) игры, который в частности может быть задан в виде матрицы;

x - множество стратегий 1-ой стороны;

y - множество стратегий 2-ой стороны.

Построив игровую матрицу и проанализировав ее можно заранее оценить последствия каждого решения, отбросить явно неудачные варианты решений по обеспечению пожаробезопасности и рекомендовать наиболее эффективные варианты для всего диапазона факторов пожара, заданного стратегиями x_i . Если построена игровая матрица, в которой результатами игры w_{ij} являются потери при возникшей ЧС или пожаре, то наилучшей в условиях имеющейся информации о природе будет та стратегия, при которой будут минимальные средние потери, то есть минимальна сумма

$$\sum_{i=1}^n w_{ij} \cdot p(x_i) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Вероятности стратегий "природы" $p(x_i)$ определяют по результатам статистических исследований или экспертного анализа пожаров и взрывов.

Таблица 1

Общий вид платежной матрицы

		y_1	y_2	...	y_m
x_1	$p(x_1)$	w_{11}	w_{12}	...	w_{1m}
x_2	$p(x_2)$	w_{21}	w_{22}	...	w_{2m}
...	...	...	...	...	...
x_n	$p(x_n)$	w_{n1}	w_{n2}	...	w_{nm}

Если вероятности факторов пожара $p(x_i)$ не известны, то предполагается, что все они равновероятны, и в этом случае в расчетах не используются, поскольку $p(x_i)$ (как постоянный множитель) не влияет на проведение сравнительной оценки стратегий системы пожаровзрывобезопасности.

При решении практических задач управления силами и средствами пожарной охраны в условиях всех известных или некоторых известных и ряда неопределенных факторов пожара могут использоваться игровые модели различных видов.

Существуют два подхода к играм с "природой", выбор которых диктуется характером игры и наличием информации о состоянии "природы".

При первом подходе исключается возможность риска, при втором подходе разрешается его использование.

Второй подход целесообразно использовать в тех случаях, когда на основании статистических данных известными являются вероятности стратегий "природы".

для математического моделирования игровой системы, состоящей из двух сторон, необходимо иметь:

- множество данных о стороне 1 игры M_1 ;
- множество данных о стороне 2 игры M_2 ;
- ЭВМ, которая реализует игровой алгоритм, производя операции над элементами множеств M_1 и M_2

В множествах M_1 и M_2 можно выделить следующие подмножества:

M_{1t} - подмножество данных о стороне 1, зависящих от времени (параметры пожара, температура окружающей среды, параметры ветра, данные об атмосферных осадках и т. д.);

M_{2t} - подмножество данных о стороне 2, зависящих от времени (актуальные оперативные возможности и территориальное положение частей пожарной охраны и пожарной техники, количество и качество средств пожарной охраны, состояние и технические возможности устройств противопожарной защиты и т. д.);

M_{10} - подмножество данных о стороне 1, не зависящих от времени (данные о вероятных результатах пожара и т. д.);

M_{20} - подмножество данных о стороне 2, не зависящих от времени (цель оперативного управления, цель действия технических средств противопожарной защиты и т. д.).

Информацию о сторонах 1 и 2 можно представить в виде начальной и текущей.

Начальная информация о стороне 1 имеет вид:

$$M_{10} = \{\mu_{101}, \mu_{102}, \dots, \mu_{10n}\}.$$

Начальная информация о стороне 2 имеет вид:

$$M_{20} = \{\mu_{201}, \mu_{202}, \dots, \mu_{20n}\}.$$

Текущая оперативная информация о сторонах 1 и 2, зависящая от времени, имеет вид:

$$M_{1t} = \{\mu_{1t1}, \mu_{1t2}, \dots, \mu_{1tm}\}.$$

$$M_{2t} = \{\mu_{2t1}, \mu_{2t2}, \dots, \mu_{2tm}\}.$$

Начальная информация о стороне 1 (факторах пожара) может быть как полной (в этом случае сторона 2 должна действовать при точно определенной стратегии стороны 1), так и неполной (в этом случае сторона 2 должна функционировать при заранее точно неизвестных действиях стороны 1: заранее известны лишь перечни этих действий, диапазоны возможных значений параметров и вероятностные характеристики).

Текущая информация о стороне 1 может быть полной (в этом случае сторона 2 получает всю информацию о состоянии стороны 1 во время игры) и неполной (в этом случае сторона 2 не может однозначно определить пожарную ситуацию).

2. Игровые методы эвакуации людей из горящих зданий

Использование игровой математической модели эвакуации людей можно проиллюстрировать на следующем упрощенном примере.

Пожарная ситуация 1: Время возникновения пожара - 10 часов, лето. Плотность людского потока $D = 0,2$ ч/м², скорость движения потока $v = 60$ м/мин. Необходимое время эвакуации $T_{эв} = 0,5$ мин.

Пожарная ситуация 2: Время возникновения пожара 20 часов, лето. Плотность людского потока $D = 0,83$ ч/мин. скорость движения потока $v = 17$ м/мин. Необходимое время эвакуации $T_{эв} = 1,6$ мин.

Возможны различные варианты эвакуации L_i которые определяются конструктивными и планировочными особенностями здания, наличием незадымляемых лестничных клеток, этажностью здания и другими факторами.

