МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Том 7
№ 1 (22)

Курск 2017

2017. Том 7, № 1 (22)
Научный рецензируемый журнал

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение

Основан в 2011 г.

Выходит четыре раза в год

Учредитель: ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ №ФС77-44620 от 15.04.11).

Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» включен в перечень ведущих научных журналов ВАК Минобрнауки России 01.12.2015 по группам научных специальностей:

03.01.00 – физико-химическая биология,
05.11.00 – приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы,
05.12.00 – радиотехника и связь,
05.13.00 – информатика, вычислительная техника и управление,
05.14.00 – энергетика

Редакционная коллегия

С.Г. Емельянов (главный редактор), д-р техн. наук, профессор, ректор ЮЗГУ;
В.С. Титов (заместитель главного редактора), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ;
О.И. Атакищев, д-р техн. наук, профессор;
Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор;
И.А. Авилова, д-р биол. наук, профессор;

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА 6

Радыгин В. М., Иванцов О. В., Бочков П. В.,

Границы минимального кодового расстояния сегментов, превышающих половину длины М-последовательности 6

Куликов А. Ю., Емельянова Е. Ю.

Система учета нумерованных документов 15

Сазонов С. Ю., Ханис Н. А.

Структурно-функциональная организация информационной системы мониторинга возникновения и развития пожароопасной ситуации в дата-центре..... 20

Ефремов М. А., Калуцкий И. В., Таныгин М. О., Рудак И. И.

Безопасность персональных данных, социальные сети и реклама в глобальной сети Internet..... 27

Попов В. М., Нестеров К. Г., Ураев С. Е., Барков А. Н.

Информационно-аналитическое управление отдельными факторами химического и физического воздействия автотранспорта в пределах городской среды..... 34

Гарец П. Д.

Численное моделирование акустооптического измерительного преобразователя для информационно-измерительных систем контроля электромагнитных излучений антропогенного происхождения СВЧ- и КВЧ-диапазонов..... 41

Хмелевская А. В., Коптев Д. С., Шевцов А. Н., Никандрова Д. К., Щитов А. Н.

Структурно-функциональная модель подсистемы расчета параметров входного потока заявок для различных систем массового обслуживания..... 48

М.В. Бобырь, д-р техн. наук, доцент;
А.А. Бурмака, д-р техн. наук, профессор;
В.Н. Гридин, д-р техн. наук, профессор;
С.В. Дегтярев, д-р техн. наук, профессор;
В.Э. Дрейзин, д-р техн. наук, профессор;
Ж.Т. Жусубалиев, д-р техн. наук, профессор;
И.В. Зотов, д-р техн. наук, профессор;
Н.А. Кореневский, д-р техн.наук, профессор;
А.П. Локтионов, д-р техн. наук, доцент;
С.П. Серегин, д-р мед. наук, профессор;
А.С. Сизов, д-р техн. наук, профессор;
А.В. Филонович, д-р техн. наук, профессор;
С.А. Филист, д-р техн. наук, профессор;
Л.В. Шульга, д-р мед. наук, профессор

Адрес редакции:
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.
Телефоны: (4712) 22-25-26
Факс: (4712) 50-48-00.
E-mail: rio_kursk@mail.ru

Оригинал-макет подготовлен А.Е. Серебряковой

Подписано в печать 21.02.17. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 13,4.
Тираж 1000 экз. Заказ 7. Цена свободная.
Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

Подписной индекс журнала «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» 44288 в объединенном каталоге «Пресса России»

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ..... 57

Томаков М. В., Емельянов Е. Г., Комков В. С., Ханыков А. Е.

Способ и алгоритмы сегментации флюорограмм грудной клетки для повышения эффективности диагностики заболеваний легких..... 57

Крупчатников Р. А., Мишустин В. Н., Артеменко М. В., Добровольский И. И.

Методы диагностики и факторы риска прогноза тромбоэмболии в системах поддержки принятия решений..... 69

Трояножко О. А., Колесин И. Д.

Двухэтапная экспертная система диагностики заболеваний..... 82

Позин А. О., Хрипина И. И., Шкатова Е. С., Старцев Е. А.

Использование технологии мягких вычислений в задачах управления состоянием здоровья работников агропромышленного комплекса..... 89

Быков А. В., Кореневский Н. А., Бойцова Е. А., Филатова О. И.

Обоснование схем лечения сочетанных ишемических процессов с ведущей патологией нижних конечностей с использованием теории измерения латентных переменных..... 100

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ 114

© Юго-Западный государственный университет, 2017

2017. Том 7, № 1 (22)
Scientific reviewed journal

PROCEEDINGS

of the SOUTHWEST
STATE
UNIVERSITY
Management, computer facilities,
Computer science. Medical instrument making

Published four a year

CONTENS

INFORMATICS, COMPUTER SCIENCES 6

Radigin V. M., Ivantsov O. V., Bochcov P. V.,
The minimum code distance limits of segments exceeding half the length of m-sequence 6

Kulikov A. U., Emelyanova E. Y.
Accounting system numbered documents 15

Sazonov S. Y., Khanis N. A.
Structural and functional organization of information system for monitoring and development fire management in the data center 20

Efremov M. A., Kalutskiy I. V., Tanygin M. O., Rudak I. I.
The security of personal data, social networks and advertising in the global network internet 27

Popov V. M., Nesterov K. G., Uraev S. E., Barkov A. N.
Information and Analytical Department of individual factors chemical and physical effects vehicles within the urban environment 34

Garets P. D.
Numerical simulation of acousto-optic transmitter for information and measurement of electromagnetic radiation monitoring systems anthropogenic SHF and EHF bands 41

Khmelevskaya A. V., Koptev D. S., Shevtsov A. N., Nikandrova D. K., Shchitov A. N.,
Structurally - functional model of the subsystem of calculating the parameters of the inlet stream of applications for various mass service systems 48

MEDICAL INSTRUMENT MAKING 57

Tomakov M. V., Emelyanov E. G., Hanykov A. E., Komkov V. S.
Method and algorithms for segmentation images of the chest for increase of efficiency of diagnostics of lung diseases 57

Krupchatnikov R. A., Mishustin V. N., Artemenko M. V., Dobrovolsky I. I.,
Methods of diagnostics and risk factors of the forecast of a thrombembolia in decision making support systems..... 69

Troyanozhko O. A., Kolesin I. D.,
Two-stage medical expert system 82

Pozin A. O., Khripina I. I., Shkatova E. S., Startsev E. A.,
Using technology of soft computing in the tasks of health workers of agriculture 89

Bikov A. V., Korenevsky N. A. Boitcova E. A., Filatova O. I.
Justification of treatment of combined ischemic processes leading to the pathology of the lower extremities with the use of the theory of measurement of latent variables 100

INFORMATION FOR AUTHORS..... 114

© Southwest State University, 2017

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 621.317.75: 519.6

В. М. Радыгин, д-р техн. наук, профессор, Академия ФСО России (Орел)
(e-mail: boch_p@mail.ru)

О. В. Иванцов, канд. техн. наук, доцент, Академия ФСО России (Орел)
(e-mail: iowwaa@mail.ru)

П. В. Бочков, канд. техн. наук, доцент, Академия ФСО России (Орел) (e-mail: boch_p@mail.ru)

ГРАНИЦЫ МИНИМАЛЬНОГО КОДОВОГО РАССТОЯНИЯ СЕГМЕНТОВ, ПРЕВЫШАЮЩИХ ПОЛОВИНУ ДЛИНЫ М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Решение научной проблемы по использованию линейных рекуррентных последовательностей (ЛРП) k-го порядка в помехоустойчивом кодировании информации требует разработки быстрых способов вычисления максимальной исправляющей способности. Корректирующие коды на основе сегментов ЛРП относятся к классу циклических. Исправляющая способность таких кодов оценивается по значению минимального кодового расстояния. Аналитическое выражение, определяющее минимальное кодовое расстояние сегмента, является сложной вычислительной задачей, решение которой зависит от длины сегмента, порядка ЛРП и вида характеристического многочлена. Для снижения вычислительной сложности решаемой задачи предлагается не учитывать вид характеристического многочлена и определить аналитические выражения границ минимального кодового расстояния сегмента произвольной длины ЛРП k-го порядка. Обоснованно считая, что количество характеристических многочленов конечно и независимо от их произвольного выбора, значения минимального кодового расстояния не будут выходить за пределы этих границ. В работе предложен нестандартный подход к быстрому и сравнительно точному определению границ минимального кодового расстояния для некоторых длин сегментов двоичного кода, превышающих половину длины М-последовательности. Решение задачи реализовано на основе применения гипотетической Мг-последовательности и свойства «зеркальности» распределения веса сегментов ЛРП различной длины на сферах шара Хемминга.

