

УДК 004.78:351.759.6

**В. И. ВАСИЛЬЕВ, В. А. ПЕСТРИКОВ, А. С. КРАСЬКО****ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ  
СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
В РАМКАХ ПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»**

Излагаются основные положения реализации концепции «Безопасный город», включая создание системы поддержки принятия решений (СППР) при возникновении экстремальных ситуаций. Рассматриваются вопросы разработки и практического применения данных систем. Особое внимание уделяется задачам анализа оперативной ситуации на территориально распределенных объектах контроля с использованием вейвлет-преобразований и механизмов принятия решений на основе прецедентов. *Системы поддержки принятия решений ; системы вывода по прецедентам ; вейвлет-преобразования*

Во многих городах России сегодня реализуются комплексные муниципальные программы «Безопасный город». «Безопасный город» — это совокупность организационно-технических мероприятий, направленных на формирование адекватных управленческих решений на основе регистрации аварийных и экстремальных ситуаций и событий в сложной территориально распределенной инфраструктуре, интегрированной с программно-аппаратными средствами интеллектуальной обработки информации, координируемые централизованно.

Технически данная система представляет собой совокупность большого числа взаимодействующих подсистем, объединенных единой телекоммуникационной средой (инфраструктурой) и многоуровневой системой управления, обеспечивающей:

- распределенный видеомониторинг объектов (участков территорий);
- централизованное хранение видеозаписей;
- контроль работы коммунальных служб;
- меры безопасности детских садов, школ, других образовательных учреждений;
- выявление подозрительных лиц на вокзалах и в аэропортах;
- распознавание автомобильных номеров, контроль движения транспорта;
- экстренную связь с правоохранительными органами.

Цель реализации этих мероприятий — обеспечение безопасности людей, жилого фонда, безопасного и бесперебойного функ-

ционирования объектов жилищно-коммунального хозяйства, транспортной инфраструктуры, промышленных предприятий, образовательных учреждений и других городских объектов.

Актуальность постановки данной проблемы обусловлена серьезностью потенциальных угроз безопасности перечисленных объектов, масштабом и характером их последствий. Недостатками существующих подходов к реализации системы «Безопасный город» являются:

- завышение роли систем видеонаблюдения;
- узкая специализированность и малая интегрированность;
- плохая совместимость системных модулей различных производителей;
- трудности с наращиванием системы.

**1. ИДЕЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО ПОДХОДА**

Очевидно, что повышение уровня общественной безопасности и правопорядка, противодействие террористическим угрозам, повышение оперативности и эффективности работы правоохранительных органов возможно только на основе своевременного получения достоверной информации об оперативной обстановке в городе [1]. События последних лет показали, что государственные службы обеспечения безопасности не всегда имеют возможность оперативно реагировать на сложившуюся обстановку. Важную роль в решении проблемы реагирования играет развертывание охранных систем видеонаблюдения. Дан-

ные системы частично (в определенном районе, квартале, около части зданий) или полностью (в городском масштабе) уже установлены во многих городах мира. Пример — Лондон (Великобритания), где количество видеокамер примерно равно количеству жителей. Однако наряду с достоинствами, они имеют и недостатки:

- любой визуальный ряд включает в себя очень большое количество объектов, что затрудняет работу оператора и приводит к принятию им неверного решения;
- при развертывании мобильных комплексов возможно неправильное расположение видеокамер из-за отсутствия или нарушения технологии грамотного их размещения;
- большой трафик при передаче данных ситуационному центру;
- засвет видеокамер в дневное время суток;
- малая чувствительность в ночное время;
- низкое разрешение;
- высокое энергопотребление и т. д.

В последние годы внимание специалистов привлекают альтернативные способы противодействия угрозам террористического характера, направленные на повышение оперативности и эффективности работы правоохранительных органов и, как следствие, уменьшение потерь различных видов ресурсов, в том числе людских.

Примером таких способов может служить использование разработанной американской компанией Safety Dynamі устройства SENTRI (Smart Sensor Enabled Neural Threat Recognition and Identification) — интеллектуального нейронного сенсора, позволяющего распознавать и идентифицировать угрозы путем анализа звуковых сигналов [2].