В примере мы рассматриваем вариант эвакуации как маршрут, по которому должны пройти люди при эвакуации из здания.

Пожарной ситуации 1 будет соответствовать такой вариант эвакуации L_1 при котором эвакуация происходит по коридору в две лестничные клетки. Но возможен и худший вариант эвакуации – L_2 . при котором эвакуация происходит в одну лестничную клетку и путь эвакуации максимальный.

Для ситуации 2, очевидно, подходят варианты эвакуации L_1 и L_2 , хотя

L_1 предпочтительней.

Описание возможных пожарных ситуаций на объекте защиты и вариантов эвакуации оформляется в виде платежной матрицы, при этом:

$N_1 - N_n$ - возможные ситуации на пожаре;

$L_1 - L_n$ - варианты эвакуации;

$a_{11} - a_{nm}$ результат эвакуации: "a" меняется от 0 (абсолютный проигрыш) - до 1 (максимальный выигрыш).

Например, при пожарных ситуациях:

N_1 - задымление общего коридора и охват его пламенем происходят через 5 минут после возникновения пожара;

N_2 - задымление и охват пламенем коридора происходят через 7 минут;

N_3 - задымление и охват коридора пламенем происходят через 10 минут.

Возможны следующие варианты эвакуации:

L_1 - обеспечивающий эвакуацию за 6 минут;

L_1 - обеспечивающий эвакуацию за 8 минут;

L_1 - обеспечивающий эвакуацию за 12 минут.

Далее определяются результаты эвакуации из соотношения $a_{ij} = N_i / L_j$

$$a_{11} = N_1 / L_1 = 5 / 6 = 0,83$$

$$a_{12} = N_1 / L_2 = 5 / 8 = 0,62$$

$$a_{13} = N_1 / L_3 = 5 / 12 = 0,42$$

$$a_{21} = N_2 / L_1 = 7 / 6 = 1$$

$$a_{22} = N_2 / L_2 = 7 / 8 = 0,87$$

$$a_{23} = N_2 / L_3 = 7 / 12 = 0,58$$

$$a_{31} = N_3 / L_1 = 10 / 6 = 1$$

$$a_{32} = N_3 / L_2 = 10 / 8 = 1$$

$$a_{33} = N_3 / L_3 = 10 / 12 = 0,83$$

Таблица 2

Платежная матрица результатов эвакуации

	L_1	L_2	L_3
N_1	0,83	0,6	0,42
N_2	1	0,87	0,58
N_3	1	1	0,83

Необходимое время эвакуации рассчитывать в процессе руководства эвакуацией нет необходимости, его можно заложить в программу в готовом виде.

Данная матрица заносится в ЭВМ и по численному значению величины a_{ij} подсистема автоматически подбирает оптимальный вариант эвакуации.

3. Игровая модель с поиском и эвакуацией людей

Приведем пример игрового моделирования ситуаций с поиском и эвакуацией людей при пожаре. Пусть имеется 2 звена газодымозащитной службы (ГДЗС). Необходимо спасать людей, находящихся в одном или двух помещениях. Одно звено может спасти одновременно 2-х человек с вероятностью 1, 3-х человек с вероятностью 0,4. 4-х человек с вероятностью 0,2. Сторона 1 имеет 4 человека, которых необходимо эвакуировать из двух или одного помещения. За каждого не спасенного человека из выигрыша вычитается величина 0,2.

Требуется дать рекомендации руководителю тушения пожара по количеству звеньев ГДЗС, которые надо направить в каждое помещений.

Выигрыш стороны 2 в данном примере – вероятность эвакуации всех людей за один раз.

Стратегии стороны 2:

- $Y_1(1+1)$ - направить по одному звену в каждое помещение;
- $Y_2(2+0)$ - направить два звена в помещение.

Стратегии стороны 1:

- $X_1 (2 + 2)$ - в каждом помещении находятся по два человека;
- $X_2 (1 + 3)$ - в одном помещении находится один человек, в другом - три;
- $X_3 (0 + 4)$ - все четыре человека находятся в одном помещении.

Составим матрицу игры: найдем выигрыши для всех комбинаций стратегий (см. табл.3.3)

1. $X_1 Y_1, a_{11} = 1$.
2. $X_1 Y_2, a_{12} = 1 - 0,4 = 0,6$.
3. $X_2 Y_1, a_{21} = 0,4$.
4. $X_2 Y_2, a_{22} = (1 - 0,6) \cdot 0,5 + (1 - 0,2) \cdot 0,5 = 0,6$.
5. $X_3 Y_1, a_{31} = 0,2$.
6. $X_3 Y_2, a_{32} = 1 \cdot 0,5 = 0,5$.

Таблица 3

Платежная матрица оптимизации маршрутов звеньев ГДЗС

	Y_1	Y_2
X_1	1	0,6
X_2	0,4	0,5
X_3	0,2	0,6

Стратегии сторон игры и значения выигрышей из данной матрицы заносим в ЭВМ, которая выдаст нам оптимальную стратегию стороны 2, в соответствии с которой и следует направлять звенья ГДЗС в помещения.

4. Платежные матрицы в управлении тушением пожаров

Проиллюстрируем использование платежной матрицы на конкретном примере моделирования развития и тушения пожара в помещении административного здания.