Предлагаемый подход к решению такого рода задач может быть использован в дальнейшем для определения минимального кодового расстояния сегментов произвольной длины ЛРП в расширенном поле Галуа, у которых также наблюдается свойство «зеркальности» распределения веса сегментов ЛРП на сферах шара Хемминга, только количество таких зеркальных сфер увеличивается пропорционально расширению поля. Определение минимального кодового расстояния сегментов произвольной длины составных ЛРП, обладающих хорошими корреляционными свойствами, возможно для последовательностей Гоулда, но только с использованием двух шаров Хемминга одного радиуса с наложением друг на друга и сложением полученных значений на сферах этих шаров. Для определения минимального кодового расстояния сегментов произвольной длины ЛРД-последовательностей необходимо использовать несколько шаров Хемминга с разными радиусами с их наложением друг на друга и сложением полученных значений на сферах всех шаров.

***Ключевые слова**: линейная рекуррентная последовательность, гипотетическая Мг-последовательность, «зеркальность» распределения веса сегментов двоичного кода, границы минимального кодового расстояния.*

***

Введение

Широкое применение линейных рекуррентных последовательностей максимального периода или их сегментов (отрезков) в задачах циклового фазирования [1–3], циклического кодирования [4] в процессе проектирования [5, 6] выявило необходимость быстрого и простого вычисления минимального кодового расстояния сегментов произвольной длины М-последовательности *k*-го порядка. Информационная часть кодового слова в таких кодах определяет начальную фазу сегмента ЛРП [7]. От значения минимального кодового расстояния зависит обоснованность выбора размера избыточной части кодового слова как дополнительного участка в сегменте М-последовательности [8].

Задача по определению минимального кодового расстояния сегментов длиной, не превышающей половину длины М-последовательности, была решена на основе применения в вычислении двух

гипотетических М-последовательностей *k*-го порядка. Действительно, вычислительная задача значительно упрощается, если при определении границ минимального кодового расстояния сегментов все возможные образующие многочлены заменить двумя гипотетическими М-последовательностями *k*-го порядка [9].

Сегменты произвольной длины М-последовательности *k*-го порядка в этом случае можно в общем виде выразить в виде суммы серий, состоящих из нулей или единиц, начиная с серии максимальной длины и далее по убыванию, помещающихся на сегменте длиной *n* гипотетической $М_{г1}$-последовательности, определяющей нижнюю границу $d^{Н}$:

$$n = a_{00} + \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{\frac{2^{k-1}}{2^{k-j}}} a_{ji}, \qquad (1)$$

где a_{00} – длина серии максимальной длины;

j – номер вида серии;

i – номер серии одного вида;

a_{ji} – длина *j*-й серии;

$2^{k-1}/2^{k-j}$ – количество серий одной длины на М-последовательности;

k – количество видов серий разной длины М-последовательности *k*-го порядка.

У гипотетической $М_{г2}$-последовательности серии нулей и единиц расположены по всей последовательности насколько возможно равномерно, так что вес любого сегмента длиной *n* такой последовательности пропорционален $n/2$ и определяет верхнюю границу $d^{В}$.

Равенство (1) выполняется только лишь в том случае, если выбранная длина сегмента *n* равна сумме длин полных серий $М_{г1}$-гипотетической последовательности, начиная с серии максимальной длины *k*.

Исходя из выражения (1) количество полных серий *b* разного вида, помещающихся на выбранной длине сегмента n, можно определить как [9]

$$b = 2^{j-1} + i. \qquad (2)$$

После проведенного вычислительного эксперимента оказалось, что для сегментов *n* М-последовательности *k*-го порядка при $k < n \le 2^{k-1}$ нахождение границ $d^{Н}$ и $d^{В}$ сегментов *n* М-последовательности, которые вмещают в себя нечетное или четное количество серий, можно представить в виде системы выражений, описывающих две арифметические прогрессии (3) и (4).

Начиная с сегмента $n > 2^{k-1} + 4$, закон арифметической прогрессии по вычислению границ $d^{В}$ и $d^{Н}$ не выполняется. Это объясняется наличием на участке $М_{г1}$-последовательности одиночных и двойных серий из нулей и единиц, которые составляют половину ее длины.

Для обозначения границ минимального кодового расстояния сегментов, не превышающих половину длины М-последовательности, выражения (3) и (4) имеют соответствующие обозначения $d_1^{н}$ и $d_1^{в}$ [10]:

$$d_1^{н} \ge \begin{cases} a_0 + \dfrac{b-1}{2} d + ceil\left[\dfrac{b-4}{b-2}\right], a_0 = 1, d = 3, b = 3, 5, 7, ..., 2^{k-3} + 1; \\ a_0 + \dfrac{b-2}{2} d + 2ceil\left[\dfrac{b-4}{b-3}\right], a_0 = 2, d = 3, b = 4, 6, 8, ..., 2^{k-3} + 2, \end{cases} \qquad (3)$$

$$d_1^{в} \le \begin{cases} a_0 + \dfrac{b+1}{2} d + ceil\left[\dfrac{b-4}{b-2}\right], a_0 = 1, d = 3, b = 3,5,7,...,2^{k-3} + 1; \\ a_0 + \dfrac{b}{2} d + ceil\left[\dfrac{b-6}{b-2}\right], a_0 = 3, d = 3, b = 4,6,8,...,2^{k-3} + 2, \end{cases} \qquad (4)$$

где *ceil*[·] – функция, возвращающая ближайшее число, большее или равное значению аргумента.

Решение

Решение задачи по определению минимального кодового расстояния сегментов, длина которых превышает половину длины М-последовательности, должно строиться на основе ранее полученных выражений (3) и (4). Действительно, зная минимальные кодовые расстояния всей М-последовательности *k*-го порядка и сегмента, длина которого не превышает ее половины, можно определить минимальное кодовое расстояние оставшегося участка, превышающего половину ЛРП МП.

Для доказательства данного утверждения проведем исследования по распределению веса кодовых слов для сегментов М-последовательности различной длины с использованием свойств шара Хемминга [3].

Пример

Определим распределение веса кодовых слов при длине сегмента $n_1 = k = 4$ и $n_2 = 2^k - k - 1 = 11$ на М-последовательности четвертого порядка с $P(x) = x^4 + x + 1$.

Множество кодовых слов составит $2^k - 1 = 15$.

При длине сегмента $n_1 = 4$ формируются:

4 кодовых слова с весом $t = 1$;

6 кодовых слов с $t = 2$;

4 кодовых слова с $t = 3$;

1 кодовое слово с $t = 4$.

При длине сегмента $n_2 = 11$ образуется множество кодовых слов, из которых одно с $t = 4$; 4 с $t = 5$; 6 с $t = 6$ и 4 с $t = 7$.

Если полученные распределения кодовых слов с разным весом при длине сегментов $n_1 = 4$ и $n_2 = 11$ отобразить на сферах шара Хемминга, то их количество на соответствующих весу сферах будет зеркально по отношению к сфере с весом $t_3 = 4$ (рис.1).

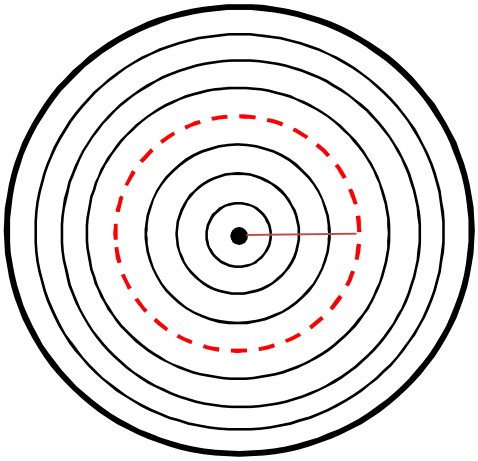


Рис.1. Распределение кодовых слов в шаре Хемминга по весу на множестве сегментов $n_1 = 4$ и $n_2 = 11$ М-последовательности четвертого порядка $(k = 4)$ с $P(x) = x^4 + x + 1$

Полное распределение сегментов различной длины М-последовательности четвертого порядка с образующим полиномом $P(x) = x^4 + x + 1$ приведено в таблице 1.

Зеркальной сферой в шаре Хемминга для сегментов, превышающих и не превышающих половину длины М-последовательности, будет сфера с весом $t_3 = 4$.

Распределение сегментов М-последовательности пятого порядка с образующим полиномом $P(x) = x^5 + x + 1$ приведено в таблице 2.

В этом случае зеркальной сферой в шаре Хемминга для сегментов, превышающих и не превышающих половину длины ЛРП, будет сфера с весом $t_3 = 8$.

