

Проблемы анализа входной информации в системе биологического мониторинга¹

А. С. Самохина

Аннотация: В разработке системы поддержки принятия решений по предотвращению, противодействию и преодолению последствий биологических чрезвычайных ситуаций важнейшей частью является вычленение инцидентов, являющихся чрезвычайными ситуациями из потока информации, полученной при помощи биологического мониторинга. Для идентификации ситуации предлагается использовать не только видимые, но и скрытые параметры, и их взаимное влияние. Предлагается язык спецификации для построения программы мониторинг, рассматривается пример его использования для конкретного события.

Ключевые слова: компьютерные системы поддержки принятия решений, чрезвычайные ситуации, язык спецификации, мониторинг, компьютерная обработка входной информации.

Введение

Целью работы является создание таких средств спецификации чрезвычайных ситуаций вызванных биологическими факторами, которые позволяли бы в автоматическом режиме идентифицировать тип текущей ситуации на основании данных мониторинга, проводимого системой поддержки принятия решений по предотвращению, противодействию и преодолению последствий биологических чрезвычайных ситуаций (БЧС).

Существенная особенность чрезвычайных ситуаций, связанных с биологическими факторами, состоит в том, что для определения типа ситуации необходима не только информация о текущих значениях параметров, но и история изменения этих параметров. Кроме того, помимо данных, доступных для мониторинга и хранящихся в базе данных (известные параметры), существуют параметры, не доступные для мониторинга (скрытые параметры), которые с некоторой временной задержкой/опережением коррелируют с данными, хранящимися в базе. Именно значениями этих параметров, не от-

слеживаемых явным образом, определяется тип текущей ситуации. Таким образом, для корректного определения типа ситуации необходима не только база доступных для мониторинга данных, но и база знаний, в которой описано, каким образом и с какой временной задержкой (либо опережением), скрытые параметры связаны с видимыми.

1. Получение первичных данных

Для своевременного и обоснованного принятия решений по предотвращению, преодолению и ликвидации последствий БИС необходимо располагать исчерпывающей информацией о факте привнесения в окружающую среду возбудителей инфекционных болезней, их условной групповой, видовой или типовой принадлежности. При этом единственным источником объективной информации могут служить технические средства и методы индикации и идентификации биологических поражающих агентов (БПА) [1].

В настоящее время разработан достаточно широкий перечень технических средств инди-

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 10-80-00590).

кации, позволяющий, в принципе, выявлять биологическую обстановку при массированном применении БПА путем:

- установления факта присутствия биологического аэрозоля в приземном слое воздуха;
- отбора проб из объектов окружающей среды и установления в них видовой (типовой) принадлежности возбудителей инфекционных болезней и бактериальных токсинов;
- определения в макропробах рецептур БПА.

Применительно к выявлению биологической обстановки в местах возникновения чрезвычайной ситуации средства индикации должны обеспечить установление факта диспергирования биологических рецептур, наличие веществ белковой природы в пробах, отобранных с устройств и оболочек, которыми пользовались для транспортировки, хранения и применения БПА, а также осуществить отбор представительных проб аэрозоля и смывов с объектов окружающей среды [2].

Для обнаружения в воздухе биологического аэрозоля используются автоматические сигнализаторы аэрозолей биологических средств и токсинов. Технические средства, относящиеся к данной классификационной группе, обеспечивают непрерывный контроль атмосферного воздуха с целью обнаружения в нем биологических аэрозолей, отбор проб аэрозоля, а также выдачу полученной информации в виде светового, звукового и электрического сигналов срабатывания. На последующем этапе, сходном со специфической индикацией, проводится анализ проб по установлению видовой (типовой) принадлежности БПА, а также их устойчивости к лекарственным препаратам и средствам дезинфекции.

Предварительная информация о БЧС поступает к группе экспертов на предмет верификации БЧС (под верификацией подразумеваем однозначный ответ да/нет на вопрос о наличии БЧС). При верификации БЧС привлекается максимум оперативной информации. Членами экспертной комиссии могут быть привлеченные для решения задачи верификации специалисты разных областей знаний.