Для составления матрицы игры по результатам моделирования найдем средний выигрыш при каждой комбинации стратегий. Выигрышем в данном примере будет являться вероятность тушения пожара при минимуме ущерба. Сторона 2 (ГПС), располагающая одной автоцистерной и одним автонасосом, стремится ликвидировать пожар.

Эти действия включают в себя: прибытие к месту вызова в составе караула, введение стволов ($a = 1, 2, 3$) на решающем направлении и в кратчайший срок. Выбор оптимального управленческого решения включает в себя определение количества стволов и их расстановку, обеспечивающих минимум ущерба от пожара.

Сторона 1 (пожар и связанные с ним опасные факторы, вид и количество горючей нагрузки) характеризуется произвольным местом возникновения и временем до сообщения на ЕДДС, от которых будет зависеть: площадь пожара, среднеобъемная температура воздуха, высота нейтральной зоны задымления. Вид и количество горючей нагрузки будут влиять на выделяемые продукты горения, а все эти факторы - на выбор стратегии руководителя тушения пожара.

От места возникновения пожара будет зависеть площадь пожара. Если место возникновения пожара будет в центре помещения, то пожар развивается по круговой форме и его площадь к моменту прибытия пожарных подразделений будет больше, чем при угловой или полукруговой форме развития пожара. Чтобы точнее оценить вероятность формы развития пожара, необходимо задать следующие критерии, учитывающие некоторые особенности объекта: форму здания, наличие и расположение электрооборудования, людей, источников зажигания и т.д. Для приближенного определения возможных мест возникновения пожара можно использовать статистические данные о пожарах на типовых объектах и оценки экспертов.

Предположим, что возможны два места возникновения пожара, обозначенные как стратегия 1 и 2, которые определяют две стратегии стороны 1.

стратегия 1 - пожар развивается по полукруговой форме:

стратегия 2 - пожар развивается по круговой форме.

Примем условную вероятность возникновения пожара в 1-ом случае - $2/3$, а во 2-ом случае - $1/3$.

Для упрощения процедуры построения платежной матрицы рассмотрим два значения времени свободного развития пожара до сообщения в ЕДДС: 7; 10 мин. Принимаем следующие вероятности этого времени: $f_7 = 0.42$; $f_{10} = 0.58$.

Если на объекте имеются автоматические установки пожаротушения (АУП), то время до сообщения будет равно времени обнаружения датчиками пожарной сигнализации.

К случайным ходам стороны 2 (ГПС) относится время следования сил и средств тушения пожара к месту пожара (t_c)

Предположим что $t_c = 4; 6$ мин. и вероятности этого времени $s_c = 0,67; 0,33$.

К личным ходам стороны 2 относятся время боевого развертывания $t_{\bar{o}p}$, количество подаваемых стволов ($u = 1, 2, 3$) и места их ввода.

Оцениваем время $t_{\bar{o}p}$ по нормативам из наставления по пожарно-строевой подготовке. Если время соответствует нормативному, то вероятность боевого развертывания $s_{\bar{o}p}$ равна 1. Каждая минута сверх нормативного времени боевого развертывания уменьшает эту вероятность на 0,2.

Эффективность подачи стволов и их количество оцениваем по требуемому и фактическому расходу воды. Выигрыш будет равен 1, если фактический расход воды, подаваемой стволами, соответствует нормативному.

Требуется дать рекомендации руководителю тушения пожара по количеству стволов и их расположению на решающем направлении.

Рассмотрим три стратегии пожара и две стратегии его тушения:

Стратегия x_1 :

место возникновения пожара - стратегия 1;

время до сообщения $t_p = 7$ мин.

Стратегия x_2 :

место возникновения пожара - стратегия 1;

время до сообщения $t_p = 10$ мин.

Стратегия x_3 :

место возникновения пожара - стратегия 2;

время до сообщения $t_p = 10$ мин.

Стратегия y_1 :

$u = 2$ ствола "Б";

$t_c = 4$ мин. с вероятностью $s_c = 0,67$;

$t_{\bar{o}p} = 5$ мин. с вероятностью $s_{\bar{o}p} = 1$.

Стратегия y_2 :

$u = 3$ ствола "Б";

$t_c = 6$ мин. с вероятностью $s_c = 0,33$;

$t_{\bar{o}p} = 6$ мин. с вероятностью $s_{\bar{o}p} = 0,8$.

По результатам проведенных расчетов составляем платежную матрицу игры (табл. 4).

Таблица 4

Платежная матрица игры для принятия решения по тушению пожара

	y_1	y_2
x_1	0,95	0,35
x_2	0,69	0,35
x_3	0,51	0,14

Анализ этой матрицы показывает, что стратегия тушения пожара y_1 обеспечивает максимальное значение в сравнении со стратегией y_2 . Как видно, успех тушения обеспечивается не превосходством в количестве стволов (3 против 2) а меньшим временем (на 3 мин.) от начала пожара до начала его тушения.

В более сложных случаях, когда количество комбинаций пожара и стратегий его тушения составит несколько десятков (например: 5×4 , 7×6 и более) и стратегии пожара не будут равновероятными, выбор оптимальной стратегии тушения потребует не только анализа матрицы, но и нахождения для всех стратегий у средних значений выигрышей с учетом их вероятностей.