Основная идея предлагаемого ниже подхода состоит в повышении достоверности и оперативности принимаемых решений по обеспечению безопасности в городе на основе принципов ситуационного управления и вывода по прецедентам (Case-Based Reasoning, CBR).

Создаваемая система состоит из трех отдельных подсистем:

- 1) подсистема мониторинга состояния объектов контроля (на основе их предварительной паспортизации);
- 2) подсистема анализа оперативной ситуации, складывающейся на контролируемых объектах (с использованием вейвлет-преобразования аудио- и видеосигналов и нейросетевых технологий распознавания образов);
- 3) интеллектуальная система поддержки принятия решений на основе вывода по прецедентам.

Рассмотрим отдельные аспекты создания данной системы. Функциональная модель IDEFO, отображающая перечень основных функций (задач), выполняемых с помощью указанной системы, приведена на рис. 1.

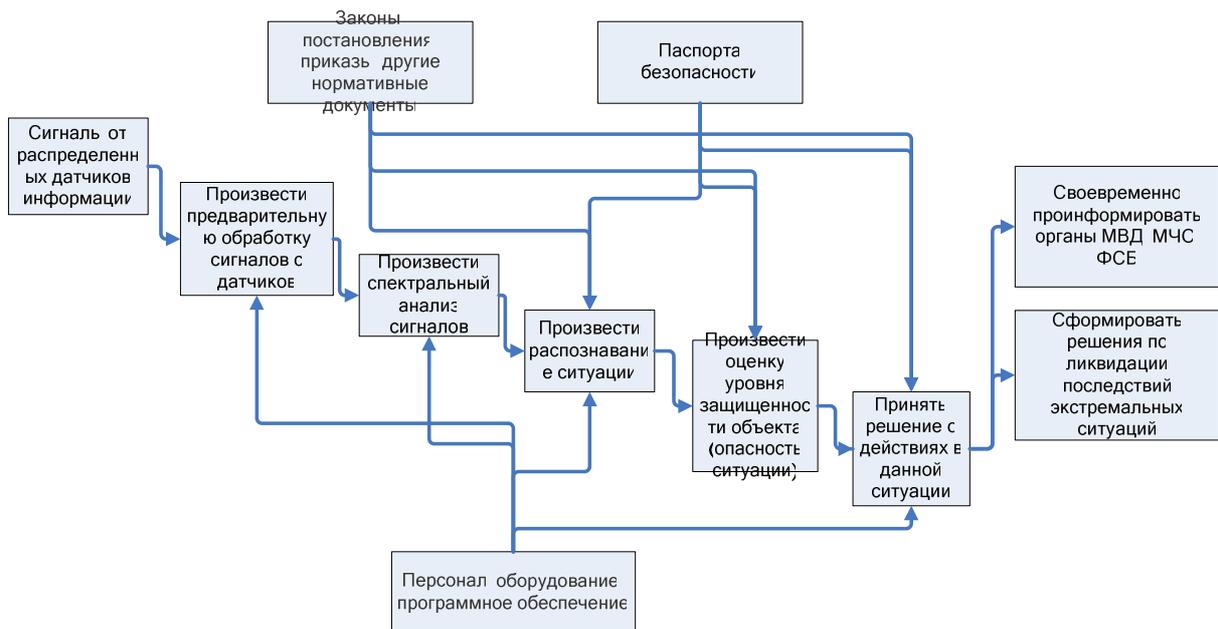


Рис. 1

## 2. ПАСПОРТА ОБЪЕКТОВ МОНИТОРИНГА

Для правильного выбора мест установки датчиков, методов и средств обработки полученных с них сигналов и оперативного принятия решений с целью формирования адекватных действий правоохранительных органов при возникновении экстремальных (чрезвычайных) ситуаций, необходимо разработать нормативно-правовые документы, характеризующие уровень защищенности критически важных объектов, — паспорта безопасности [3].

