

# АЛГОРИТМ ОПЕРАТИВНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ОПАСНОГО ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ

О.В. Михеев<sup>(1)</sup>, А.С. Самохина<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>ЗАО НВК «ВИСТ», г. Москва;

<sup>(2)</sup>Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Разработан алгоритм для системы поддержки принятия решений в целях оперативной верификации опасного эпидемического заболевания при управлении предотвращением и ликвидацией последствий биотеррактов.

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие активно обсуждаются вопросы предупреждения распространения опасных эпидемических заболеваний (ОЭЗ). Эти вопросы имеют комплексный характер и связаны не только с организацией работы санитарно-эпидемиологических служб, но и с проблемами биологической безопасности [1, 2].

Как правило, сценарии биологических чрезвычайных ситуаций (БЧС) крайне не оптимистичны как в смысле человеческих потерь, так и в смысле затрат на ликвидацию их прямых последствий, а также потерь вследствие дезорганизации экономики региона и последствий психологического воздействия на население. Применение компьютерной техники для принятия решений по предупреждению, противодействию и ликвидации последствий БЧС крайне необходимо, так как повышает управляемость ситуаций в режиме реального времени, увеличивает информированность управляющих органов, сокращает время принятия решений. Одна из важнейших мер предупреждения распространения опасных заболеваний состоит в создании и дальнейшем использовании системы поддержки принятия решений (СППР) по преодолению и ликвидации последствий БЧС. Такая система, работающая практически в реальном масштабе времени, помогает организовать поддержку процесса принятия решений в условиях острой нехватки времени, противоречивой информации об оперативной обстановке и противоречивых мнениях руководителей различных служб [3].

В СППР должно быть предусмотрено два режима (этапа) работы — подготовительный и оперативный [4]. В подготовительном режиме, в частности, осуществляется классификация различных объектов, с которыми затем работают в оперативном режиме. Такими объектами могут быть, например, особо опасные эпидемические заболевания, которые могут быть применены при биологическом терроризме. В оперативном режиме некоторый инцидент (событие, зафиксированное диспетчерской службой), должен быть сначала верифицирован как БЧС, т. е. должно быть оперативно определено, относится ли заболевание к опасным эпидемическим. Если наблюдается ОЭЗ, то проводится идентификация заболевания, масштаба и способа его распространения, т. е. определяется сценарий развития события [5, 6]. Рассмотрим алгоритм оперативной верификации заболевания, включенного в базу знаний, созданную в подготовительном режиме работы СППР.

## 1. ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ ОПЕРАТИВНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Сформулируем алгоритм решения диагностической задачи, позволяющий верифицировать известные типы особо опасных инфекционных заболеваний.

Пусть  $O(i, j)$  — вероятность  $i$ -го общего признака для  $j$ -го заболевания,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ . Общими считаются признаки, характерные для ряда заболеваний.



Пусть  $C(i, j)$  — вероятность  $i$ -го специфического признака для  $j$ -го заболевания,  $i = \overline{1, K}$ ,  $j = \overline{1, M}$ . Специфическими считаются признаки, характерные для данного конкретного заболевания.

Далее, пусть  $BO(i)$  — характеристика  $i$ -го общего признака больного,  $i = \overline{1, N}$ , а  $BC(i)$  — характеристика  $i$ -го специфического признака больного,  $i = \overline{1, K}$ . Положим

$$BO(i) = \begin{cases} 1, & \text{если признак присутствует,} \\ 0,5, & \text{если признак возможен,} \\ 0, & \text{если признак отсутствует,} \end{cases}$$

и

$$BC(i) = \begin{cases} 1, & \text{если признак присутствует,} \\ 0,5, & \text{если признак возможен,} \\ 0, & \text{если признак отсутствует,} \end{cases}$$

Обозначим  $KO(j)$  — число общих признаков для  $j$ -го заболевания, вероятность которого не менее 0,5,  $KC(j)$  — число специфических признаков для  $j$ -го заболевания, вероятность которого не менее 0,5.

Тогда вероятность того, что пациент страдает  $j$ -м заболеванием, определяется выражением:

$$B(j) = \frac{\sum_{i=1}^N BO(i)O(i, j) + \sum_{i=1}^K BC(i)C(i, j)}{KO(j) + KC(j)} \times \frac{\sum_{i=1}^N BC(i)C(i, j)}{KC(j)}.$$

Если вероятность какого-либо одного или нескольких заболеваний превосходит некоторое пороговое значение, то система выдает диагностическую гипотезу о возможном наличии заболевания с определенной степенью вероятности.

## 2. ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Входными данными системы являются:

- ответы пользователя на вопросы системы;
- база данных с описаниями признаков;
- база данных с описанием заболеваний;
- таблица соответствий между заболеваниями и признаками;
- таблица значений признаков заболеваний;
- база данных с информацией о пациентах.