При решении условной задачи была применена методика расчета сил и средств при тушении твердых горючих материалов водой, так как это наиболее распространенная ситуация в тушении пожаров и решение этой задачи является наиболее сложным с тактической точки зрения. Аналогичные алгоритмы с изменением основных формул расчета могут быть использованы при моделировании пожарных ситуаций с применением других огнетушащих средств.

5. Игровые методы обучения сотрудников Государственной противопожарной службы

Основной задачей подготовки кадров для ГПС является формирование необходимого профессионального уровня и контроль знаний и навыков сотрудников ГПС, ведомственной, муниципальной, добровольной пожарной охраны, спасателей и персонала объектов защиты по вопросам обеспечения пожаровзрывобезопасности.

Поскольку в ГПС повсеместно применяются электронные вычислительные машины, то их можно применять для обучения сотрудников.

Наиболее эффективными методами такого обучения являются методы игрового моделирования.

Опыт использования игровых моделей для обучения показал, что в

большинстве случаев лучшим способом приобретения навыков являются игровые методы обучения, а не лекции или иные дидактические методы. Игровые методы обучения дают такую практику, которую другие методы за такое же короткое время дать не могут. Они позволяют также сочетать дробление преподавателями изучаемого материала для лучшего усвоения с потребностью обучаемых увидеть предмет в целом, освоить его практические приложения.

При использовании методов игрового моделирования в первую очередь надо поставить задачу обучения сотрудников ГПС принятию решений в обстановке, максимально приближенной к реальной, в условиях риска и неопределенности, привить обучаемым навыки анализа и грамотного использования имеющейся в ЭВМ информации и организационного опыта управления в ГПС.

С задачей обучения тесно связана задача проверки квалификации лиц, принимающих решения. Из-за субъективного подхода к оценке качества знаний конкретных обучаемых решение этой задачи часто бывает затруднительным. Игровые методы позволяют достаточно объективно решить эту задачу.

Игры для обучения следует проводить в виде лабораторных занятий. Подробную методику проведения таких занятий заранее разрабатывают. Участники знакомятся с описанием игры, выясняют цель и задачи игры, которые им предстоит решать. Учебная игра начинается с распределения обязанностей между ее участниками. Для разных категорий слушателей фрагменты игры комбинируются в разные варианты. Функционирование моделируемой системы в игре можно разбить на периоды, каждый из которых включает в себя этапы формирования данных, планирования и реализации.

В игре рассматриваются ситуации, когда необходимо быстро выбрать один из нескольких предлагаемых вариантов, желательно с достаточно полным обоснованием его эффективности. При решении такой задачи необходимо выработать критерии, определяющие уровень использования данного варианта действий пожарной охраны в зависимости от пожаровзрывоопасной обстановки. Часто задача является многокритериальной и каждый из параметров, влияющих на эффективность решений, рассматривается как самостоятельный критерий.

В играх, используемых при подготовке сотрудников ГПС, особенно старшего начальствующего состава, организаторами игр могут сознательно создаваться напряженные ситуации, характерные для их профессиональной деятельности. Такие ситуации заставляют участников игры принимать рациональные решения для достижения поставленных целей в условиях неопределенности, неполноты предоставляемой им информации,

ограниченности материальных, временных, людских ресурсов.

Как правило, напряженные ситуации в процессе деловой игры сопровождаются соответствующими эмоциями, которые стимулируют у слушателей потребность в приобретении новых знаний, умений, навыков.

Включение участников всех игр в обстановку, максимально приближенную к реальной, позволяет формировать у них как профессиональные, так и нравственные черты личности, которые необходимы работникам пожарной охраны в их практической работе: исполнительность, обязательность, деловитость, инициативность, ответственность и др.

Общей особенностью игровых моделей для обучения сотрудников ГПС является неполная формализация процедур принятия решений, субъективность моделей и методов, которыми пользуются участники, большая роль эвристических решений и интуиции.

В функции преподавателя входит задание параметров моделируемой системы, оперативное изменение их в случае необходимости. В распоряжении преподавателя имеются средства, позволяющие ему в любой момент активизировать тот или иной блок управляющей программы.

Проведение игры в режиме диалога с ЭВМ осуществляется путем ответов на вопросы, формируемые ЭВМ в соответствии с программой.

Участники игры в зависимости от предоставленной им информации о пожаровзрывоопасной обстановке подбирают определенные варианты решений из матрицы стратегий и вводят эту информацию в ЭВМ. На видео-терминалах они получают информацию о своих выигрышах.

6. Выводы

При возникновении пожаров на различных объектах сотрудники ГПС, как правило, сталкиваются с неопределенностью информации о пожарных ситуациях.

В этих условиях использование игрового подхода к выбору решений дает возможность обеспечить минимальные людские потери и материальный ущерб, ликвидировать пожар в минимальное время, наиболее рационально использовать имеющиеся силы и технические средства пожарной охраны.

Принятие обоснованных управленческих решений в системах пожарной безопасности в значительной степени зависит от квалификации сотрудников ГПС и обеспечения их необходимой информацией.