Из приведенных примеров следует, что сегментам произвольной длины, размер которых не превышает половины длины М-последовательности, будут соответствовать сегменты, длина которых превышает половину длины М-последовательности с зеркальным отоб-

ражением распределения веса по количеству кодовых слов.

Зеркальной сферой для сегментов n с длинами, не превышающими и превышающими половину длины М-последовательности k-го порядка $GF(2^k)$, будет сфера с весом $t_3 = 2^{k-2}$.

Таблица 1

Сегмент n ЛРП МП	Распределение веса кодовых слов в зависимости от длины сегмента n на М-последовательности четвертого порядка с $P(x) = x^4 + x + 1$							
Длина n \ Вес t	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	6	4	1				
5	2	4	6	3				
6	1	2	6	5	1			
7		2	4	5	4			
8			4	5	4	2		
9			1	5	6	2	1	
10				3	6	4	2	
11				1	4	6	4	
12					2	6	6	1
13						4	8	3
14							8	7
15								15

Таким образом, исследования показали, что уменьшение длины М-последовательности приводит к изменению количества кодовых слов, имеющих одинаковый вес, и соответствующему их зеркальному распределению на сферах шара Хемминга, радиус которых обозначает вес, определяемый количеством единичных элементов на выбранном сегменте [2]. Свойство зеркального распределения количества сегментов как кодовых слов М-последовательности $GF(2^k)$ с различным весом на сферах шара Хемминга наблюдается попарно у двух рядов: первого с сегментами длиной k, k+1, k+2,…, $2^{k-1}-1$ и второго с сегментами длиной $2^k - k - 1$, $2^k - k - 2$, $2^k - k - 3$,…, 2^{k-1} соответственно.

Исходя из зеркального распределения количества кодовых слов $2^k - 1$ с различным весом, длина которых не превышает половину, с кодовыми словами длиной, большей в сравнении с длиной всей М-последовательности, можно утверждать, что и минимальное кодовое расстояние сегментов, превышающих половину длины М-последовательности, будет зеркально отображаться и удовлетворять следующему уравнению:

$$d_{n2} = d_{\text{м}} - d_{n1} - k, \qquad (5)$$

где $d_{\text{м}} = 2^{k-1}$ – минимальное кодовое расстояние М-последовательности $n = 2^k - 1$;

d_{n1} – минимальное кодовое расстояние сегментов $n_1 = k$, $k+1$, $k+2$,…, $2^{k-1}-2$, $2^{k-1}-1$;

d_{n2} – минимальное кодовое расстояние сегментов $n_2 = 2^k - 1 - k$, $2^k - k - 2$, $2^k - k - 3, \ldots, 2^{k-1} + 1$, 2^{k-1}.

Таблица 2

Сегмент n	Распределение веса кодовых слов в зависимости от длины сегмента n на М-последовательности с $P(x)=x^5+x^2+1$															
Вес, t / Длина, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	5	10	10	5	1											
6	3	6	10	9	3											
7	1	6	6	9	9											
8		5	4	7	12	3										
9		2	5	5	10	8	1									
10			5	5	6	10	5									
11			2	6	4	8	10	1								
12				6	4	4	12	5								
13				2	6	4	8	9	2							
14					5	5	6	9	5	1						
15					1	7	6	5	9	3						
16						3	9	5	6	7	1					
17						1	5	9	6	5	5					
18							2	9	8	4	6	2				
19								5	12	4	4	6				
20								1	10	8	4	6	2			
21									5	10	6	5	5			
22									1	8	10	5	5	2		
23										3	12	7	4	5		
24											9	9	6	6	1	
25											3	9	10	6	3	
26											1	5	10	10	5	
27												2	8	12	8	1
28													4	12	12	3
29														8	16	7
30															16	15
31																31

Из выражения (5) следует справедливость следующих выражений, определяющих нижнюю и верхнюю границы минимального кодового расстояния соответственно:

$$d_2^{\text{н}} = d_{\text{м}} - d_1^{\text{н}} - k, \qquad (6)$$

где $d_2^{\text{н}}$ – значение нижней границы минимального кодового расстояния сегмен-

та n, превышающего половину длины М-последовательности;

$d_1^{н}$ – значение нижней границы минимального кодового расстояния сегмента n, не превышающего половину длины М-последовательности;

$$d_2^{в} = d_{м} - d_1^{в} - k. \qquad (7)$$

где $d_2^{в}$ – значение верхней границы минимального кодового расстояния сегмента n, превышающего половину длины М-последовательности;

$d_1^{в}$ – значение верхней границы минимального кодового расстояния сегмента n, не превышающего половину длины М-последовательности.

Поэтому для сегментов n М-последовательности k-го порядка при $2^{k-1} < n < 2^{k-1} - k$ нахождение границ $d^{н}$ и $d^{в}$ сегментов n М-последовательности можно представить в виде системы выражений, которые имеют соответствующие индексы $d_2^{н}$ и $d_2^{в}$:

$$d_2^{н} \geq \begin{cases} 2^{k-1} - k - \left(a_0 + \dfrac{b+3}{2} d + ceil\left[\dfrac{b-5}{b-2}\right]\right), a_0 = 1, d = 3, b = 3,5,7,\ldots,2^{k-3}+1; \\ 2^{k-1} - k - \left(a_0 + \dfrac{b+2}{2} d + ceil\left[\dfrac{b-6}{b-2}\right]\right), a_0 = 3, d = 3, b = 4,6,8,\ldots,2^{k-3}+2; \end{cases} \qquad (8)$$

$$d_2^{в} \leq \begin{cases} 2^{k-1} - k - \left(a_0 + \dfrac{b+1}{2} d + 2ceil\left[\dfrac{b-3}{b-2}\right]\right), a_0 = 1, d = 3, b = 3,5,7,\ldots,2^{k-3}+1; \\ 2^{k-1} - k - \left(a_0 + \dfrac{b+2}{2} d + 3ceil\left[\dfrac{b-6}{b-1}\right]\right), a_0 = 2, d = 3, b = 4,6,8,\ldots,2^{k-3}+2. \end{cases} \qquad (9)$$

Особенность нахождения сегментов $d_2^{н}$ и $d_2^{в}$ длиной $2^{k-1} - 1 - k \leq n \leq 2^{k-1} - 1$ определяется прямой зависимостью отсутствия количества мест в этих сегментах для единичных элементов, если их количество не превышает k единиц, которые встречаются только в одной серии на M-последовательности k-го порядка.

В этом случае $d_2^{н} = d_2^{в}$ и определяются следующим выражением:

$$d_2^{н} = d_2^{в} = 2^{k-1} - b_1, b_1 = 0,1,2,\ldots,k. \qquad (10)$$

На рисунке 2 приведен пример вычисления сегментов $d^{в}$ и $d^{н}$ произвольной длины М-последовательности седьмого порядка.

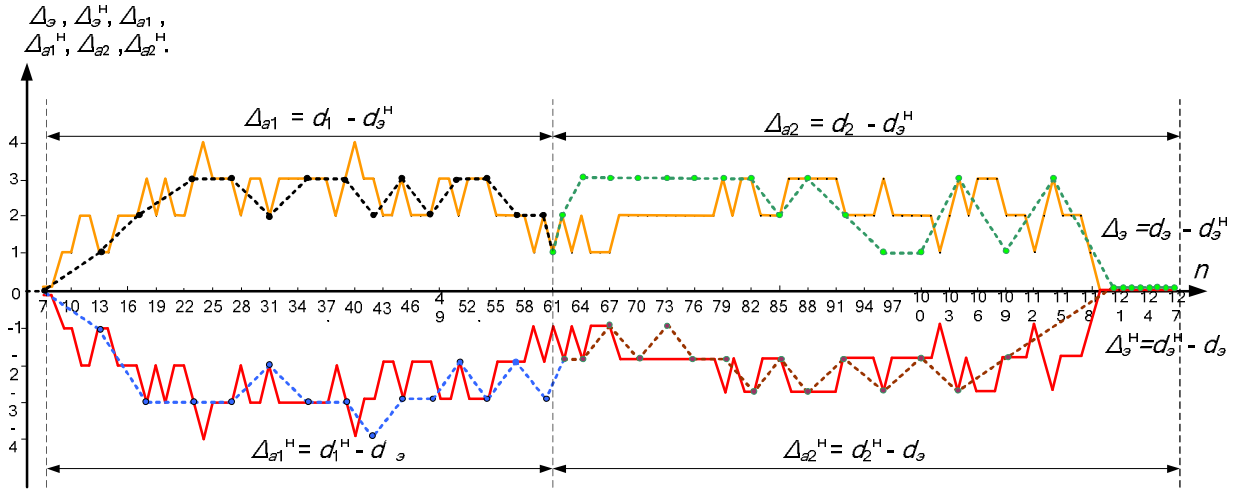


Рис. 2. Границы минимального кодового расстояния сегментов М-последовательности седьмого порядка

Точками перегиба на сплошных линиях обозначены нижняя и верхняя границы $\Delta_{э}^{н} = d_{э}^{н} - d_{э}^{в}$ и $\Delta_{э}^{в} = d_{э}^{в} - d_{э}^{н}$ соответственно, полученные экспериментально.