При установлении факта свершения БЧС экспертные группы классифицируют БЧС по типу заболевания, типу распространения и масштабу

распространения. Эту работу они выполняют при помощи компьютерной системы поддержки принятия решений (СППР), в которую подсистема анализа информации о чрезвычайной ситуации входит составной частью [3].

Задача подсистемы анализа (ПСА) – оценка состояния и прогноз изменения санитарно-эпидемической обстановки на любых заданных расстояниях от источника биологической опасности для всех временных этапов развития эпидемии, с учетом миграционных процессов и процессов происходящих в атмосфере и гидросфере, с учетом пищевых цепочек и т.д. Задачей ПСА является также анализ информации о наличных силах и средствах на территории, подвергшейся БЧС, и территориях, на которые по прогнозу может распространиться эпидемия.

Укрупненная блок-схема работы ПСА и связи ее ПСУ системы поддержки принятия решений показано на Рис. 1.

Компьютерная поддержка процесса принятия решений при анализе информации о чрезвычайной ситуации основана на формализации:

- представления данных (числовых, табличных, графических, а также перевод лингвистических данных в численные при помощи шкалирования);
- методов получения объективных (измеряемых) и субъективных (даваемых руководителем или экспертом) исходных и промежуточных оценок;
- алгоритмизации самого процесса принятия решений;
- анализа ситуации;
- выработки решения.

В условиях возникновения любой чрезвычайной ситуации, в том числе и биологической, исходная информация, необходимая для принятия решений, представлена не в полном объеме. В процессе ликвидации последствий БЧС объем исходной информации увеличивается, она становится достовернее и полнее.

Как правило, информация может быть интерпретирована неоднозначно, т.е. содержать неопределенности. Источниками неопределенностей могут быть:



Рис. 1 Блок-схема подсистемы анализа санитарно-эпидемической обстановки

- ошибки измерений, которые определяются методикой и средствами измерений;
- некорректное использование измеряемых величин;
- ограниченность выборки измерений при статистической интерпретации какой-либо величины;
- размытость используемых экспертных оценок и мнений.

Задача оценки неопределенности прогнозирования заключается в построении процедуры вычисления на основе оценок неопределенностей данных, результатов измерений, экспертных предпочтений и неопределенностей моделирования. Очевидно, такая процедура зависит от вида используемой схемы, вида используемой модели, способа представления неопределенностей.

С точки зрения разработки СППР в рамках рассматриваемых схем задача применения методов обработки данных ставится следующим образом: на основе имеющихся данных, информации о ситуации и предпочтениях лица, принимающего решения (ЛПР), осуществить выбор из представленного в СППР множества моделей наиболее подходящей для построения прогноза развития ситуации. В качестве

средств решения такой задачи могут выступать экспертные системы, базы знаний.

Задачи применения методов обработки данных и оценки неопределенности прогнозирования взаимосвязаны и должны решаться совместно.

Именно для описания этих связей и служит язык спецификаций (поскольку тип ситуации полностью определяется значениями видимых и скрытых параметров, то, зная их значения в текущий момент, можно будет определить и текущий тип ситуации). Но, разумеется, саму спецификацию (текст на языке спецификаций) никак нельзя рассматривать как базу знаний. Спецификация - это исходный материал для построения базы знаний.

Таким образом, необходимо использовать язык спецификаций, удовлетворяющий следующим требованиям:

1. язык должен быть достаточно выразительным для того, чтобы в нем можно было описать связь между значениями скрытых и видимых параметров;
2. должна существовать процедура, которая по тексту спецификации строит программу, восстанавливающую значения скрытых параметров по циклограмме (истории изменений) видимых параметров.

2. Используемый аппарат языка спецификаций

Основой для языка спецификаций был выбран классический язык слабых монадических теорий первого порядка с одним отношением следования [4-7] (в дальнейшем МТЛ). Формулы языка МТЛ отличаются от формул языка первого порядка только тем, что в нем разрешены кванторы не только по переменным, но и по одноместным предикатным символам. При этом в МТЛ существует единственный унарный функциональный символ next - (выражение $\text{next}(t)$ интерпретируется как момент времени, следующий за t).