Качество обучения управлению силами и средствами ГПС удастся заметно повысить при использовании в учебном процессе игровых методов, которые, как наиболее активные методы обучения, обеспечивают лучшее усвоение материала, уменьшают время его изучения и, что особенно важ-

но, прививают практические навыки принятия решений в широком диапазоне возможных пожарных ситуаций, в условиях риска и неопределенности.

Принятие обоснованных управленческих решений с использованием игровых методов производится на основе анализа большого объема информации, учета результатов оценки эффективности тех или иных решений.

Перечень сокращений

АРМ – автоматизированное рабочее место
АГПС – Академия Государственной противопожарной службы
АСИППР – автоматизированная система информационной поддержки принятия решений
АУП – автоматическая установка пожаротушения
ВНИИ ГОЧС – Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций
ВНИИПО – Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны
ГДЗС – газодымозащитная служба
ГПС – Государственная противопожарная служба
ЕДДС – единая дежурно-диспетчерская служба
ЛПР – лицо принимающее решение
МЧС – Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
НИОКР – научно-исследовательская опытно-конструкторская работа
РТП – руководитель тушения пожара
СДЯВ – сильно действующие ядовитые вещества
СО – степень огнестойкости
СППР – система поддержки принятия решений
ФЦ – Федеральный центр
ЦУС – центр управления силами
ЧС – чрезвычайная ситуация
ЭВМ – электронные вычислительные машины

Литература

1. Башлыков А.А., Еремеев А.П. Экспертные системы поддержки принятия решений в энергетике. – М.: МЭИ, 1994. – 216 с.
2. Белоногов Г.Г., Новоселов А.П. Автоматизация процессов накопления, поиска и обобщения информации. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 256 с.
3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1974. – 159 с.
4. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. – Рига: Зинанте, 1990. – 240 с.
5. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.

6. Брукинг А., Джонс П., Кокс Ф., Экспертные системы. Принципы работы и примеры. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.
7. Брушлинский Н.Н. и др. Системный анализ и проблем пожарной безопасности народного хозяйства. – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.
8. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. – М.: Стройиздат, 1981. – 96 с.
9. Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы. – М.: МИПБ МВД РФ, 1998. – 255 с.
10. Брушлинский Н.Н., Микеев А.К., Бозуков Г.С. и др. Совершенствование организации и управления пожарной охраной. – М.: Стройиздат, 1986. – 152 с.
11. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Вагнер П. Проблемы обеспечения пожарной безопасности в мире на рубеже столетий // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ, 2000. – Вып. 6. – с. 68-102.
12. Вагин В.Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений. – М.: Наука, 1988. – 383 с.
13. Вартазаров И.С., Горлов И.Г., Собиняков Б.А. Коллективные экспертные оценки в задаче совершенствования перспективного планирования научных исследований в энергетике. – М.: Информэнерго, 1977. – 74 с.
14. Введение в теорию нечетких множеств и интервальную математику. Учебное пособие // Гитман М.Б. Ч. 1. Применение лингвистической переменной в системах принятия решений. – Пермь: ПГТУ, 1998. – 45 с.
15. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
16. Воробьев Н. Н. Теория игр для экономистов-кибернетиков. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 272 с.
17. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. – М.: Радио и связь, 1992. – 200 с.
18. Герасимов В.Е., Прытов А.А., Шумилов А.А., Янбых Г.Ф. Концепция создания сети передачи данных систем управления авиационными перевозками. – М.: ГВЦГА, 1997 – 97 с.
19. Глуховенко Ю. М., Коробко В.Б. Организационное проектирование многофункциональной пожарно-спасательной службы. – М.: "АРС", 2003. – 291 с.
20. Глуховенко Ю.М. Методологические основы проектирования организационной структуры Государственной противопожарной службы. – М.: издательство "АРС", 2001. – 162 с.
21. Глушков В.М. О системной оптимизации // Кибернетика № 5. – 1980. – С. 89-91.
22. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. – М.: Наука, 1987. – 552 с.
23. Горенский Б.М. Принципы построения автоматизированной системы управления. – Красноярск: ГАЦМиЗ, 1995. – 84 с.
24. ГОСТ Р ИСО/МЭК 62-2000. Общие требования к органам, осуществляющим оценку и сертификацию систем качества.
25. Григорьев Л.И., Арабаджи М.С., Гасымов И.Т. Экспертные системы и их применение (на примере нефтегазовой геологии). – М.: ИРЦ "Газпром", 1993. – 69 с.
26. Гуфан Ю. М. Структурные фазовые переходы. – М.: Наука, 1982. – 312 с.
27. Доклад Президенту России "Горящая Россия". – М.: Пожарная безопасность: информатика, техника. Ассоциация "Пожарная техника", № 1, 1992. – с. 7-70.
28. Дэвид Г. Метод парных сравнений. – М.: Статистика, 1978. – 144 с.
29. Еремеев А.П. Экспертные модели и методы принятия решений. – М.: МЭИ,

1995. – 110 с.

30. Еремин Н.А. Моделирование месторождений углеводородов методами нечеткой логики. – М.: Наука, 1994. – 462 с.

31. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию проблемных решений. – М.: Мир, 1976. – 161 с.

32. Засыпкин А.В. Количественные оценки принятия решений в экспертных системах при нечеткой информации // Материалы 4 международной конференции "Системы безопасности" – СБ-95. – М.: ВИПТШ МВД России, 1995. – с. 48-51.

