

УДК 616.8

*М.А. Лядов, С.Г. Фарса, Д.А. Дьякова\**

## ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНСУЛЬТА

Особую актуальность приобретает одновременная работа с множеством однотипных объектов, каждый из которых является сложной системой, например биологическими объектами. Особую значимость представляет определение ситуаций, возникающих при нарушении работы одной из подсистем и делающих невозможным функционирование сложной системы в целом, так называемых критических. Опасным для жизни человека является возможность возникновения острого нарушения мозгового кровообращения – инсульта, который можно определить на основе анализа процессов кровообращения в сосудах головного и спинного мозга. Своевременное выявление и прогнозирование критических ситуаций осуществляется с помощью мониторинга – специально организованного, систематического наблюдения за состоянием подсистем каждого объекта с целью их оценки, контроля или прогноза.

Целью работы является разработка экспертной системы прогнозирования инсульта (ЭСПИ), которая позволит врачам сократить время принятия решений и исключить ошибки в оценке возможности возникновения инсульта у наблюдаемых пациентов [1].

Комплексный мониторинг состояния головного мозга человека позволяет осуществлять с высокой степенью достоверности прогнозирование возникновения мозгового инсульта на стадиях, когда возможно эффективное использование профилактических мероприятий. Созданная для этих целей ЭСПИ обеспечивает оперативность и объективность полученной информации. Применение процедурной модели определения возможности возникновения инсульта снижает вероятность врачебных ошибок. База знаний (БЗ) ЭСПИ реализуется на основе разработанных информационной и процедурных моделей.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2011 г. в рамках Шестой научной студенческой конференции «Проблемы ноосферной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С.В. Фролова.

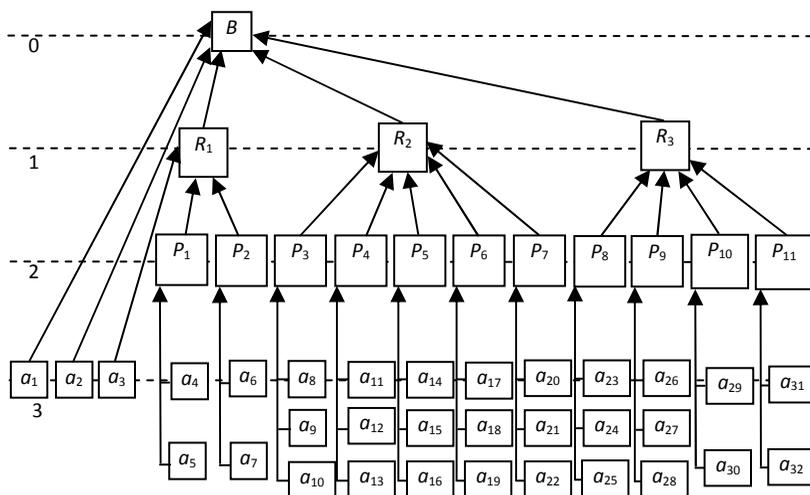
В работе обоснованы нормы входных параметров ЭСПИ, которые определяются упорядоченным множеством  $\Pi$  в виде последовательности 32 кортежей. Первый элемент кортежа определяет название входного параметра, которое соответствует порядку кортежа в множестве  $\Pi$ . Для первого элемента кортежа записывается номер входного параметра, в скобках «...» указывается соответствующее номеру название и метод исследования.

На рисунке 1 построена иерархическая система блоков показателей ЭСПИ на основе декомпозиции булевой функции по методу многоблочной разделительной декомпозиции.

На уровне 3 в соответствии со множеством  $\Pi$  представлены входные параметры ЭСПИ. Сформированы блоки показателей уровня 2 – булевы переменные  $p_l (l = \overline{1, 11})$ , и уровня 1 – булевы переменные  $r_k (k = \overline{1, 3})$ , которые показаны в таблице.

На уровне 0 находится блок  $B$ , определяющий значение выходного мониторингового показателя  $b$  [2].

Для каждого блока показателей с участием эксперта построены таблицы истинности, на основе которых автоматически сгенерированы формулы булевой алгебры (таблица) с использованием разработанного алгоритма в виде совершенной дизъюнктивной нормальной формы.



**Рис. 1. Блочнo-иерархическая структура БЗ ЭСПИ состояния головного мозга**

## Булевы функции блоков показателей БЗ ЭСПИ

№	Название блока	Булева функция
<b>Уровень 0 иерархии блоков показателей БЗ ИСМ</b>		
1	Возможность или невозможность возникновения инсульта	$b = (a_1 + a_2 + r_1 + r_2 + r_3) (\overline{a_1 + a_2 + r_1 + r_2 + r_3}) \times$ $\times (a_1 + a_2 + r_1 + \overline{r_2 + r_3}) (\overline{a_1 + a_2 + r_1 + \overline{r_2 + r_3}})$
<b>Уровень 1 иерархии блоков показателей БЗ ИСМ</b>		
2	Кардиологический блок	$r_1 = (a_3 + p_1 + p_2) (\overline{a_3 + p_1 + p_2}) \times$ $\times (a_3 + \overline{p_1 + p_2})$
3	Блок электрофизиологических исследований головного мозга	$r_2 = (p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7});$ $\times (p_3 + \overline{p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + p_4 + \overline{p_5 + p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + \overline{p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + p_4 + p_5 + \overline{p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + \overline{p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + p_4 + p_5 + \overline{p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + \overline{p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + p_4 + p_5 + \overline{p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + \overline{p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7}) \times$ $\times (p_3 + p_4 + p_5 + \overline{p_6 + p_7}) (\overline{p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7})$
4	Блок морфологического строения головного мозга	$r_3 = (p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11}) \times$ $\times (\overline{p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11}}) (p_8 + \overline{p_9 + p_{10} + p_{11}})$
<b>Уровень 2 иерархии блоков показателей БЗ ИСМ</b>		
5	Артериальное давление	$p_1 = (a_4 + a_5) (\overline{a_4 + a_5}) (a_4 + \overline{a_5})$
6	ЭКГ	$p_2 = (a_6 + a_7) (\overline{a_6 + a_7})$
7	РЭГ	$p_3 = (a_8 + a_9 + a_{10}) (\overline{a_8 + a_9 + a_{10}}) (a_8 + \overline{a_9 + a_{10}}) \times$ $\times (a_8 + a_9 + \overline{a_{10}}) (\overline{a_8 + a_9 + \overline{a_{10}}}) (a_8 + \overline{a_9 + a_{10}})$