Обозначение. В дальнейшем выражение (терм) вида $\text{next}(\dots\text{next}(x))$ (n раз), построенное из переменной x и функционального символа next , будет записываться в виде $x+n$.

Определение 1. Пусть P – множество одноместных предикатных символов, и V – множество переменных не пересекающееся с P . Атомами над P и V называются строки вида $p(t)$, где t – выражение (терм) вида $x+n$, построенное из переменной $x \in V$ и функционального символа next (множество всех атомов над P и V обозначается $\text{Atoms}(P, V)$). Множеством формул языка МТЛ над P и V (обозначается $\text{Formulas}(P, V)$) называется наименьшее множество строк, содержащее атомы ($\text{Atoms}(P, V) \subseteq \text{Formulas}(P, V)$) и удовлетворяющее следующему условию:

если $\Phi, \Phi' \in \text{Formulas}(P, V)$ и $p \in P \cup V$, то $(\Phi \vee \Phi') \in \text{Formulas}(P, V)$ (конъюнкция),
 $(\sim \Phi) \in \text{Formulas}(P, V)$ (отрицание),
 $\exists p \Phi \in \text{Formulas}(P, V)$.

Сокращения:

$(\Phi \wedge \Phi') =_{\text{def}} \sim((\sim \Phi) \vee (\sim \Phi'))$, $\Phi \rightarrow \Phi' =_{\text{def}} \sim \Phi \vee \Phi'$
 $\forall p \Phi =_{\text{def}} \sim \exists p (\sim \Phi)$.

Переменные интерпретируются как моменты времени (моменты, для которых в базе данных хранится информация о видимых параметрах).

Одноместные предикатные служат для задания значений параметров: каждому моменту времени сопоставляется набор свойств, которыми обладают параметры в этот момент. При этом предикатные символы, связанные квантором, соответствуют скрытым параметрам, а не связанные квантором соответствуют видимым параметрам.

Далее приводится определение 2 интерпретации формул, которое каждой формуле ставит в соответствие множество ее моделей (интерпретация задает семантику языка). Это определение корректно лишь для так называемых “канонических формул” (любую формулу можно привести к канонической форме, переименовав связанные квантором переменные так, чтобы ни одна связанная переменная не связывалась квантором более одного раза).

Определение 2. Областью интерпретации множества формул $\text{Formulas}(P, V)$ языка МТЛ называется множество $\text{models}(P, V)$ строк (конечных последовательностей) над алфавитом $2^{P \cup V}$ (элементами последовательностей являются подмножества множества $P \cup V$).

Для любой переменной $x \in V$ множеством ее моделей называется множество $\text{models}(x)$ всех таких строк $\alpha: \{1, \dots, n\} \rightarrow 2^{P \cup V}$, что выполняется неравенство $\{i: i \in \text{dom}(\alpha) \& x \in \alpha(i)\} \neq \emptyset$. Для любой переменной и строки $\alpha \in \text{models}(x)$ интерпретацией переменной в модели α назовем число $\text{varInterpretation}(\alpha, x) = \min \{i: i \in \text{dom}(\alpha) \& x \in \alpha(i)\}$.

Для любого выражения $t = x+i$ и строки $\alpha \in \text{models}(x)$ длины n интерпретацией терма t назовем число $\text{TermInterpretation}(\alpha, t) = \min \{n, \text{varInterpretation}(\alpha, x) + i\}$.

Интерпретация канонических формул определяется по индукции как отображение $\text{Interpretation}(\text{Formulas}(P, V)) \rightarrow 2^{\text{models}(P, V)}$ из множества канонических формул в подмножества множества строк традиционным образом:

для любой атомарной формулы $p(x)$ и любой строки $\alpha: \{1, \dots, n\} \rightarrow 2^{P \cup V}$ $\alpha \in \text{Interpretation}(p(x))$ тогда и только тогда, когда $\alpha \in \text{models}(x)$ и $p \in \alpha(\text{varInterpretation}(\alpha, x))$;

$\text{Interpretation}(\Phi \vee \Phi') = \text{Interpretation}(\Phi) \cup \text{Interpretation}(\Phi')$;

$\text{Interpretation}(\sim \Phi)$ – это дополнение множества $\text{Interpretation}(\Phi)$ до множества всех строк;

$\text{Interpretation}(\exists x \Phi) = \{\alpha: \alpha' \in \text{Interpretation}(\Phi) \& \text{dom}(\alpha) = \text{dom}(\alpha') \& \forall i \in \text{dom}(\alpha') \alpha(i) = \alpha'(i) \setminus \{x\}\}$.