33. Иванов Д. Итоги переписи населения 2002 // Вокруг света. 2004 – № 5 – С. 104-116.

34. Интеллектуальные и обучающие системы. Учебное пособие // Т.А. Гаврилова, Е.В. Зудилова, М.З. Ильясов; СПбГТУ, 1992. – 110 с.

35. Исайкин Ф.А. Разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений о привлечении пожарных подразделений на пожары в крупном городе // Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – М.: 1999.

36. Искусственный интеллект: Справочник. Книга 1. Системы общения и экспертные системы // Под редакцией Э.В. Попова. – М.: 1990. – 464 с.

37. Кашевник Б.Л. Опыт ведения спасательных работ в многоэтажных зданиях при чрезвычайных ситуациях // Пожарная безопасность. 2003 – № 4 – с. 33-36.

38. Керов Л.А., Частиков А.П., Юдин Ю.В., Юхтенко В.А. Экспертные системы: Инструментальные средства разработки. – СПб.: Политехника, 1996. – 220 с.

39. Кимстач И.Ф. и др. Пожарная тактика. – М.: Стройиздат, 1984. – 590 с.

40. Климовцов В.М. Особенности формирования экспертных оценок для системы поддержки принятия решений в ГПС // Материалы 12 международной конференции "Системы безопасности" СБ-2003. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – с. 118-120.

41. Климовцов В.М. Распределенные системы поддержки принятия решений в управлении Государственной противопожарной службой // Материалы 11 международной конференции "Системы безопасности" СБ-2002. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. – с. 145-146.

42. Климовцов В.М. Решение задачи экспертной классификации определения ранга пожара с применением теории нечетких множеств // Материалы Международной научно-технической школы-конференции "Молодые ученые – науке, технологиям и профессиональному образованию". – М.: МИРЭА, 2003. – с. 313-316.

43. Климовцов В.М. Решение задачи экспертной классификации по определению ранга пожара в административных и жилых зданиях // Вестник Академии ГПС МЧС России. – 2004. – № 1. – с. 116-120.

44. Климушин Н.Г., Кононов В.М. Тушение пожаров в зданиях повышенной этажности. – М.: Стойиздат, 1983. – 191 с.

45. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

46. Коробко В.Б. Расширение функций Государственной противопожарной службы: вопросы теории и практики. – М.: издательство "АРС", 2002. – 131 с.

47. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

48. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика в 10 т. Т. 5. Статистическая физика. Ч. 1. – М.: Физматлит, 2001. – 615 с.

49. Лапко А.В., Ченцов С.В. Многоуровневые непараметрические системы принятия решений. – Новосибирск: Сиб. предприятие РАН, 1997. – 192 с.

50. Лаптев Г.Ф. Элементы векторного исчисления. – М.: Наука, 1975.
51. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в Волшебных странах. – М.: Логос, 2002. – 392 с.
52. Ларичев О.И., Мечитов А.И., Мошкович Е.М., Фуремс Е.М. Выявление экспертных знаний. – М.: Наука, 1989. – 128 с.
53. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений. – М.: Наука. Физматлит, 1996. – 208 с.
54. Литвак Б.Г. Разработка управленческого решения. – М.: Дело, 2004. – 416 с.
55. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
56. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. – М.: Патент, 1996. – 271 с.
57. Литвак Б.Г. Экспертные технологии в управлении. – М.: Дело, 2004. – 400 с.
58. Лорьер Ж. Л. Системы искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1991. – 568 с.
59. Мешалкин Е. А., Крылов А. Г., Олейников В.Т., Абрамов А.П. К вопросу автоматизации информационной поддержки действий должностных лиц на пожаре // Материалы 11 международной конференции "Системы безопасности" – СБ-2002. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. – с. 11-13.
60. Мешалкин Е.А., Кокушкин В.А., Дударев Г.И. Системы поддержки принятия решений и перспектива их использования в пожарной охране // Обзор информации. – М.: ГИЦ МВД СССР, 1989. – 39 с.
61. Мешалкин Е.А., Кокушкин В.А., Дударев Г.И. Экспертные системы и перспектива их использования в пожарной охране // Обзор информации. – М.: ГИЦ МВД СССР, 1988. – 43 с.
62. Мешалкин Е.А., Олейников В.Т., Абрамов А.П. Структура программно - аппаратного комплекса поддержки принятия решений для руководителя тушения пожара // Сб. тр.ч.2 "Крупные пожары предупреждение и тушение". – М.: ВНИИПО МВД России, 2001. – с. 520-524.
63. Микони С.В., Баушев А.Н. Методы и алгоритмы принятия решений. Учебное пособие // ч.2. – СПб.: ПГУПС, 1996. – 54 с.
64. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. – М.: 1991. – 286 с.
65. Ногин В.Д., Чистяков С.В. Применение линейной алгебры в принятии решений. – СПб.: СПбГТУ, 1998. – 40 с.
66. Острейковский В.А. Информатика: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2001. – 511 с.
67. Панкова Л.А., Петровский А.М., Шнейдерман М.В. Организация экспертизы и анализ экспертной информации. – М.: Наука, 1984. – 120 с.
68. Плотников В. Н., Зверев В. Ю. Принятие решений в системах управления. Часть 1: Теория и проектирование алгоритмов принятия оперативных решений: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ, 1993. – 172 с.
69. Плотников В. Н., Зверев В. Ю. Принятие решений в системах управления. Часть 2: Теория и алгоритмы принятия проектных решений для многообъектных распределенных систем управления. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ, 1994. – 144 с.
70. Повзик Я. С. Пожарная тактика. – М.: ВИПТШ, 1984. – 479 с.
71. Повзик Я. С. Пожарная тактика. – М.: ЗАО "Спецтехника", 1999. – 411 с.
72. Поляков А.О. Интеллектуальные системы управления. Введение в прикладную теорию. – СПб.: СПбГТУ, 1997. – 88 с.
73. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапот М.Д. Статические и динамические экспертные системы. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.