Паспорт безопасности объекта должен устанавливать основные требования к структуре, составу и характеру необходимых действий для обеспечения безопасности объекта в случае возникновения экстремальных (чрезвычайных) ситуаций, проявлений терроризма и других антиобщественных явлений.

Паспорт безопасности должен предусматривать решение следующих задач:

- определение возможности возникновения указанных ситуаций;
- оценку возможных последствий этих ситуаций;
- определение показателей риска для населения, проживающего на прилегающей территории, и других объектов;
- оценку состояния работ по предупреждению экстремальных ситуаций и готовности к их ликвидации;
- разработку мероприятий по снижению риска и смягчению последствий экстремальных (чрезвычайных) ситуаций.

Структура паспорта безопасности объекта должна включать в себя следующие части и разделы:

1. Общие сведения об объекте контроля.
2. Сведения о персонале (гражданах).
3. Моделирование возможных экстремальных (чрезвычайных) ситуаций.
4. Мероприятия по обеспечению безопасности функционирования объекта.
5. Силы и средства охраны.
6. Ситуационные планы и схемы.
7. Системы жизнеобеспечения.
8. Взаимодействие с органами государственного управления и правопорядка.
9. План действий сотрудников частных охранных предприятий (ЧОП) и расчётов из числа сотрудников, работающих на объекте.
10. Выводы и рекомендации.

К паспорту безопасности должен прилагаться ситуационный план с нанесенными

на него зонами последствий от возможных экстремальных (чрезвычайных) ситуаций на объекте, диаграммы социального риска (F/N-диаграммы, F/G-диаграммы).

На основании результатов анализа предлагается выделить несколько типов (классов) объектов контроля.

Первый класс объектов — это *оживленные городские автомагистрали*. Целью мониторинга является оценка ситуационной (оперативной) обстановки на основных транспортных магистралях города.

Экстремальные ситуации, возникающие на автомобильных магистралях города, чреватые возникновением большого числа «пробок», невозможностью проезда машин спецслужб города. Данные события могут носить как случайный, так и преднамеренный характер со стороны злоумышленников, с целью блокирования и создания напряженности на автомагистралях или в каких-либо районах города.

Второй класс объектов контроля — *места массового отдыха горожан и проведения общегородских мероприятий*.

Объектами наблюдения являются одиночные (подозрительные) граждане и различные по численности группы граждан (толпа).

Третий класс объектов контроля — *театрально-развлекательные комплексы*.

Объектами наблюдения являются большие скопления людей, находящиеся в ограниченном замкнутом пространстве.

На рис. 2 приведена упрощенная схема принятия решений. Данная схема является концептуальной, ее дальнейшее развитие будет зависеть от полноты классификации критериев и характеристик, определяющих обстановку на объекте контроля, методов и алгоритмов оценки степени опасности ситуации и принятия соответствующих решений, типовых планов действий силовых структур, МЧС, скорой медицинской помощи муниципальных и городских округов и т. д.

## 3. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО АУДИОКАНАЛУ

Эффективное распознавание звуковых сигналов возможно с помощью специализированных нейросетевых технологий, а именно — вейвлет-преобразований [4]. Известно, что традиционный аппарат представления произвольных сигналов в виде рядов Фурье оказывается малоэффективным для сигналов с локальными особенностями, в част-

ности для импульсных сигналов. Это связано с тем, что базисная функция рядов Фурье — синусоида — определена во времени и в пространстве от  $-\infty$  до  $+\infty$  и является строго периодической функцией. Такая функция принципиально не способна описать произвольные сигналы, наблюдаемые в реальной жизни. Другие известные методы разложения сигналов в ряды также наталкиваются на принципиальные ограничения.

Важным достоинством вейвлет-функций является их возможность представлять нестационарные сигналы, например, сигналы, состоящие из разных компонентов, действующих в разные промежутки времени. Вейвлет-спектрограммы позволяют выявить тончайшие локальные особенности сигналов с привязкой их ко времени и координатам пространства, что позволяет использовать их при решении задач мониторинга территориально распределенных объектов.