Элементы множества $\text{Interpretation}(\Phi)$ называются моделями формулы Φ .

Примеры.

1. В дальнейшем, при записи формул будут использоваться следующие сокращения.

$x \leq y =_{\text{def}} \forall q (q(x) \& (\forall z \& q(z) \rightarrow q(z+1))) \rightarrow q(y)$,

$$x=y \stackrel{\text{def}}{=} x \leq y \ \& \ y \leq x, \ x < y \stackrel{\text{def}}{=} x \leq y \ \& \ \sim(x=y),$$

$$\text{first}(x) \stackrel{\text{def}}{=} \forall y \ x \leq y, \ \text{last}(x) \stackrel{\text{def}}{=} \forall y \ y \leq x.$$

Легко убедиться в том, что интерпретация формулы $x \leq y$ действительно совпадает с обычным нестрогим неравенством на множестве натуральных чисел. Оправданность остальных обозначений является следствием этого факта.

2. Моделями формулы

$$\exists p \forall x \ p(x) \rightarrow \sim p(x+1) \ \& \ ((\sim p(x)) \rightarrow p(x+1)) \ \& \ \text{first}(x) \rightarrow p(x) \ \& \ \text{last}(x) \rightarrow p(x)$$

являются все строки нечетной длины (эта формула описывает все строки нечетной длины).

3. Пусть множество предикатов P равно $\{a, b\}$.

Формула

$$F_{a,b} = \forall x (a(x) \rightarrow \sim b(x)) \ \& \ (b(x) \rightarrow \sim a(x)) \ \& \ (a(x) \vee b(x))$$

описывает все строки над алфавитом $\{\{a\}, \{b\}\}$.

Формула

$$F_{a,b} \ \& \ \forall x ((a(x) \rightarrow b(x+1)) \ \& \ (b(x) \rightarrow a(x+1)))$$

описывает все последовательности вида $\dots \{a\} \{b\} \{a\} \{b\} \dots$

4. Пусть (Q, F, μ) – конечный автомат (унарная алгебра) с множеством состояний Q , входных сигналов F и диаграммой переходов $\mu: F \rightarrow (Q \rightarrow Q)$ и пусть $q_0, q_1 \in Q$ – некоторые состояния этого автомата. Тогда формула

$$\forall x \forall y \forall_Q \{ (q(x) \ \& \ a(x+1)) \rightarrow q'(x+1) : q \in Q \ \& \ a \in F \ \& \ q' = \mu(a)(q) \} \ \& \ (\text{first}(x) \rightarrow q_0(x)) \rightarrow (\text{last}(y) \rightarrow q_1(y)),$$

(здесь \forall_Q обозначает взятие квантора по всем элементам Q , а $\{ \Phi_1, \dots, \Phi_n \}$ – сокращение записи $\Phi_1 \ \& \ \dots \ \& \ \Phi_n$) описывает все такие строки над алфавитом F , по которым автомат из состояния q_0 переходит в состояние q_1 .

Выбор MTL в качестве основы для языка спецификации связан с тем, что по любой формуле MTL можно построить конечный автомат, вычисляющий значения скрытых параметров в реальном времени (по мере поступления очередной порции данных в базу данных). Состояния этого автомата соответствуют значениям (наборам свойств) скрытых параметров, а входные символы соответствуют значениям видимых параметров. Этот автомат просматривает циклограмму видимых параметров (циклограмму можно рассматривать как строку, символами которой являются наборы свойств видимых параметров).