Точками на перегибах на пунктирных линиях обозначены значения $\Delta_{a1}^{в} = d_{a1}^{в} - d_{э}^{н}$, $\Delta_{a2}^{в} = d_{a2}^{в} - d_{э}^{н}$, $\Delta_{a1}^{н} = d_{a1}^{н} - d_{э}^{в}$, $\Delta_{a2}^{н} = d_{a2}^{н} - d_{э}^{в}$, полученные с использованием значений минимального кодового расстояния, определенных аналитическим путем по приведенным выше выражениям (3), (4), (8), (9), (10) соответственно.

Таким образом, решена задача аналитического получения граничных значений минимального кодового расстояния для сегментов произвольной длины М-последовательности *k*-го порядка, кратных целой сумме серий нулей и единиц, начиная с самой большой и далее по убыванию.

Заключение

Полученные аналитические выражения для некоторых блоковых длин сегментов М-последовательности, составляющих целую сумму серий из нулей и единиц, определяют нижние и верхние границы минимального кодового расстояния с минимальной погрешностью (см. рис. 2). Эти значения могут использоваться как ориентировочные для остальных длин сегментов М-последовательности. Применение аналитических выражений упрощает процесс их вычисления по сравнению с машинным способом полного перебора.

Блоковые длины сегментов *n*, превышающие половину длины ЛРП, в телекоммуникационных системах не нашли широкого применения, по сравнению с кодами, равными длине М-последовательности или не превышающими половины ее длины [11], что не снижает значения полученных аналитических выражений.

Список литературы

1. Иванцов О. В. Помехоустойчивые способы циклового фазирования в непрерывном дискретном канале // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета: научно-технический журнал. – 2013. – № 1, вып. 43. – С. 25–31.

2. Пат. 2553089 Рос. Федерация (RU 2553089 C2), (51) МПК *H04L 7/02* (2006.01). Устройство синхронизации с рекуррентной последовательностью с функцией выделения зачетных импульсов в скользящем окне / Иванцов О. В., Горохов Д. Е., Романюк О. В., Богринцев Н. В., Стрелков Я. Ю.; заявл. 22.04.2013; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 16.

3. Пат. 2580806 Рос. Федерация (RU 2580806 C2), (51) МПК *H04W 8/20* (2009.01). Устройство синхронизации на основе комбинированного применения двойственного базиса GF(2^k) и выделения скользящего окна с ошибками / Иванцов О. В., Горохов Д. Е., Богринцев Н. В., Селихов И. А., Тарасов Ю. Е.; заявл. 19.05.2014; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 10.

4. Цирлер Н. Линейные возвратные последовательности // Кибернетический сборник. – Вып. 6. – М., 1963.

5. Устюк В. С. Определение кодового расстояния недвоичного *LDPC*-кода блочным методом Коркина-Золоторева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 3 (16). – С. 76–85.

6. Егоров С. И., Конев А. А., Косилова И. Ю. Алгоритм и устройство последовательного декодирования *LDPC*-кодов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника,

информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. – №2. – С. 25–30.

7. Иванцов О. В., Радыгин В. М., Бочков П. В. Способы помехоустойчивого мягкого декодирования информации на базе обработки "прямых" и инверсных линейных рекуррентных последовательностей // Ученые записки Орловский государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. – 2013. – Вып. 6(56). – С. 62–69.

8. Пат. 2568320 Рос. Федерация (RU 2568320 C1), (51) МПК H03M 13/01 (2006.01), H04L 7/00 (2006.01). Способ кодирования информации отрезками линейных рекуррентных последовательностей / Иванцов О. В., Горохов Д. Е., Радыгин В. М., Татаринов Д. В., Анисимов А. В.; заявл. 19.05.2014; опубл. 20.11.2015, Бюл. № 32.

9. Саитов И. А., Иванцов О. В. Границы минимального кодового расстояния для некоторой блоковой длины сегмента двоичного кода линейной рекуррентной последовательности // Труды Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук: научный журнал. – 2014. – Вып. 4(35). – С. 15–32.

10. Иванцов О. В., Радыгин В. М., Бочков П. В. Верхняя граница минимального кодового расстояния блоковой длины сегмента двоичного кода линейной рекуррентной последовательности // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. – 2015. – Вып. 4(67). – С. 76–78.

11. Гладких А. А. Основы теории мягкого декодирования избыточных кодов в стирающем канале связи. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2010. – 379 с.

Получено 26.12.16

V. M. Radigin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, The Federal Guard Service Academy (Orel) (e-mail: boch_p@mail.ru)

O. V. Ivantsov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, The Federal Guard Service Academy (Orel) (e-mail/: iowwaa@mail.ru

P. V. Bochcov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, The Federal Guard Service Academy (Orel) (e-mail: boch_p@mail.ru)

THE MINIMUM CODE DISTANCE LIMITS OF SEGMENTS EXCEEDING HALF THE LENGTH OF M-SEQUENCE

Solving the scientific problem of using k-th order linear recurrent sequences (LRS) in noise-resistant coding of information requires developing rapid modes of calculating the maximum correcting ability. Correcting codes based on the LRS segment are classified as cyclical. The correcting ability of such codes is assessed by the value of the minimum code distance. The analytical expression, defining the minimum code distance of a segment, is a complex computational problem, as its solution depends on the segment length, the LRS order and the characteristic polynomial type. To reduce the computational complexity of the problem in question the characteristic polynomial type is proposed not to be taken into account and it is necessary to determine the analytical expressions of the minimum code distance boundaries of an arbitrary length segment of k-th order LRS. The number of characteristic polynomials is finite and doesn't depend on their arbitrary choice of the minimum code distance value, so they won't exceed the limits of these boundaries. The paper presents a non-standard approach to a rapid and relatively precise determining the minimum code distance boundaries for certain lengths of binary segments greater than half the length of M-sequence. The solution is implemented on the basis of applying a hypothetical M-sequence and properties of the "mirror" of weight distribution of the LRS segments of different lengths on the ball fields of Hamming.

The proposed approach to the solution of such problems can be used in the future to determine the minimum code distance of arbitrary length segments of LRS in the extended Galois field, which also have the "reflectivity" property of distributing weight of LRS segments on Hamming ball spheres; only the number of such reflecting spheres increases proportionally to the field expansion. Determining the minimum code distance of arbitrary length segments of composite LRSs, possessing good correlation properties, is possible for Gould sequences, but using only two Hamming balls of the same radius with overlapping and adding the obtained values on the spheres of these balls. To determine the minimum code distance of arbitrary length segments of LRD-sequences, it is necessary to apply several Hamming balls with different radii overlapping them and adding the obtained values on the spheres of all balls.

***Key words**: linear recurrent sequence, hypothetical M-sequence, binary code segments weight distribution "reflectivity", minimum code distance limits.*

References

1. Ivancov O. V. Pomekhoustojchivye sposoby ciklovogo fazirovaniya v nepreryvnom diskretnom kanale // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta: nauchno-tekhnicheskij zhurnal. – 2013. – № 1, vyp. 43. – S. 25–31.

2. Pat. 2553089 Ros. Federaciya (RU 2553089 C2), (51) MPK N04L 7/02 (2006.01). Ustrojstvo sinhronizacii rekurrentnoj posledovatel'nost'yu s funkciej vydeleniya zachetnyh impul'-sov v skol'zyashchem okne / Ivancov O. V., Gorohov D. E., Romanyuk O. V., Bogrincev N. V., Strelkov Ya. Yu.; zayavl. 22.04.2013; opubl. 10.06.2015, Byul. № 16.

3. Pat. 2580806 Ros. Federaciya (RU 2580806 C2), (51) MPK N04W 8/20 (2009.01). Ustrojstvo sinhronizacii na osnove kombinirovannogo primeneniya dvojstvennogo bazisa GF(2k) i vydeleniya skol'zyashchego okna s oshibkami / Ivancov O. V., Gorohov D. E., Bogrincev N. V., Selihov I. A., Tarasov YU. E.; zayavl. 19.05.2014; opubl. 10.04.2016, Byul. № 10.