74. Поспелов Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
75. Пранов Б.М. Математическое моделирование в задачах управления размещения сил и средств противопожарной службы // Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. – М.: 1998.
76. Представление знаний и экспертные системы // Сб. тр. Научный редактор В.В. Александров АН СССР Ленинградский институт информатики и автоматизации. – Л.: 1989. – 194 с.
77. Приказ МВД России № 257 от 5.07.95г. "Об утверждении и введении в действие Устава службы пожарной охраны МВД России".
78. Приказ УГПС г. Москвы № 104 от 19.06.97 "О порядке привлечения сил и средств гарнизона пожарной охраны г. Москвы".
79. Приказ УГПС г. Москвы № 122 от 12.04.2000 "О составлении перечня особо важных объектов".
80. Приказ УГПС Ростовской области № 21 от 21.01.2003 "О порядке привлечения сил и средств гарнизона пожарной охраны г. Ростова – на – Дону".
81. Программные и аппаратные средства. // Под редакцией В. Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. – М.: Радио и связь. 1990. – 368 с.
82. Райхман Э.П., Азгальдов Г.Г. Экспертные методы в оценке качества товара. – М.: Экономика, 1974 – 151 с.
83. Ростокуев В.В. Экспертная система для обработки данных контроля загрязнения атмосферы. – СПб.: 1997. – 261 с.
84. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: 1993. – 320 с.
85. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 200 с.
86. Семиков В.Л. Теория организаций: Учебник. – Академия ГПС МЧС России, 2003. – 220 с.
87. Сидельников Ю.В. Теория и организация экспертного прогнозирования. - М.: ИМЭМО АН СССР, 1990. – 195 с.
88. Смородинский С.С., Батин Н.В. Алгоритмы и программные средства интеллектуальных систем принятия решений. – Минск: БГУИР, 1994. – 68 с.
89. СНиП 2.08.01-89* Жилые здания.
90. СНиП 2.09.04-87* Административные и бытовые здания.
91. СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений.
92. Соколов С.В. Методологические основы разработки и использования компьютерных имитационных систем для исследования деятельности и проектирования аварийно-спасательных служб в городах // Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. – М.: 1999.
93. Средства информатизации фонда программных средств ГПС МЧС РФ ФГУ ВНИИПО, 2003.
94. Терано Т., Асан К., Суджено М. Прикладные нечеткие системы. – М.: Мир, 1993. – 320 с.
95. Теребнев В.В., Теребнев А.В., Грачев В.А. Организация службы начальника караула пожарной части. - Екатеринбург: Издательский дом "Калан", 2000 – 304 с.
96. Теребнев В.В., Теребнев А.В., Подгрушный А.В., Грачев В.А. Пожарно-строевая подготовка – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – 425 с.
97. Теребнев В.В., Теребнев А.В., Подгрушный А.В., Грачев В.А. Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – 285 с.

98. Теребнев В.В., Теребнев А.В., Управление силами и средствами на пожаре. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 261 с.
99. Тихомиров М.М. Системы информационной и интеллектуальной поддержки управленческой деятельности в структурах государственной службы. – М.: РАГС, 1995. – 185 с.
100. Топольский Н.Г., Вязилов А.В. Создание баз знаний для систем поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях // Материалы 2 международной конференции "Информатизация систем безопасности" – ИСБ-93. – М.: ВИПТШ МВД России, 1993. – с. 55-60.
101. Топольский Н.Г., Климовцов В.М. Функции и задачи мобильной информационной системы поддержки принятия решений в деятельности оперативных служб // Материалы Международной научно-технической школы-конференции "Молодые ученые – науке, технологиям и профессиональному образованию". – М.: МИРЭА, 2003. – с. 311-312.
102. Топольский Н.Г., Климовцов В.М. Принципы построения автоматизированных систем поддержки принятия решений в Государственной противопожарной службе // Материалы 8 международного форума "Технологии безопасности". – М., 2003. – С. 285.
103. Топольский Н.Г., Климовцов В.М., Афанасьев К.А. Применение экспертных систем для поддержки принятия решений руководящим составом ГПС и метод определения компетентности экспертов // Материалы 9 международного форума "Технологии безопасности". – М., 2004. – с. 405-407.
104. Топольский Н.Г., Прус Ю.В., Климовцов В.М. Определение ранга пожара на объекте по диаграммам состояния // Материалы 13 международной конференции "Системы безопасности" СБ-2004. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – с. 297-299.
105. Топольский Н.Г., Климовцов В.М. Требования к сети передачи данных в управлении оперативными подразделениями МЧС // Материалы Международной научно-технической школы-конференции "Молодые ученые – науке, технологиям и профессиональному образованию". – М.: МИРЭА, 2003. – с. 312-313.
106. Топольский Н.Г. Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов. – М.: МИПБ МВД России, 1997. – 165 с.
107. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная система поддержки принятия решений. – М.: Синетег, 1998. – 376 с.
108. Туркин Б.Ф. Состояние пожарной безопасности в России // Пожарная безопасность, информатика и техника. – 1997. – №1 (19). – с. 49 - 52.
109. Уотерман Д., Хейес-Рот Ф., Ленат Д., Построение экспертных систем. – М.: Мир, 1987 – 441 с.
110. Фатеев В.П., Шварц-Зиндер С.Н., Подбор существующих оболочек для экспертных систем управленческого типа // Материалы 6 международной конференции "Системы безопасности" – СБ-97. – М.: МИПБ МВД России, 1997. – с. 65-67.
111. Фаттахон А.А. Установление причины пожара с применением экспертных систем // Сб. тр. ч. 1 " Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков". – М.: ВНИИПО МВД России, 1999. – с. 75-77.
112. Федеральный закон "О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера" от 31 декабря 1994 г. № 68-ФЗ.
113. Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ.
114. Харисов Г.Х. Основы обеспечения безопасности жизнедеятельности челове-