3. Применение языка спецификации для конкретного события

Предположим, что диспетчер получил информацию о подозрении на намеренное создание БЧС с использованием аэрозольного биологического поражающего агента (БПА) в вагоне пригородной электрички в связи со следующими событиями.

В пригородную больницу была доставлена пациентка P с признаками, характерными при воздействии известного БПА (назовем его A) на аллергиков. Для людей, не подверженных аллергии, первые признаки воздействия БПА проявляются в течение нескольких дней вплоть до недели.

По свидетельствам очевидцев, находившихся в одном вагоне с P , за некоторое время до ухудшения состояния P неизвестный гражданин распылял некое вещество из аэрозольного баллончика, после чего скрылся. Последнее дает основания предполагать, что внезапное ухудшение состояния P не случайно и в ближайшие дни возможно ухудшение санитарно - эпидемической обстановки в регионе.

Возможность быстро прояснить обстановку осложняется следующими факторами:

- при приеме пациентки P не были зафиксированы данные, позволяющие идентифицировать и разыскать свидетелей происшествия;
- анализы, подтверждающие наличие агента A в крови пациентки, будут готовы только через несколько дней;
- пострадавшая P все время находится без сознания, и даже применение препарата R , не вывело ее из коматозного состояния.

Если известно, что препарат R эффективен при ранних стадиях воздействия агента A , то из приведенного отчета можно сделать вывод о малой достоверности факта воздействия определенного БПА.

Например, если инцидент случился летом, то с гораздо большей вероятностью можно предположить, что неизвестный гражданин использовал репеллент от комаров (который является аллергеном) перед выходом из электрички.

Как добиться того, чтобы подобный вывод о низкой вероятности воздействия БПА был сделан программой? Подобный вывод программа

может сделать только в том случае, если ей каким-то образом сообщено, как от происходящих событий (и последовательности, в которой эти события происходят) меняется достоверность того или иного факта.

Язык MTL и является тем формальным языком, на котором эту информацию можно сообщить программе. Рассмотрим следующий пример. Пусть:

$R(t)$ - факт применения препарата R в момент времени t ,

$unwell(t)$ - плохое самочувствие в момент времени t ,

$A(t)$ – означает факт воздействия агентом A в момент времени t .

В этом случае следующая формула описывает действие препарата R при воздействии агента A

$\forall t A(t) \& unwell(t+1) \& R(t+2) \rightarrow \sim unwell(t+3)$, где $(t+1, t+2 \dots)$ это не операции MTL, а сокращения, ранее описанные.

Соответственно из последовательности событий $unwell(t_0+1), R(t_0+2), unwell(t_0+3)$, зафиксированных в циклограмме по поводу гражданки P , программа монитор может сделать вывод об отсутствии воздействия агента A на P в момент времени t_0 .

Из приведенного примера видно, что MTL применим для отслеживания истории событий ровно одного клиента (учитываем только параметр времени, в языке MTL нет возможности указать, к какому объекту относятся рассматриваемые события). Указанное ограничение нельзя обойти (только благодаря этому ограничению текст, записанный на MTL, может быть переведен в программу-монитор). Поэтому в общем протоколе истории развития событий все отслеживаемые клиенты будут анализироваться независимо друг от друга, и по каждому из них будет делаться отдельное заключение. Если ведомых клиентов много, можно использовать этот факт для подсчета вероятности достоверности сделанных программой выводов, а можно рассматривать группы клиентов как один объект. В последнем случае (при разбиении на группы) возникают следующие связанные друг с другом задачи:

- определение свойств (меняющихся во времени) группы клиентов по свойствам (или истории изменения свойств) ее членов;

- распределение (и перераспределение) клиентов по группам;

- разрешение противоречий между заключениями по разным клиентам.

В приведенном выше примере не используются кванторы по предикатам (и, кстати, ничего не говорится об аллергии). Приведем подобный пример и заодно продемонстрируем, что MTL может быть применен как основа языка спецификации.