4. Cirler N. Linejnye vozvratnye posledovatel'nosti // Kiberneticheskij sbornik. – Vyp. 6. – M., 1963.

5. Ustyuk V. S. Opredelenie kodovogo rasstoyaniya nedvoichnogo LDPC-koda blochnym metodom Korkina-Zolotoreva // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 3 (16). – S. 76–85.

6. Egorov S. I., Konev A. A., Kosilova I. Yu. Algoritm i ustrojstvo posledovatel'nogo dekodirovaniya LDPC-kodov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2014. – №2. – S. 25–30.

7. Ivancov O. V., Radygin V. M., Bochkov P. V. Sposoby pomekhoustojchivogo myagkogo dekodirovaniya informacii na baze obrabotki "pryamyh" i inversnyh linejnyh rekurrentnyh posledovatel'nostej // Uchenye zapiski Orlovskij gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tekhnicheskie i medicinskie nauki. – 2013. – Vyp. 6(56). – S. 62–69.

8. Pat. 2568320 Ros. Federaciya (RU 2568320 C1), (51) MPK N03M 13/01 (2006.01), H04L 7/00 (2006.01). Sposob kodirovaniya informacii otrezkami linejnyh rekurrentnyh posledovatel'nostej / Ivancov O. V., Gorohov D. E., Ra-dygin V. M., Tatarinov D. V., Anisimov A. V.; zayavl. 19.05.2014; opubl. 20.11.2015, Byul. № 32.

9. Saitov I. A., Ivancov O. V. Granicy minimal'nogo kodovogo rasstoyaniya dlya nekotoroj blokovoj dliny segmenta dvoichnogo koda linejnoj rekurrentnoj posledovatel'nosti // Trudy Sankt-Peterburgskogo instituta informatiki i avtomatizacii Rossijskoj akademii nauk: nauchnyj zhurnal. – 2014. – Vyp. 4(35). – S. 15–32.

10. Ivancov O. V., Radygin V. M., Bochkov P. V. Verhnyaya granica minimal'nogo kodovogo rasstoyaniya blokovoj dliny segmenta dvoichnogo koda linejnoj rekurrentnoj posledovatel'nosti // Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tekhnicheskie i medicinskie nauki. – 2015. – Vyp. 4(67). – S. 76–78.

11. Gladkih A. A. Osnovy teorii myagkogo dekodirovaniya izbytochnyh kodov v stirayushchem kanale svyazi. – Ul'yanovsk : Izd-vo UlGTU, 2010. – 379 s.

УДК 004.932

А. Ю. Куликов, сотрудник, Академия ФСО России (Орел) (e-mail: yourich@mail.com, тел.: (4862)54-95-74)

Е. Ю. Емельянова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)

СИСТЕМА УЧЕТА НУМЕРОВАННЫХ ДОКУМЕНТОВ

В статье рассматриваются вопросы реализации алгоритма функционирования системы учета нумерованных документов на примере системы учета пропусков. В процессе решения задачи было проведено исследование предметной области. Главная задача исследования заключалась в оптимальном, быстром и безопасном управлении и регистрации выдаваемых и принимаемых пропусков.

В статье рассмотрены вопросы обеспечения комплекса организационно-правовых ограничений и правил, устанавливающих порядок пропуска людей через контрольно-пропускные пункты на территорию организаций.

Представлены требования к проектируемой системе в области безопасности. Разработана информационно-логическая модель базы данных. Архитектура системы проектировалась для работы с централизованной базой данных с возможностью доступа к ней из различных точек локальной сети через специализированные клиенты. Описаны шаги проектирования системы. Рассмотрены особенности системы учета нумерованных документов применительно к автомобильным пропускам.

Описаны возможности специального программного обеспечение, разработанного для решения задачи учета пропусков (запись, хранение, просмотр и управление данными о посетителях объекта; создание и изменение шаблонов пропусков и бланков; создание отчетов).

Рассмотрено пошаговое функционирование системы. В качестве пропуска используется идентификатор «электронный ключ», данные которого заносятся в базу данных системы. Система позволяет обеспечить выдачу пропусков и регистрацию. В качестве персональных данных для системы используются фамилия, имя, отчество, должность, подразделение, паспортные данные, изображение владельца, ограничения доступа, доступные пункты прохода и т.д. Описаны режимы доступа для сотрудников и посетителей организации. Приведено назначение и функционирование отдельных элементов разработанной распределенной системы: обеспечение режима доступа и обеспечение режима управления.

***Ключевые слова**: база данных, система пропусков, контрольно-пропускной режим, учет автотранспорта.*

***

Целью статьи является демонстрация решения задачи автоматизации учета нумерованных документов. Одной из самых массовых задач учета является нумерованный учет пропусков на предприятии, который заключается в своевременном и точном учете выданных и сданных пропусков в специальной базе данных.

Контрольно-пропускной режим — это комплекс организационно-правовых ограничений и правил, устанавливающих порядок пропуска через контрольно-пропускные пункты в отдельные здания (помещения) сотрудников объекта, посетителей, транспорта и материальных средств.

Контрольно-пропускной режим является одним из ключевых моментов в организации системы безопасности на предприятии. С этих позиций контрольно-пропускной режим представляет собой комплекс организационных мероприятий (административно-ограничительных), инженерно-технических решений и действий службы безопасности [1].

Решение поставленной задачи началось с проектирования информационно-логической модели базы данных, изображенной на рисунке 1.

Необходимо было сформировать список типов выдаваемых пропусков, а также возможные временные рамки действия тех или иных пропусков. Опционально пропуска должны поддерживать различные атрибуты доступа владельца к тем или иным объектам на предприятии [2–5]. Система учета пропусков должна иметь привязку выданных пропусков к мероприятиям, которые запланированы в календаре системы.

С точки зрения архитектуры система проектировалась для работы с централи-

зованной базой данных с возможностью доступа к ней из различных точек локальной сети через специализированные клиенты [6–10]. Для безопасности функционирования поддерживается разделение прав пользователей и администраторов системы. Немаловажным оказалась и возможность учета бракованных пропусков.