Как уже отмечалось, одной из составляющих системы «Безопасный город» должна быть подсистема анализа оперативной информации включающая в себя следующие компоненты:

1) массив датчиков (видеокамеры, направленные микрофоны), собирающих информацию с объектов контроля (состав и расположение датчиков, требования к их установке должны описываться в паспортах безопасности объектов);

2) набор фильтров, обеспечивающих фильтрацию сигналов, очистку их от помех и т. д.;

3) подсистема, осуществляющая вейвлет-анализ сигналов (т. е. их разложение на аппроксимирующие и детализирующие коэффициенты, что позволяет выделить информационный сигнал для распознавания).

В случае, если выявлено увеличение коэффициентов разложения по сравнению с их усредненным значением, то запускается четвертый компонент системы — нейросетевая подсистема распознавания сигналов. Данная подсистема анализирует выделенный сигнал (рис. 3,а), проводит его спектральное разложение на частотные составляющие, находит максимальные энергетические пики (рис. 3,б–г).

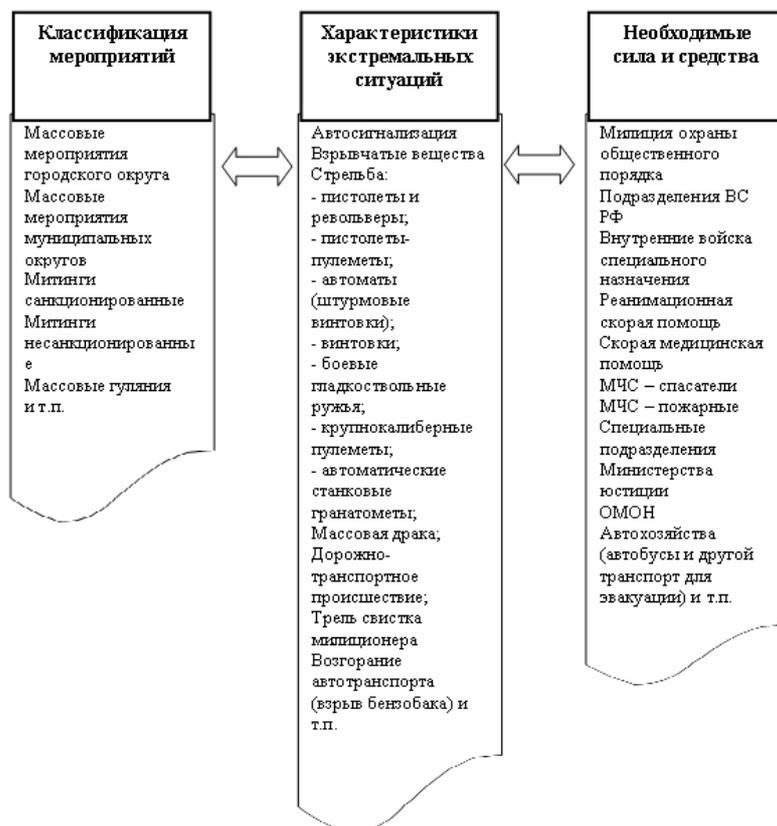
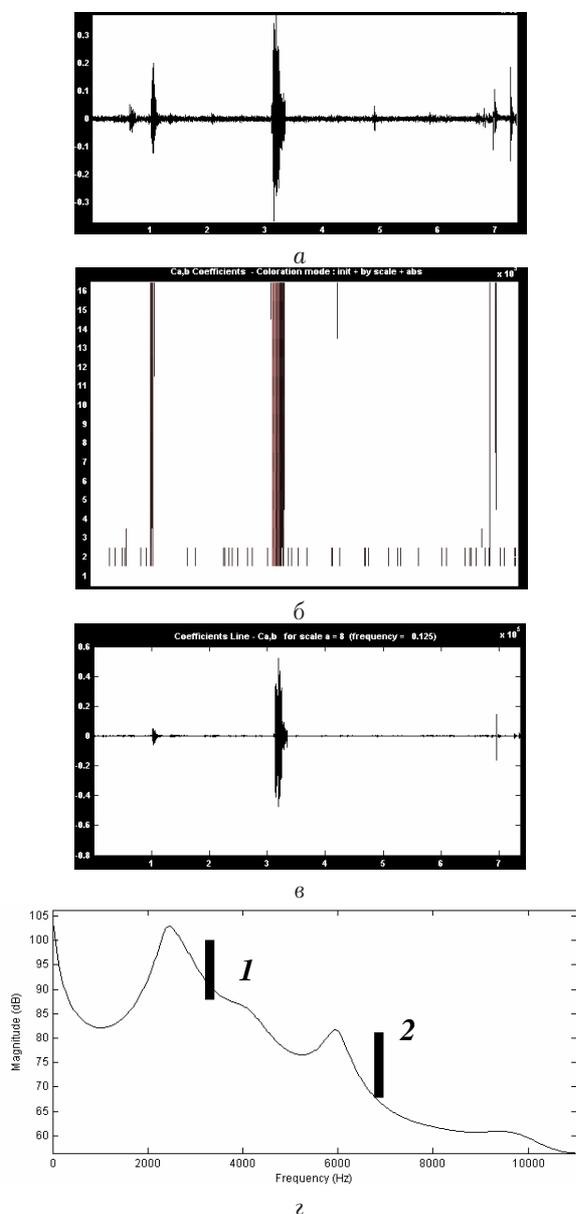