Предположим, что аллергия на воздействие агентом A , как правило, связана с тем, что клиент когда-то болел заболеванием C . Тот факт, что перед моментом времени t_0 когда-то было заболевание C , можно записать следующей формулой:

$$\exists t t < t_0 \& C(t).$$

В приведенной формуле нигде явно квантор по предикатам не используется, но следует вспомнить, что конструкция $t < t_0$ - это не элемент языка MTL, а сокращение для достаточно длинной формулы определяемой через конструкцию

$t \leq t' =_{\text{def}} (\forall q (q(t) \& (\forall z \& q(z) \rightarrow q(z+1))) \rightarrow q(t'))$ следующим образом: $t \leq t_0 \& \sim (t_0 \leq t)$. Именно для конструкций подобных $t \leq t'$ во временных логиках введены специальные сокращения (которые принято называть модальностями).

Последний из приведенных примеров, указывает на то, что необходимость в использовании кванторов по предикатным символам возникает тогда и только тогда, когда приходится говорить о промежутках времени сколь угодно большой длины. Если необходимости анализировать длинные промежутки времени нет (например, если отсутствуют медицинские карточки и инцидент не может развиваться дольше месяца), то без кванторов по предикатным символам можно обойтись.

4. Технология использования языка спецификации

На Рис. 1 блок «Ввод и обработка первичной информации, получение исходных данных» можно детализировать следующим образом: исходное описание на языке MTL, компилирование с языка MTL и построение программы монитор, что отражено на Рис. 2.

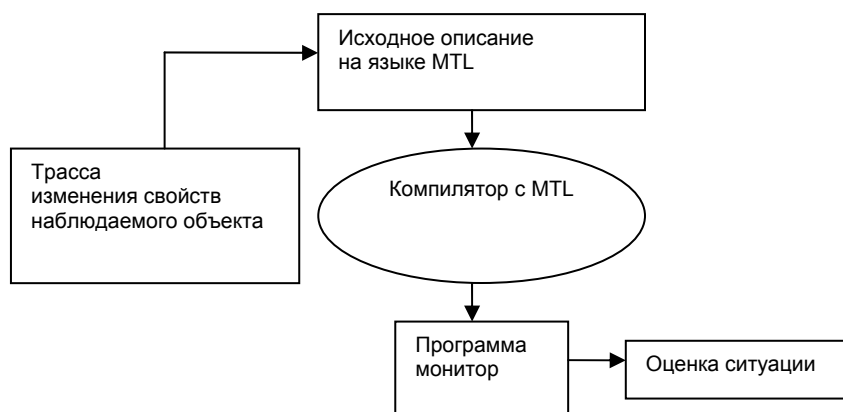


Рис. 2 Технологическая схема использования программы монитор при вводе и обработке первичной информации

На языке MTL задается описание Φ (Φ - это логическая формула на языке MTL) последовательностей событий, которые соответствуют чрезвычайной ситуации. По тексту описания (по формуле Φ) строится программа монитор П (эта программа моделирует поведение конечного автомата, который распознает множество всех моделей формулы Φ).

Через программу П пропускается последовательность сигналов, поступающая с наблюдаемого объекта (трасса изменения свойств наблюдаемого объекта). При этом каждый раз, когда пропущенная последовательность соответствует чрезвычайной ситуации (ситуации описанной в формуле Φ), программа П обнаруживает это.

Для определения типа ситуации помимо циклограммы видимых параметров необходима база знаний, содержащая информацию о взаимном влиянии видимых и скрытых параметров. Из последнего следует, что в базе знаний должна храниться таблица переходов конечного автомата: того автомата, который строится по тексту спецификации.

5. Схема обработки входной информации

В работе [8] приведены различные схемы обработки входной информации в компьютерной системе принятия решений по предотвращению, противодействию и преодолению последствий БЧС. При использовании программы монитор схема примет вид, показанный на Рис.3.

Программа монитор обрабатывает входную информацию и определяет скрытые параметры на основании динамики изменения информации и данных из базы знаний.