ка. МИПБ МВД России, 1998. – 89 с.

115. Хахулин Г.Ф., Овчинников С.А. Построение моделирующей системы анализа и синтеза надежности структуры для систем поддержки принятия решений сложной технической системы // Сб. тр. Задачи поддержки и принятия решений в автоматизированных системах. – М.: МАИ, 1990. – 61 с.

116. Ходжаев Г.А. Интеллектуальное управление организационными системами. – М.: МГГУ, 1997. – 204 с.

117. Чери С. Готлоб Г. Танка Л. Логическое программирование и базы данных. – М.: Мир, 1992. – 352 с.

118. Шапиро Д.И. Принятие решений в системах организационного управления. Использование расплывчатых категорий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.

119. Шеховец О.И., Чертовской В.Д., Шафрин Б.М. Интеллектуальные средства поддержки принятия управленческих решений. – С.Пб.: 2000. – 60 с.

120. Шумский А.Е. Основы теории принятия решений. – Владивосток: ДВГАЭУ, 1999. – 72 с.

121. Экспертные системы в военном деле // Учебное пособие. Киевское высшее военное авиационное инженерное училище. – Киев: 1991. – 114 с.

122. Ягер Р. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.

123. "Einsatz fuer 31 Emil". Rettung magazin Januar / Februar – 97. – p. 18-22.

124. Alekhin E.M., Brushlinsky N.N., Sokolov S.V., Wagner P. Russian simulation for strategic planning. "Fire International", 11/1996. – p. 32-33.

125. Brushlinsky N., Nitzschke M., Sokolov S., Wagner P., Feuerwehren in Millionenstaedten. Organisation, Probleme und Loesungen. Stuttgart, Berlin. Koeln, 1995. – p. 308-310.

126. Buchanan B.G., Bobrow D., Davis R., Mc Dermott J., Shorlife E.M. Knowledge – based system // Annu. Rep. Computer Science. № 4, 1990. – p. 395-416.

127. Einrichtungen und Weiterentwickl und des Rettungswes ens. Brandschutz. - 1988, Vol. 42, № 9. – p. 559-563.

128. Franchin J.E., Carmody C.L., Keller K., Levit T.S., Butean B.L. Expert system technology for military selected samples // Proceedings of the IEEE Vol. 76, N 10, oct. 1988. – p. 1327-1336.

129. Revelle C. Siting ambulances and fires companies. American planning association journal Vol. 57, №4, 1991. – p. 471-484.

130. Saaty T.L. Exploring the interface between hierarchical structures. Fuzzy Sets and Systems. Vol. 1, № 1, 1978. – p. 57-68.

131. Sardquist Stefan. An Engineering Approach to Fire-Fighting Tactic // Report 1014, Dept of Fire Safety Engineering, Land Institute of Technology, ISSN 1102-8246, ISRN LUTVDG / TVBB-1014-SE. – 1996. – 83 p.

132. Shershakov V.M., Trakhtengerts E.A. Decision making in emergency as computer analysis with dynamically changeable rules // Fourth International Workshop. Decision making support for offsite emergency management. AR Sweden. Radiation protection dosimetry. Vol. 13. № 1-4, 1997. – p. 141-142.

133. Zade L. A. Knowledge representation in fuzzy logic // IEEE Transaction in Knowledge and Data Engineering № 1, March 1989. – p. 89-100.

134. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Inf. and Control N 8, 1965. – p. 338-353.

135. Zimmerman H.J., Zysno P. Decisions and evaluations by hierarchical aggregation of information. Fuzzy Sets and Systems, Vol. 10, №3, 1983. – p. 243-260.

136. Топольский Н.Г., Домбровский М.Б. Основы применения теории игр в автоматизации систем пожарной безопасности. М.: ВИПТШ МВД РФ, 1996.-117 с.