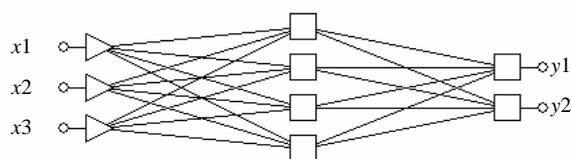
Рис. 2. Упрощенная схема принятия решений

На рис. 3, а–в отложены такты дискретных отсчетов, величина одного такта равна  $2,3 \cdot 10^{-5}$  с. Длина исходного звукового файла на рис. 3, а составляет 16,76 с.



**Рис. 3.** Фазы обработки звукового сигнала: а — исходный звуковой файл; б — разложение исходного сигнала на коэффициенты; в — график изменения во времени коэффициентов разложения; г — частотный спектр исходного звукового сигнала сечениями (сечениями 1 и 2 показаны максимальные пики, служащие входными данными для нейронной сети ( $x_1$  и  $x_2$ ))

После преобразования данные ( $x_1, x_2, x_3$ ) о максимальных пиках разложения сигналов, поступают на входы нейронной сети (рис. 4), которая после обучения сможет распознавать сигнал, присваивать ему класс опасности ( $y_1, y_2$ ) и преобразовывать полученную информацию для ввода в СППР.



**Рис. 4.** Нейросеть для распознавания сигналов

В качестве нейронной сети применяется персептрон, активационные функции — логические функции.

Выбор архитектуры нейронной сети, адекватной решаемой задаче, является неформализованной процедурой и осуществляется на основе опыта конструктора сети и пробных экспериментов.

Данная схема является достаточно универсальной и может быть использована не только для распознавания типа сигналов, но и при использовании методов триангуляции, для определения положения источника звукового сигнала в помещении или на территории объекта контроля.

#### 4. СИСТЕМА ВЫВОДА НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ

Одной из главных задач, требующих решения, является сокращение времени реагирования и снижение вероятности принятия ошибочных решений оператором при возникновении экстремальных ситуации

В связи с тем, что правильность принятия решений напрямую зависит от объема информации, поступающей от устройств контроля обстановки в особо ответственных местах города, скорости передачи данных по каналам связи и т. п. и во многом носит субъективный характер, поскольку на лицо, принимающее решение, влияют такие факторы, как его образование, опыт, психологическое состояние и т. д., то целесообразность разработки и внедрения систем поддержки принятия решений (СППР) не вызывает сомнения.

Как показывает анализ литературы [5, 6], наиболее перспективным для указанного класса задач является построение систем поддержки принятия решений на основе вывода по прецедентам (Case Based Reasoning, CBR).