В соответствии с предложенной схемой ЛППР, основываясь на данных программы монитор, использует входные данные и имеющиеся данные, входящие в базу знаний, для выбора или уточнения модели и уточнения прогноза. Если неопределенность построенного прогноза слишком высокая и не удовлетворяет пользователя, то он принимает решение о проведении дополнительных измерений. Эти измерения планируются и проводятся с целью уточнения прогноза или снижения его неопределенности.

Для ранее рассмотренного примера инцидента с распылением аэрозоли в вагоне электрички покажем место программы монитор при обработке входной информации и выявлению связей между явными и скрытыми параметрами и установления значений скрытых параметров инцидента.

Если на пункт диспетчера не поступала информация от медиков о выявлении в городе опасных эпидемических заболеваний (ОЭЗ), то происшедший инцидент с распылением может относиться к ведению полиции. Если же в городе выявлено ОЭЗ, необходимо проследить наличие/отсутствие связи между инцидентом и возникновением ОЭЗ. В случае установления связи, при построении прогноза развития обстановки, необходимо моделирование распространения аэрозоли внутри вагона, опознания пассажиров и возможные пути их миграции,

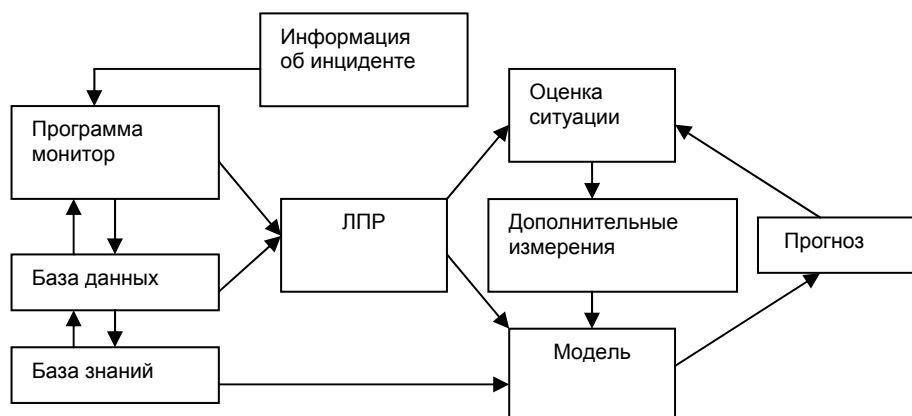


Рис. 3 Укрупненная схема обработки входной информации с использованием программы монитор

распространения эпидемии конкретного заболевания. Имеющаяся информация об источнике заражения позволяет с высокой точностью выбрать для расчетов соответствующую модель. Однако априорные значения входных данных модели и величин ее параметров известны с большой неопределенностью, а это, в свою очередь, приводит к большой неопределенности прогноза. Данные медицинского мониторинга позволяют снизить имеющуюся неопределенность, но не настолько, чтобы результаты прогноза давали возможность принять решение о дальнейших действиях. В этой ситуации ЛПР принимает решение о проведении дополнительных измерений обстановки санитарно-эпидемическими разведывательными группами. Дополнительные измерения ЛПР планирует, учитывая свой опыт, имеющиеся данные мониторинга, структуру выбранной модели эпидемического процесса, а также с учетом имеющихся сил и средств.

По мере получения входной информации и используя данные, заложенные в базе знаний, программа монитор может точнее устанавливать связи между видимыми и скрытыми параметрами, выявлять значения скрытых параметров.

Таким образом, при разработке СППР с учетом предложенной схемы обработки входной информации на базе программы монитор необходимо последовательно решить несколько подзадач.

1. На основе имеющейся информации о ситуации (видимые и скрытые параметры) и предпочтениях ЛПР осуществить выбор из

представленного в СППР множества моделей наиболее подходящей для построения прогноза развития ситуации.

2. Используя первичную информацию, получить входные данные, уточнить прогноз развития ситуации, построенный на основе выбранной модели.

3. Спланировать и провести дополнительные измерения, если полученный прогноз имеет высокую степень неопределенности.

4. Используя имеющиеся данные и результаты дополнительных измерений, уточнить первоначальный прогноз развития ситуации.