Входные данные можно разбить на два больших блока:

- оперативные данные, поступающие с пользовательского интерфейса, т. е. интерфейса лечащего врача; сюда также входит и база данных о пациентах (их «больничные карточки»);
- содержимое базы знаний, заполненной экспертами на предварительном этапе построения СППР.

Структура и представление групп вопросов в опроснике, заполняемого лечащим врачом, служат эффективным инструментом для ввода данных, а также для наглядного рабочего представления данных в форме табл. 1.

База знаний по опасным эпидемическим заболеваниям заполняется экспертами на этапе классификации ОЭЗ, во время подготовительного этапа построения системы противодействия биотеррактам [7].

Таблица 1

Пример сокращенного опросника, заполняемого лечащим врачом

Фамилия, имя, отчество	Алексеев Алексей Борисович
Дата рождения	02.01.1980
Дата заболевания	08.12.2005
Дата обращения за медицинской помощью	17.12.2005
Жалобы	Озноб, жар, головная боль, головокружение, общая слабость, мышечная слабость, повышенная утомляемость, тошнота
Общее состояние больного	Тяжелое, сознание сохранено, возбуждение, нарушение речи, бред, вестибулярные нарушения, температура 38—40 °С и более, резкое повышение температуры
Состояние кожных покровов и слизистых	Гиперемия лица, отечность, одутловатость лица, гиперемия слизистых ротоглотки, дыхание затруднено, сухой кашель, кашель со стекловидной мокротой
Состояние сердечно-сосудистой системы	Тахикардия, гипотония
Симптомы поражения нервной системы	Симптомы поражения мозговых оболочек
Состояние органов гепатобилиарной системы	Увеличение печени, симптомы нарушения гемодинамики
Оценка вероятности выявления ОЭЗ	0,65
Оценка условной вероятности нозоформы	Чума: 0,64, вирусная геморрагическая лихорадка 0,51

Для построения базы знаний по особо опасным инфекционным заболеваниям привлекается группа, состоящая из  $L$  экспертов. Каждый член группы оценивает других членов по 10-балльной шкале. Для каждого эксперта вычисляется его вес

$$\rho^0(i) = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^L \delta(i, j)}{L-1},$$

где  $\delta(i, j)$  — оценка  $j$ -м экспертом  $i$ -го эксперта,  $\rho^0(i)$  — первоначальный вес  $i$ -го эксперта. Для уточнения веса  $i$ -го эксперта целесообразно воспользоваться формулой

$$\rho^1(i) = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^L \rho^0(i) \delta(i, j)}{L-1}.$$

Каждый эксперт заполняет табл. 2, проставляя значения  $O(i, j, k)$  — вероятность  $i$ -го общего симптома  $j$ -го больного, проставленная  $k$ -м экспертом и  $C(i, j, k)$  — вероятность  $i$ -го специфического симптома  $j$ -го больного, проставленная  $k$ -м экс-

пертом в соответствующих графах. Элементы итоговой таблицы строятся по формуле:

$$O(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^L \rho^1(k) O(i, j, k)}{\sum_{k=1}^L \rho^1(k)},$$

аналогично вычисляются значения  $C(i, j)$ . Пример начала описания итоговых таблиц приведен в табл. 2.

### 3. ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Выходные данные программы представляют собой диагноз, поставленный на основе наблюдаемых симптомов и базы знаний о заболеваниях. Диагноз выдается на экран в качестве окончательного ответа экспертной системы пользователю. Кроме того, информация об обнаруженном заболевании и наблюдаемых признаках заносится в электронную карточку пациента.

Таблица 2

Пример итоговой таблицы для чумы, вирусной геморрагической лихорадки (в. г. л.), натуральной оспы (н. о.)

Краткий анамнез	Личные данные пациента							
	Дата начала заболевания							
	Дата обращения за медицинской помощью							
	Начало заболевания	острое	0,9	0,7	0,9	1	1	1
		подострое	0,1	0,2	0,1	0	0	0
		вялотекущее	0,0	0,1	0,0	0	0	0
	Заболевание		Чума	В. г. л.	Н. о.	Чума	В. г. л.	Н. о.
	Жалобы	озноб	0,9	0,9	0,9	1	1	1
		жар	0,9	0,8	0,7	1	1	1
		головная боль	0,9	0,9	0,7	1	1	1
		головокружение	0,5	0,1	0,1	1	0	0
		нарушение зрения	0,0	0,0	0,0	0	0	0
		светобоязнь	0,0	0,0	0,0	0	0	0
		общая слабость	0,9	0,9	0,9	1	1	1
		мышечная слабость	0,9	0,9	0,9	1	1	1
		повышенная утомляемость	0,9	0,9	0,9	1	1	1
		сонливость	0,0	0,1	0,4	0	0	0,5
		бессонница	0,3	0,1	0,1	0,5	0	0
мышечные боли		0,8	0,7	0,1	1	1	0	
боли в суставах		0,0	0,3	0,1	0,5	0	0	
боль в грудной клетке		0,7	0,1	0,1	1	0	0	
одышка		0,5	0,1	0,1	1	0	0	
кашель	0,5	0,1	0,1	1	0	0		
озноб	0,9	0,9	0,9	1	1	1		



В процессе работы система генерирует несколько рабочих версий окончательного диагноза, и затем «отсеиваются» лишние гипотезы, которые имеют вес, меньший, чем некоторое значение, заранее заданное специалистом.