Системы вывода, основанного на прецедентах (рис. 5), составляют альтернативу экспертным системам, основанным на правилах.

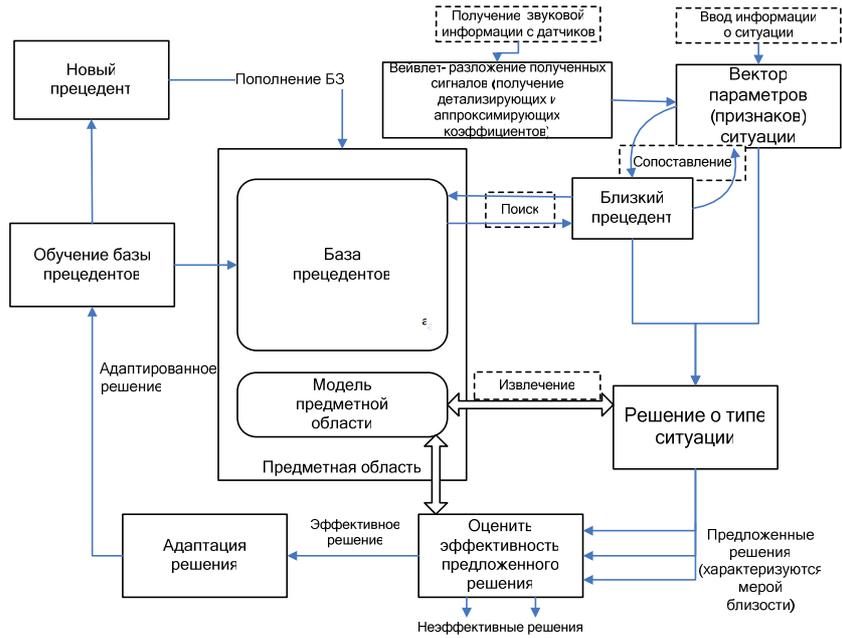


Рис. 5. Схема вывода решений на основе прецедентов

Таблица 1

Типы признаков ситуации

Тип признака	Форма представления значений признака	Шкала измерения признака
Количественный	Целое или вещественное число	Абсолютная шкала
Вероятностный	Целое или вещественное число	Шкала [0 ... 1]
Логический	Предикат (истина, ложь)	Двузначная [0, 1]
Качественный неструктурированный	Лингвистическая переменная	Нечеткое множество [0 ... 1]

Вместо классического контроля параметров объектов для оценки текущей ситуации при этом используется информация о том, как в подобных случаях поступали раньше, т. е. производится анализ прецедентов. Прецедент — это описание проблемы или ситуации с подробным указанием действий, предпринимаемых в аналогичной ситуации для решения аналогичной проблемы. Подход, основанный на прецедентах, сводится к выполнению следующего алгоритма:

- получение подробной информации о текущей ситуации;
- сопоставление этой информации с признаками прецедентов, хранящихся в базе знаний, для выявления аналогичных прецедентов;
- выбор прецедента, наиболее близкого к текущей ситуации, из базы прецедентов;
- адаптация выбранного решения к текущей проблеме, если это необходимо;
- проверка эффективности полученного решения;

- занесение детальной информации о новом прецеденте в базу знаний (прецедентов).

Обратная связь, возникающая при сохранении решений для новых ситуаций, означает, что СВР-метод по своей сути является «самообучающейся» технологией, т. е. рабочие характеристики базы прецедентов с течением времени и накоплением опыта непрерывно улучшаются.

Назначение СППР — обработать полученные данные, дать оценку текущего состояния объекта контроля с точки зрения его защищенности по нечеткой шкале (не защищен, слабо защищен, защищен), выявить слабые места в защите объекта, дать рекомендации по их устранению.

В базе знаний СППР используются типы данных (признаки ситуации), перечисленные в табл. 1.