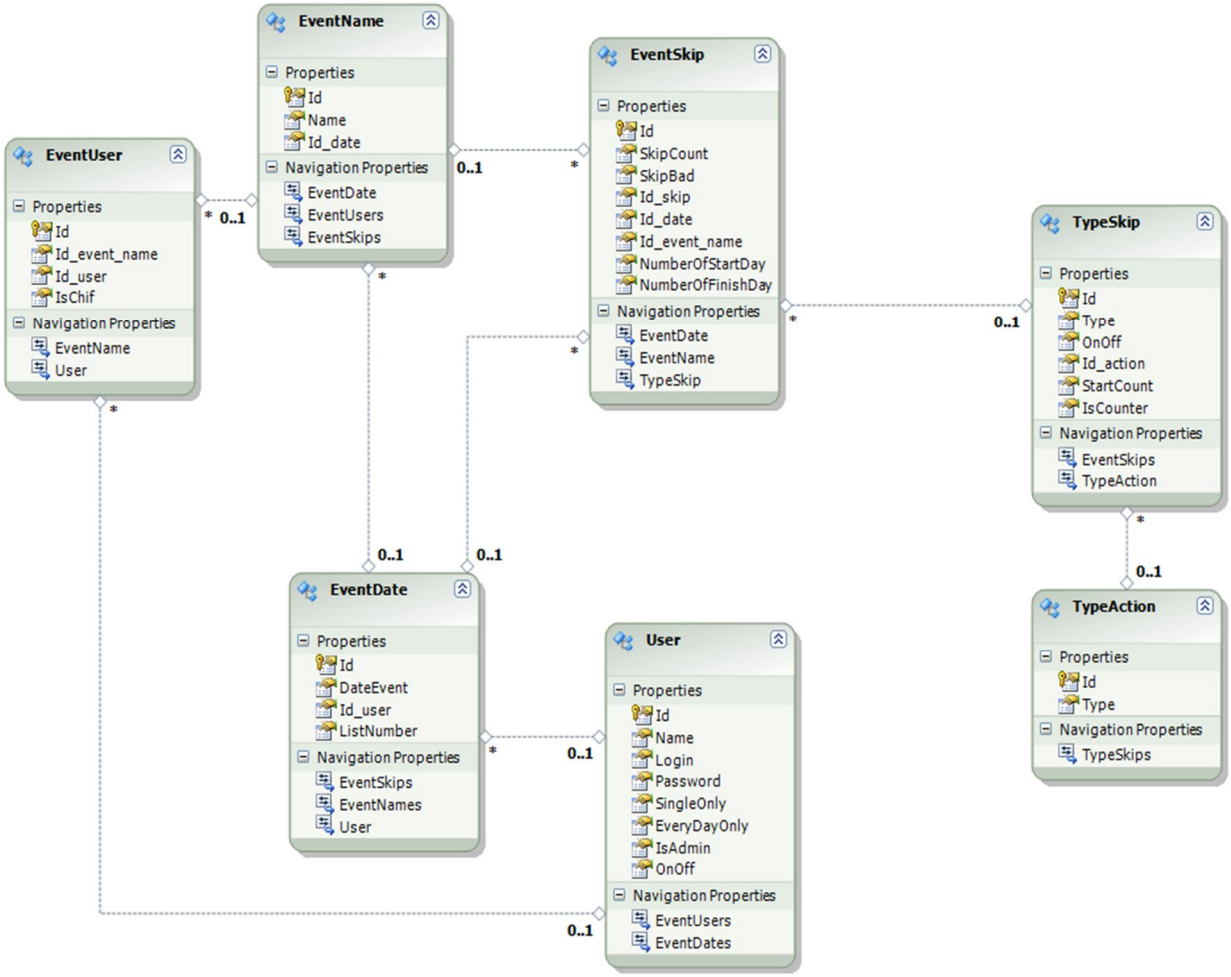


Рис. 1. Информационно-логическая модель БД

Отдельное внимание при разработке системы учета нумерованных документов было уделено выдаче автомобильных пропусков. Весь автотранспорт, которому необходим доступ на территорию объекта, а также водители регистрируются в базе данных системы пропусков объекта. Для автотранспорта регистрируются государственный номер, марка автомобиля, описание, для водителя регистрируются паспортные данные и другая необходимая информация. Если за автотранспортным средством закреплено несколько водителей, все они также регистрируются. Таким образом создаётся перечень, содержащий сведения об автотранспорте и водителях.

В процессе решения задачи учета пропусков было разработано специальное программное обеспечение «Конвертор», состоящее из основного модуля – исполняемого файла формата, библиотеки пользовательского интерфейса и конфигурационных файлов. СПО было разработано в среде Microsoft Visual Studio 2010, язык программирования C#. Главное окно приложения изображено на рисунке 2.

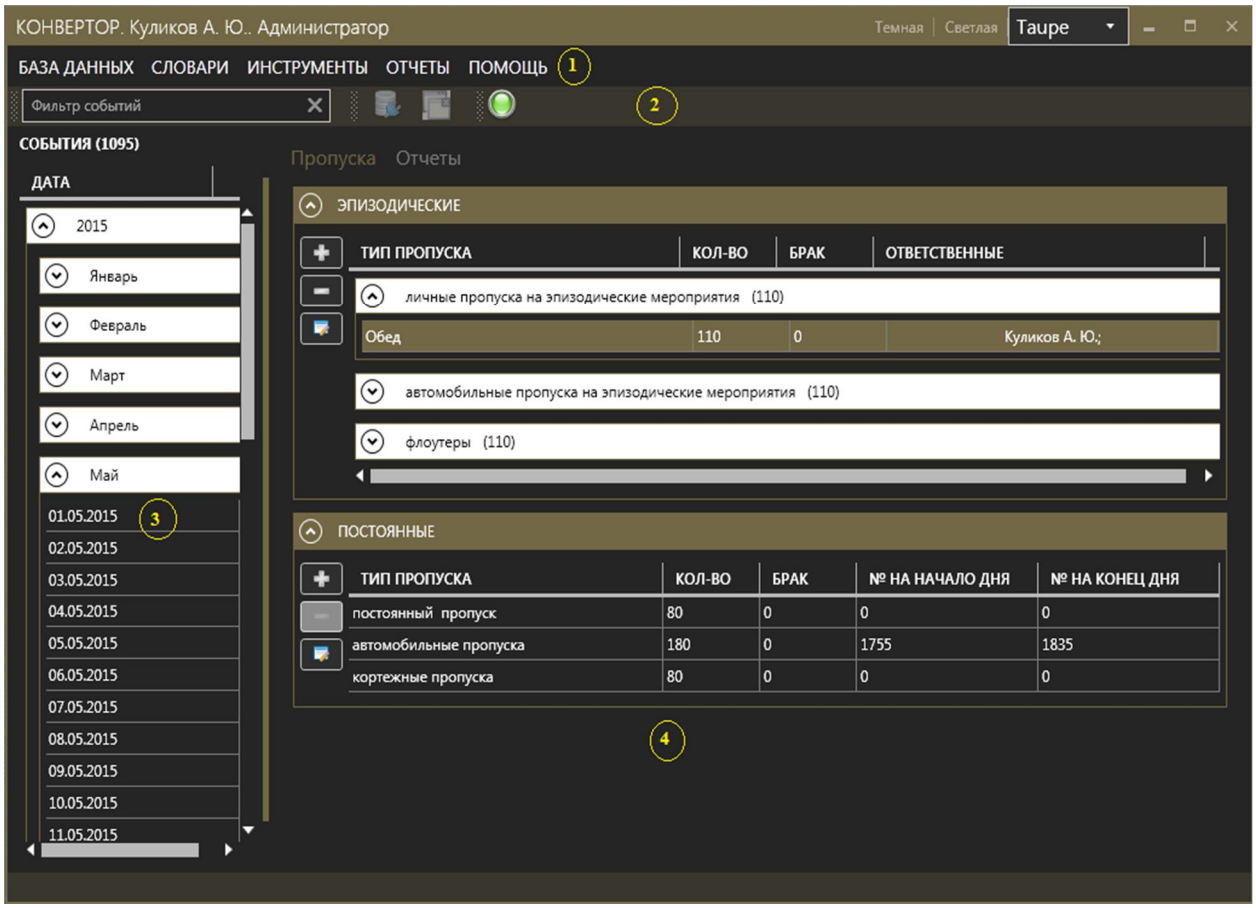


Рис. 2. Главное окно приложения

Система позволяет:

– осуществлять запись, защищенное хранение, просмотр и управление данными о сотрудниках и посетителях объекта;

– осуществлять подготовку, печать и учет любых видов пропусков (в т. ч. групповых, материальных и т.п.);

– создавать и редактировать шаблоны пропусков, бланков, карт и т. д. с помощью встроенного редактора пропусков;

– создавать любые виды отчетов с помощью встроенного построителя запросов, осуществлять экспорт данных в стандартные офисные приложения.

Функционирование системы пропусков начинается с выдачи соответствующих пропусков. Каждый сотрудник или посетитель предприятия получает идентификатор «электронный ключ» – пластиковую карточку или брелок с содержащимся в ней индивидуальным кодом. Перед выдачей «электронного ключа» его код и данные о его будущем владельце заносятся в базу данных системы.

Регистрация осуществляется уполномоченным сотрудником Бюро пропусков и напоминает заполнение полей в стандартной «учетной карточке». Для занесения кода «ключа» оператору достаточно коснуться им контрольного считывателя, установленного на рабочем месте рядом с компьютером.

Необходимые текстовые данные (Ф.И.О., должность, подразделение, паспортные данные и т. д.) вводятся в поля с помощью клавиатуры компьютера. В специальное окно «карточки» с помощью электронного фотоаппарата, видеокамеры или ручного сканера заносится изображение владельца «электронного ключа». При использовании последнего оператору достаточно просканировать фотографию в паспорте. В процессе задания ограничений доступа можно указать начальную и конечную дату периода дей-

ствия «ключа», а также доступные пункты прохода (турникеты) и интервалы времени по дням недели, в течение которых можно пройти через указанные турникеты с помощью данного «электронного ключа». Причем ограничения доступа, заданные для какого-либо из сотрудников или посетителей, можно с помощью нажатия двух клавиш автоматически распространить на всех или на выбранных по какому-либо критерию владельцев «ключей» (например, на работников определенного отдела).

В специальный раздел базы данных системы заносится информация о посетителях организации, включая задание ограничений доступа и ввод изображения. После регистрации в бюро пропусков посетитель получает один из ключей, предназначенных для выдачи гостям, и может пройти через проходную. При выходе посетителя, в момент считывания кода, система автоматически переводит выданный ему «ключ» в разряд свободных. После возвращения гостевого ключа в бюро пропусков он вновь может быть выдан очередному посетителю, а вся информация об ушедшем госте сохраняется в базе данных.

Компьютер проходной является компьютером мониторинга системы и непосредственно компьютером проходной. Компьютер выводит данные из электронной базы непосредственно охраннику на пункт прохода при прохождении через турникет владельца пропуска, а также разнообразные отчеты о событиях в системе за выбранные промежутки времени.

Компьютер бюро пропусков работает под управлением компьютера мониторинга, хранит базу данных пользователей, вносит в нее изменения, управляет вводом фотоизображений в базу данных, управляет печатью карточек-пропусков, автоматически формирует журналы событий и учета рабочего времени, формирует временные режимы доступа на объект для каждого пользователя.