Например, в процессе работы системы сформировалось пять версий диагноза с вероятностями от 0,51 до 0,98. Пусть порог уверенности, заданный специалистом, равен 0,75. Тогда система выдаст все версии, вероятности которых больше 0,75, в порядке убывания их вероятностей, «отсеив» остальные:

0,98 — вероятность заболевания 1;  
0,93 — “ “ “ 2;  
0,87 — “ “ “ 3.

Система также ведет регистрацию пациентов, их состояний и статистику заболеваний: частоту встречаемости заболевания, сезонность эпидемических заболеваний, возрастной состав заболевших, гендерный состав заболевших и др.

Разработанная СППР обладает дружественным пользовательским интерфейсом, не требующим специальных навыков и понятным как для лечащего врача, так и для эксперта-медика.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный алгоритм позволяет определять наличие опасных эпидемических заболеваний с некоторыми вероятностями. При наличии заболевания с помощью компьютерной системы предотвращения и ликвидации последствий биотерроризма выполняется его детальная идентификация, предполагающая дальнейшие клинические анализы в специализированных учреждениях. На основании поставленного диагноза и оперативной обстановки можно моделировать сценарии развития опасных эпидемических заболеваний [5, 6, 8].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Организация и проведение противоэпидемических мероприятий при террористических актах с применением биологических агентов / Методические рекомендации МР 2510/11646-01-34.
2. Противодействие биологическому терроризму. Практическое руководство по противоэпидемическому обеспечению / под ред. Г.Г. Онищенко. — М., 2003. — 311 с.
3. Трахтенгерц Э.А., Шершаков В.М., Камаев Д.А. Компьютерная поддержка управления ликвидацией последствий радиационного воздействия. — М.: СИНТЕГ, 2004. 456 с.
4. Самохина А.С. Общая постановка задачи классификации и идентификации в системе поддержки принятия решений при биологической чрезвычайной ситуации // Межвуз. сб. науч. тр. «Теоретические вопросы вычислительной техники, программного обеспечения и информационных технологий в муниципальном хозяйстве». — М., 2005. — С. 216—221.
5. Габусу П.А., Михеев О.В., Самохина А.С. Экспериментальные исследования имитационной математической модели распространения опасного эпидемического заболевания // Тр. междунар. конф. «Параллельные вычисления и задачи управления» РАСО'2006 / Ин-т пробл. упр. — М., 2006. С. 1494—1508.
6. Габусу П.А., Михеев О.В., Самохина А.С. Идентификация сценариев эпидемического заболевания // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2006. — № 2. — С. 92—106.
7. Габусу П.А., Михеев О.В., Самохина А.С. Анализ схем обработки первичных данных в системе предотвращения биологической чрезвычайной ситуации // Там же. — № 4. — С. 64—71.
8. Габусу П.А., Михеев О.В., Самохина А.С. Взаимодействие V-модели и имитационной математической модели распространения опасного эпидемического заболевания // Там же. — № 3. — С. 96—105.

☎ (495) 318-69-73,

e-mail: absamokhin@yandex.ru, olgm@ncgroup.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии В.Н. Новосельцевым. □

## Новая книга

**Бухарин С.Н., Цыганов В.В. Методы и технологии информационных войн. — М.: Академический проект, 2007. — 382 с.**

Изложены методы и технологии информационных войн, основанные на их теории и методологии, а также практические применения. На основе изучения целей информационных войн спроектированы процедуры ситуационного анализа и алгоритмы определения стратегий информационного противоборства (в том числе провокаций). Разработаны процедуры планирования информационных операций, алгоритмы принятия решений в информационных войнах и подходы к управлению информационным противоборством. Эти методы и технологии применены для анализа и проектирования комплексных систем управления противоборством в информационных войнах разной природы и масштаба — от корпоративных и отраслевых до региональных и национальных. Проанализированы экологические информационные войны в условиях глобализации. В приложениях даны необходимые сведения об экспертных и статистических методах.

Для руководителей и специалистов по информационным операциям и связям с общественностью, управлению, социологии, политологии, экономике, профессорско-преподавательского состава и студентов социально-экономических кафедр вузов, а также читателей, интересующихся информационным противоборством.