Представление данных по указанным типам признаков происходит следующим образом:

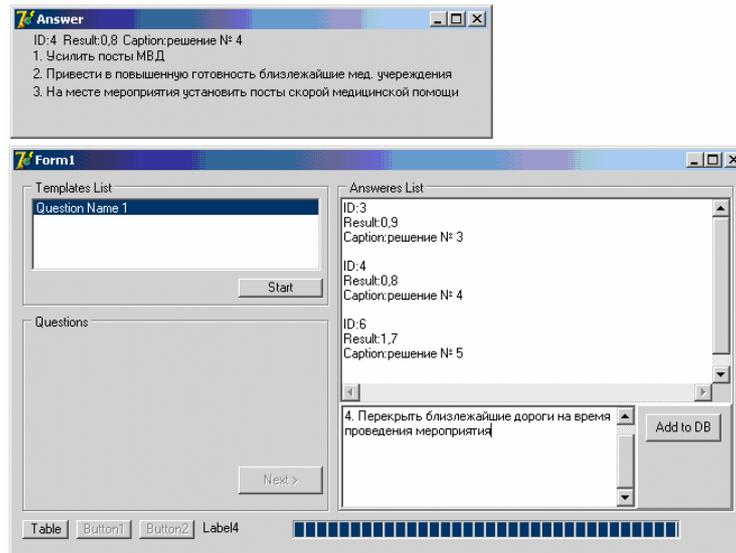


Рис. 6. Вывод данных и пополнение базы прецедентов

1) данные количественного и вероятностного типов передаются функциональному модулю «как есть», т.е. в виде целых и вещественных чисел, либо значений вероятности от 0 до 1;

2) данные логического типа отображаются в интервал  $[0, 1]$  следующим образом: ответ «Да»  $\rightarrow 1$ , ответ «Нет»  $\rightarrow 0$ ;

3) данные качественного неструктурированного типа отображаются в интервал  $[0 \dots 1]$  в соответствии со шкалой половинного деления следующим образом: «Низкий»  $\rightarrow 0,75$ ; «Средний»  $\rightarrow 0,75$ ; «Высокий»  $\rightarrow 0,88$ ; «Очень высокий»  $\rightarrow 0,95$ .

Применение алгоритмов, основанных на нечеткой логике, отражает тот факт, что экстремальные ситуации никогда не бывают абсолютно идентичны или совершенно различны. Нечеткая логика облегчает процесс получения знаний от экспертов в части определения сходства между признаками, сходства ситуаций и поиска квазиоптимальных аналогов ситуаций для принятия решения.

В качестве входных данных СППР при этом выступают:

- нормативные и правовые акты (инструкции, положения, паспорта безопасности объектов, планы действий в экстремальных обстоятельствах, федеральные и местные законодательные акты и т. п.);
- факторы, характеризующие оперативную обстановку на объекте, расстановку сил и средств;
- сведения о действии внешней коалиции сил (МЧС, МВД, органы государственной власти) и т. п.

Входные данные должны подлежать проверке на минимальность (т.е. все ли необходимые данные для работы системы введены в нее), а также на максимальность (переизбыток данных может привести к появлению ошибок).

В настоящее время система поддержки принятия решений создана в среде программирования Delphi 7 с использованием MS Access в качестве базы знаний для хранения вопросов и базы прецедентов.

В данном программном продукте происходит опрос пользователя с целью выяснить текущую обстановку, т.е. происходит ввод вектора параметров (признаков) ситуации. После ввода всех данных происходит поиск ближайших прецедентов и вывод информации о принятых решениях: расстояния до прецедентов, и поле, в котором можно после адаптации решения пополнить базу знаний (рис. 6).

В качестве меры расстояния между прецедентами используется евклидова метрика

$$l_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{pi} - x_{ji})^2},$$

где  $x_p, x_{ji}$  — соответственно значения  $i$ -го параметра для векторов  $\bar{x}_p$  и  $\bar{x}_j$  (предполагается, что  $\bar{x}_p$  и  $\bar{x}_j$  нормированы, т.е. принадлежат интервалу  $[0, 1]$ );  $n$  — размерность вектора параметров.