Служебный считыватель считывает коды ключей-карточек пользователей при внесении их в базу данных и заполнении личных карточек.

Данное техническое решение позволило успешно решить поставленную задачу и производить учет нумерованных документов.

Список литературы

1. Калуцкий И.В., Агафонов А.А. Информационно-аналитическая система службы безопасности организации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – № 2, ч. 2. – С. 127–133.

2. Deshpande P. S., Kakde O. G. C & Data Structures // Charles River Media. – 2003. – 715 p.

3. Jeffrey A. Hoffer, Ramesh Venkataraman, Heikki Topi, Modern Database Management (11th Edition)// Pearson. – 2012. – 624 p.

4. Thomas Erl, Wajid Khattak. Big Data Fundamentals: Concepts, Drivers & Techniques // Prentice Hall. – 2016. – 235 p.

5. Brass P. Advanced Data Structures // Cambridge. – 2008. – 466 p.

6. Риккарди Г. Системы баз данных. Теория и практика использования. – М.: Вильямс, 2002. – С. 23–121.

7. Кириллов В. В., Громов Г. Ю. Введение в реляционные базы данных. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – С. 34–75.

8. Рудикова Л. В. Базы данных. Разработка приложений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – С. 43–58.

9. Rebecca M. Riordan Designing Relational Database Systems // Microsoft Press. – 380 p.

10. Chaffey D. Business Information Systems. Pearson Education Limited, Essen, 2003.

Получено 28.12.16

A. U. Kulikov, Assistant, Academy FSO (Orel) (e-mail: yourich@mail.com, tel.: (4862)54-95-74)

E. Y. Emelyanova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)

ACCOUNTING SYSTEM NUMBERED DOCUMENTS

The article discusses the implementation of the algorithm of functioning of the accounting system of numbered documents in the example system of accounting permits. In the process of solving the problem, a study was conducted of the subject area. The main objective of the study was optimal, rapid and safe management and recording of issued and received passes.

The article considers the issues of complex organizational-legal restrictions and rules establishing the procedure of passage of people through checkpoints on the territory of organizations.

The requirements to design the system security. Developed information-logical model of the database. The system architecture was designed to work with centralized database with the ability to access it from various points on the local network via specialized clients. Describes the steps to design the system. The features of the accounting system of numbered documents in relation to the car passes.

Describes the capabilities of the special software developed to solve the problem of taking into account missing data (recording, storing, viewing and management of data on visitors; create and modify templates, blanks and forms; creating reports).

Considered step-by-step functioning of the system. As a pass to use the ID of the electronic key, the data recorded in the database system. The system enables the issuance of permits and registration. As a personal data system used by the surname, name, patronymic, position, Department, passport number, image of the owner, access restrictions, accessible gates, etc.). Describes the modes of access for employees and visitors of the organization. Given the purpose and functioning of the individual elements of the developed distributed system: providing access mode and the security mode control.

***Key words**: database, system passes, access control, vehicles registration.*

References

1. Kalutsky I.V., Agafonov A.A. The information-analytical system of the organization of security // Proceedings of the South-Western State University. Series: Control, computer engineering, computer science. Medical device. – 2012/ – №2, ch. 2. – S. 127-133.

2. Deshpande P.S., Kakde O. G. C & data structures // Charles River Media. – 2003. – 715 p.

3. Jeffrey A. Hoffer, Ramesh Venkataraman, Heikki Topi, Modern Database Management (11th Edition) // Pearson. – 2012. – 624 p.

4. Thomas Earle, Wajid Khattak. Large Data Bases: Concepts, Methods and Drivers // Prentice Hall. – 2016. – 235 p.

5. Brass structure VP Advanced Data // Cambridge. – 2008. – 466 p.

6. G. Riccardi. Database systems. Theory and practice of use. – M.: Williams, 2002. – S. 23–121.

7. Kirillov V. V., Gromov G. Yu. Introduction to relational databases. SPb.: BHV-Petersburg, 2009. – P. 34–75.

8. Rudikova L. V. Database. Application Development. SPb.: BHV-Petersburg, 2006. – P. 43–58.

9. Rebecca M. Riordan Designing relational database systems // Microsoft Press. – 380 p.

10. Chaffey, D:. Business Information Systems. Pearson Education Limited, Essen 2003.

УДК 614.841.46

С. Ю. Сазонов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: serg_saz@mail.ru)

Н. А. Ханис, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: hn@tehshield.ru)

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ В ДАТА-ЦЕНТРЕ

В настоящее время последствия потерь информации в результате пожаров в информационных центрах настолько велики, что борьба за уменьшение ущерба и потерь от них становится важным элементом, в ее основу должны быть положены прогнозирование и своевременное предупреждение персонала дата-центров о возникновении ПОС. Поэтому мониторинг и прогнозирование ПОС является одним из приоритетных направлений деятельности служб пожарной охраны.

Прогнозирование ПОС – определение вероятности возникновения и развития ПОС на основе анализа возможных причин их возникновения, их источника в прошлом и настоящем. Прогнозирование ПОС может носить долгосрочный, краткосрочный или оперативный характер. Оно возможно только на основе решения задач мониторинга ПОС. В статье рассматривается задача мониторинга и прогнозирования возникновения и развития пожароопасной ситуации в дата-центре на основе аппарата нейронных сетей и продукционных вычислений. Предложена структурно-функциональная организация системы, которая позволяет досрочно выявлять пожароопасную ситуацию или начальную стадию пожара.

В результате проведенного в рамках статьи исследования структурно-функциональная организация системы позволяет досрочно выявлять пожароопасную ситуацию или начальную стадию пожара. Эффективность предупреждения и ликвидации ПОС напрямую зависит от качества первичной информации, снимаемой с датчиков и измерительных приборов для дальнейшей обработки. На начальном этапе контроль достоверности этой информации осуществляется путем анализа априорных данных о значениях факторов ПОС, таких как допустимые границы и характер их изменения во времени, непротиворечивость.

Ключевые слова: *пожароопасная ситуация, пожар, дата-центр, оценка ситуации, продукционная система, нейронная сеть.*

***

Актуальность работы

В настоящее время последствия потерь информации в результате пожаров в информационных центрах настолько велики, что борьба за уменьшение ущерба и потерь от них становится важным элементом, в ее основу должны быть положены прогнозирование и своевременное предупреждение персонала дата-центров о возникновении ПОС. Поэтому мониторинг и прогнозирование ПОС является одним из приоритетных направлений деятельности служб пожарной охраны.

Прогнозирование ПОС – определение вероятности возникновения и развития ПОС на основе анализа возможных причин их возникновения, их источника в прошлом и настоящем. Прогнозирование ПОС может носить долгосрочный, краткосрочный или оперативный характер. Оно возможно только на основе решения задач мониторинга ПОС.

Мониторинг ПОС – это система наблюдений и контроля, проводимых регулярно, по определенной программе для оценки состояния дата-центра с точки зрения пожарной безопасности, анализа происходящих в нем процессов и своевременного выявления тенденций их изменения.

Система мониторинга и прогнозирования возникновения ПОС представляет собой совокупность систем наблюдения, анализа и оценки состояния и изменения выявленных и потенциальных источников ПОС и прогнозирования ПОС, влияющих на безопасность сотрудников дата-центра, оборудования и данных, в целях разработки и реализации мер по предупреждению и ликвидации ПОС, минимизации их социально-экономических и экологических последствий [1].

Общий подход к решению задачи мониторинга и прогнозирования пожароопасной ситуации в дата-центре

Основными задачами системы мониторинга и прогнозирования ПОС в дата-центре являются:

– проведение наблюдений за источниками ПОС в дата-центре;

– сбор, обработка и анализ информации об источниках ПОС;

– создание массива ретроспективных данных мониторинга ПОС для их последующего использования в задачах обучения нейросети и прогнозирования;

– прогнозирование ПОС;

– обеспечение органов управления дата-центра информацией об угрозе возникновения или возникновении ПОС.

Для успешного предупреждения возникновения и развития ПОС необходимо вовремя обнаруживать отклонения в ходе процессов, явлений и, если возможно, не допускать их дальнейшего развития.

Функции и структура информационной системы мониторинга возникновения и развития пожароопасной ситуации в дата-центре

В работе выделены основные функции информационной системы мониторинга ПОС в дата-центре:

1. Мониторинг критических факторов ПОС.

2. Предобработка данных мониторинга на основе аппарата нейронных сетей и получение прогнозных значений факторов ПОС.

3. Оценка возможности возникновения ПОС на основе использования аппарата продукционных вычислений и полученных ранее прогнозных значений факторов ПОС.