№	Название блока	Булева функция
8	$\alpha$ -составляющая ЭЭГ	$p_4 = (a_{11} + a_{12} + a_{13}) (\overline{a_{11} + a_{12} + a_{13}}) (a_{11} + \overline{a_{12} + a_{13}}) \times$ $\times (\overline{a_{11} + a_{12} + a_{13}}) (a_{11} + a_{12} + \overline{a_{13}}) (\overline{a_{11} + a_{12} + a_{13}}) \times$ $\times (a_{11} + \overline{a_{12} + a_{13}}) (\overline{a_{11} + a_{12} + a_{13}})$
9	$\beta$ -составляющая ЭЭГ	$p_5 = (a_{14} + a_{15} + a_{16}) (\overline{a_{14} + a_{15} + a_{16}}) (a_{14} + \overline{a_{15} + a_{16}}) \times$ $\times (\overline{a_{14} + a_{15} + a_{16}}) (a_{14} + a_{15} + \overline{a_{16}}) (\overline{a_{14} + a_{15} + a_{16}}) \times$ $\times (a_{14} + \overline{a_{15} + a_{16}}) (\overline{a_{14} + a_{15} + a_{16}})$
10	$\theta$ -составляющая ЭЭГ	$p_6 = (a_{17} + a_{18} + a_{19}) (\overline{a_{17} + a_{18} + a_{19}}) \times$ $\times (a_{17} + \overline{a_{18} + a_{19}}) (\overline{a_{17} + a_{18} + a_{19}})$
11	$\delta$ -составляющая ЭЭГ	$p_7 = (a_{20} + a_{21} + a_{22}) (\overline{a_{20} + a_{21} + a_{22}}) \times$ $\times (a_{20} + \overline{a_{21} + a_{22}}) (\overline{a_{20} + a_{21} + a_{22}})$
12	Состояние ле- вой МЧ ВСА	$p_8 = (a_{23} + a_{24} + a_{25}) (\overline{a_{23} + a_{24} + a_{25}}) \times$ $\times (a_{23} + a_{24} + \overline{a_{25}}) (\overline{a_{23} + a_{24} + a_{25}})$
13	Состояние пра- вой МЧ ВСА	$p_9 = (a_{26} + a_{27} + a_{28}) (\overline{a_{26} + a_{27} + a_{28}}) \times$ $\times (a_{26} + a_{27} + \overline{a_{28}}) (\overline{a_{26} + a_{27} + a_{28}})$
14	Состояние БА	$p_{10} = a_{29} + a_{30}$
15	Исследование МРТ	$p_{11} = (a_{31} + a_{32}) (\overline{a_{31} + a_{32}})$

БЗ ЭСПИ формируется врачом-экспертом в соответствии с разработанной процедурной моделью. На основе модели определяется возможность ( $b = 1$ ) или невозможность ( $b = 0$ ) возникновения инсульта у объекта мониторинга (пациента). Для этого используются расчетные формулы, приведенные в таблице, нормы входных параметров в виде множества  $\Pi$  и входные параметры пациента  $\{\langle \alpha_n, \beta_n, \gamma_n^{\text{BX}}, \delta_n^{\text{BX}}, \varepsilon_n^{\text{BX}} \rangle\}$ ,  $n = \overline{1, 32}$ .

Пациент может иметь не полный набор входных параметров, т.е.  $N \neq \emptyset$  и  $a_n = -$ , при  $a_n \in N$ . Тогда в зависимости от набора значений других входных параметров  $a_n \notin N$ , ЭСПИ предложит доопределить

входные параметры  $\alpha_n \in N$  или даст заключение по выходному мониторинговому показателю  $b$ .

Предложенная ЭСПИ обладает свойствами масштабируемости и расширяемости. ЭСПИ может дополняться новыми подсистемами, которые обеспечивают мониторинг возможности возникновения других опасных для жизни заболеваний. При этом применяется положение блочно-иерархический подход: многократное использование блоков нижнего уровня в других подсистемах ЭСПИ входит в состав разработанной системы корпоративного телемедицинского консультирования. Напряженный ритм работы и территориальная разобщенность затрудняет использование медицинской помощи. Разработана новая система медицинского обслуживания с использованием телемедицинской системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система мониторинга группы однородных объектов с целью оценки их критических состояний / С.В. Фролов и др. // Международная научно-техническая конференция «Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании»: сборник статей. – Пенза, 2011. – С. 68 – 70.

2. База знаний информационной системы мониторинга состояния головного мозга / С.В. Фролов и др. // V Всероссийская научно-техническая конференция «Информационные и управленческие технологии в медицине и экологии»: сборник статей. – Пенза. – 2011. – С. 120 – 123.