Возможные средства решения первой, второй и четвертой подзадач предполагают формальную интерпретацию информации в терминах исходных данных выбранной модели, а также разработку процедуры коррекции результатов прогнозирования на основе выбранной модели. Решение третьей подзадачи предполагает разработку процедур планирования дополнительных измерений на основании мнения ЛПР, имеющихся данных, входящих в базу знаний, и результатов первоначального прогноза.

Дадим формальное описание выявления программой монитором скрытых параметров.

Пусть $P(t) = \{P_{s1}, P_{s2}, \dots, P_{sn}, P_{d1}(t), P_{d2}(t), \dots, P_{dm}(t)\}$, где $P_{si}, i = 1, \dots, n$ является статическим видимым параметром, $P_{dj}(t), j = 1, \dots, m$ - динамическим видимым параметром. Для рассмотренного выше примера наличие инцидента (распыления аэрозоли) и выявление ОЭЗ – ста-

тические параметры; количество заболевших, зафиксированных по дням с начала эпидемии, и площадь распространения больных – динамические видимые параметры. В базе знаний хранится множество Q видимых и скрытых параметров, описывающее БЧС.

Пусть C_s - статический скрытый параметр, $C_d(t)$ - динамический скрытый параметр, тогда можно записать

$$C_s = F_1[P_s, P_d(t)], \quad C_d(t) = F_2[P_s, P_d(t)],$$

где F_1 и F_2 - функционалы на множестве параметров $P(t)$. Примером динамического скрытого параметра является плотность распространения заболевших по дням, а статического скрытого параметра – признаки заболевания. $\{C_s\}, \{C_d\}$ - множества статических и динамических скрытых параметров соответственно. Тогда, если $\{P_s\} \cup \{P_d(t)\} \cup \{C_s\} \cup \{C_d(t)\} \in Q$, то можно рассматриваемую ситуацию интерпретировать как биологическую чрезвычайную ситуацию.

Заключение

Создание средств спецификации чрезвычайных ситуаций, вызванных биологическими факторами, которые при помощи программы монитор позволяют в автоматическом режиме идентифицировать тип текущей ситуации на основании данных мониторинга, дают возможность отсеивать информационный шум на входе в систему поддержки принятия решений по

предотвращению, противодействию и преодолению последствий биологической чрезвычайной ситуации, учитывая как явные, так и скрытые динамические и статические параметры.

Литература

1. Государственный доклад МЧС России о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2002г. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Информационный сборник. Под ред. Махутова Н.А. М.: ВИНТИ. 2003. с. 3-186.
2. Противодействие биологическому терроризму. Практическое руководство по противозидемическому обеспечению. Под ред. Онищенко Г.Г. М.: Москва, 2003.
3. Самохина А.С. Общая постановка задачи классификации и идентификации в системе поддержки принятия решений при биологической чрезвычайной ситуации. Межвузовский сборник научных трудов «Теоретические вопросы вычислительной техники, программного обеспечения и информационных технологий в муниципальном хозяйстве» М.: Москва, 2005г. с. 216-221.
4. Buchi J.R., Weak second order arithmetic and finite automata, Z. Math. Logik Grundl. Math., 1960, № 6, p. 66 - 92.
5. Ладнер Р.Э. Применение теоретико-модельных игр к линейным порядкам и конечным автоматам в кн. Кибернетический сборник, вып. 17, М.: Мир, 1980, с.164-191.
6. Семенов А.Л. Логические теории одноместных функций на натуральном ряду.// ДАН, т.47, 1983, № 3, с. 623-658.
7. Семенов А.Л. Разрешающие процедуры для логических теорий. Кибернетика и компьютерная технология, М.: Наука, 1986, № 2, с. 134-146.
8. Самохина А.С. Анализ схем обработки первичных данных в системе предотвращения биологической чрезвычайной ситуации.//Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2006, №2, с. 92-106.

Самохина Анна Сергеевна. Ведущий научный сотрудник ИПУ РАН. Окончила Московский экономико-статистический институт в 1975 году. Доктор технических наук. Автор 41 печатной работы из них двух монографий. Область научных интересов: поддержка принятия решений. E-mail: assamokhina@yandex.ru.