Ближайший прецедент

$$\bar{x}_s = \bar{x}_j | l_{ps} = \min_{1 \leq j \leq k} l_{pj},$$

где  $k$  — количество прецедентов.

Скорость вывода данных при объеме базы прецедентов 10 000 строк (вектор содержит 20 значений) составляет около 1 минуты на процессоре Intel Core Duo 1.6 ГГц, после превышения объема базы происходит ее очистка, путем объединения ближайших прецедентов, это производится с целью увеличения быстродействия.

Применение данного механизма позволяет выбрать ближайший прецедент, определить тип ситуации и на основе этого выбрать типовое решение, которое будет использоваться для планирования действий силовых структур, МЧС, скорой медицинской помощи муниципальных и городских округов

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная идея подхода, описанного в статье, состоит в повышении достоверности и оперативности принимаемых решений по обеспечению безопасности в городе на основе принципов ситуационного управления и вывода по прецедентам.

Систематизация данных, характеризующая уровень защищенности критически важных объектов на основе паспортов безопасности, устанавливает основные требования к структуре, составу и характеру необходимых действий для обеспечения безопасности объекта в случае возникновения экстремальных ситуаций.

Применение вейвлет-преобразований позволяет при этом распознать типа сигнала и определять положения источника звукового сигнала.

Применение системы вывода по прецедентам позволяет определить тип ситуации и на основе этого выбрать типовое решение, которое будет использоваться при планировании действий силовых структур.

В целом разработка и внедрение предлагаемой системы поддержки принятия решений в рамках реализации программы «Безопасный город» на основе предложенного подхода позволит повысить оперативность и объективность принимаемых решений по оценке оперативной обстановки, значительно сократить время реагирования дежурных смен на возникшие экстремальные ситуации, снизить потери различных видов ресурсов силовых структур, повысить уровень защищенности территориальных объектов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Васильев, В. И.** О создании концепции «безопасный город» / В. И. Васильев, А. С. Крась-

ко, П. В. Матвеев, А. А. Никитин, В. А. Пестриков // Информационная безопасность : матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Таганрог : ТРТУ, 2006. С. 28–30.

2. **Internet.** Safety Dynamics [Электронный ресурс] ([www.safetymatics.net](http://www.safetymatics.net))
3. **Андреев, Н. Д.** Методические рекомендации по разработке паспорта безопасности подразделения органов внутренних дел / Н. Д. Андреев, В. А. Дуленко, В. И. Михайлов, В. А. Пестриков. Уфа : УЮИ МВД РФ, 2005. 17 с.
4. **Дьяконов, В. П.** Вейвлеты. От теории к практике / В. П. Дьяконов. М. : Солон-Р, 2002. 448 с.
5. **Васильев, В. И.** Экспертные системы. Управление эксплуатацией сложных технических объектов : учеб. пособие для вузов / В. И. Васильев, С. В. Жернаков. Уфа : УГАТУ, 2003. 106 с.
6. **Бадамшин, Р. А.** Проблемы управления сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе знаний / Р. А. Бадамшин, Л. Р. Черняховская, Б. Г. Ильясов. М. : Машиностроение, 2003. 240 с.

### ОБ АВТОРАХ



**Васильев Владимир Иванович**, проф., зав. каф. выч. техн. и защ. инф. Дипл. инж. по промэлектронике (УГАТУ, 1970). Д-р техн. наук по сист. анализу и авт. упр. (ЦИАМ, 1990). Иссл. в обл. многосвязн., многофункц. и интел. систем.



**Пестриков Владимир Анатольевич**, доц. той же каф. Дипл. инж.-электр. (УГАТУ, 1983). Канд. техн. наук по упр. в соц. и техн. сист. (Акад. упр. МВД, М., 1996). Иссл. в обл. защ. инф., упр. в чрезв. ситуациях.



**Красько Андрей Сергеевич**, асп., асс. той же каф. Дипл. спец. по защ. инф. (УГАТУ, 2005). Готовит дис. в обл. защ. инф. и поддержки прин. реш.