4. Информирование ЛПР о возникновении ПОС при появлении перехода системы в пограничное (пожароопасное) состояние.

Далее рассмотрим более подробно каждую из указанных функций.

1. Мониторинг критических факторов ПОС осуществляется при помощи автоматической передачи данных с приборов учета через интервалы времени, необходимого для устранения ПОС.

Эффективность предупреждения и ликвидации ПОС напрямую зависит от качества первичной информации, снимаемой с датчиков и измерительных приборов для дальнейшей обработки. На начальном этапе контроль достоверности этой информации осуществляется путем анализа априорных данных о значениях факторов ПОС, таких как допустимые границы и характер их изменения во времени, непротиворечивость [2, 3].

Мониторинг ПОС производится через измерение и анализ факторов, связанных с пожароопасной ситуацией:

– сила тока;

– температура проводки;

– концентрация угарного газа на $1м^3$;

– концентрация углекислого газа на $1м^3$;

– концентрация водорода на $1м^3$;

– концентрация ароматических углеводородов на $1м^3$.

Отдельную задачу составляет обеспечение достоверности измерительной информации – обнаружение ошибочных (аномальных) измерений контролируемых величин.

Это позволяет повысить эффективность системы мониторинга ПОС в дата-центре, так как определяет адекватность принимаемых решений по прогнозированию ПОС и предотвращению пожара.

Решение данной задачи необходимо ввиду того, что наличие грубых ошибок в измерениях снижает достоверность информации и, как следствие, качество принимаемых решений.

Для принятия решений по устранению критических ситуаций необходимо время, которое предлагается обеспечить за счет прогнозирования значений факторов, вызывающих эти ситуации.

Прогнозирование значений факторов возникновения ПОС предлагается осуществлять с помощью ИНС. Это обу-

словлено тем, что ИНС позволяют легко обеспечить адекватность построенной модели, обладают хорошей обобщающей способностью и возможностью получения сложных нелинейных зависимостей выходных переменных от входных переменных.

2. Предобработка данных мониторинга на основе аппарата нейронных сетей и получение прогнозных значений факторов ПОС.

Постоянно возрастающее применение ИНС для формализации функционирования сложных объектов и процессов связано с их отличительными свойствами, к числу которых относятся:

– способность к обучению;

– надёжность при неполной входной информации;

– устойчивость к помехам;

– быстрая реакция обученной сети на входные воздействия;

– возможность реализации на персональных компьютерах;

– отсутствие математической модели объекта.

Основной особенностью ИНС является возможность решать не четко сформулированные задачи. Недостаточная точность формулировки задач компенсируется способностью ИНС к самообучению и умению выявлять в данных скрытые образы.

Искусственные нейронные сети незаменимы при использовании большого количества разнообразных входных данных. При этом связь входных и выходных данных может быть чрезвычайно сложной. К тому же допускается сочетание численных и категориальных (время года, тип дня, тип облачности и другие признаки) входных данных [4, 5].

Обобщенный алгоритм получения прогнозных значений факторов ПОС приведен на рисунке 1.

Выбор архитектуры ИНС определяется особенностями и сложностью решаемой задачи. Для решения некоторых классов задач в настоящее время существуют оптимальные конфигурации ИНС. При невозможности сведения задачи к одному из этих классов необходимо выполнить построение новой конфигурации сети.

Поскольку проблема построения ИНС существенно зависит от решаемой задачи, то привести общие подробные рекомендации о необходимых и достаточных свойствах ИНС невозможно. Поэтому конкретный вариант архитектуры сети определяется путем интуитивного подбора.

Входными данными являются ретроспективные значения факторов ПОС на заданном промежутке времени, а с выхода снимаются прогнозные значения этих факторов.

Предобработка данных мониторинга на основе ИНС включает следующие элементы:

1) прогнозирование временных рядов показаний, снимаемых с датчиков, с помощью нейронной сети на основе ретроспективных данных;

2) расчет отклонений (ошибок) между прогнозируемыми значениями и показаниями, полученными в результате мониторинга;

3) прогнозирование временного ряда отклонений (ошибок) между прогнозируемыми значениями и показаниями с помощью нейронной сети;

4) расчет итоговых прогнозных значений временных рядов показаний, снимаемых с датчиков, как суммы прогнозов 2-го и 4-го этапов.

В качестве ИНС в работе предлагается использовать трехслойный персептрон.

Выбор персептрона данной архитектуры обусловлен экспериментальными исследованиями, проведенными на тестовых данных, полученных в результате имитационных экспериментов в дата-центре ФГБО ВО ЮЗГУ.

Для улучшения результатов прогнозирования значения факторов нормируются в диапазоне [0, 1]. Приведение значений факторов к одному диапазону необходимо, чтобы ни один из них не имел больший вес, чем другие.

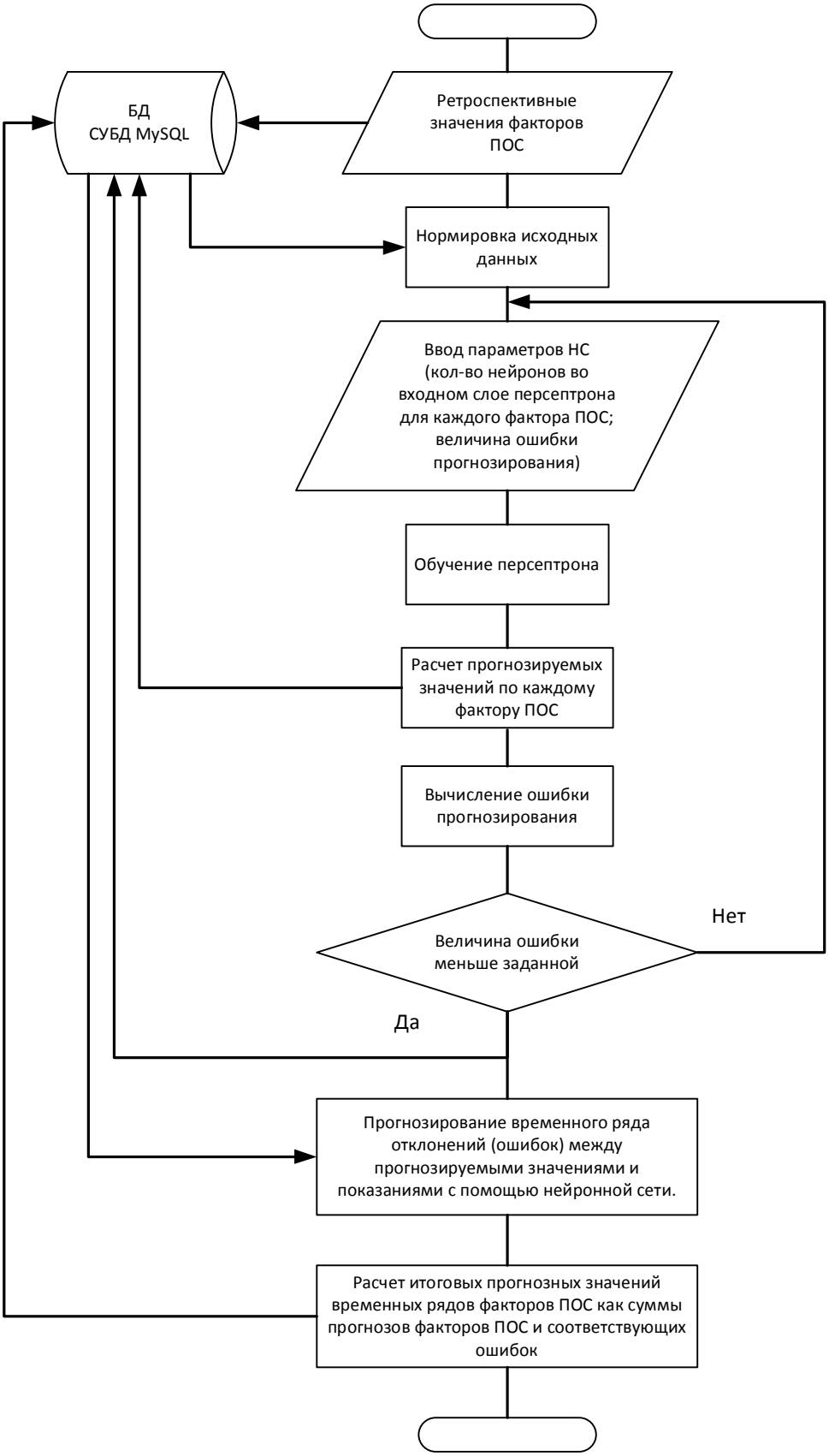


Рис. 1. Обобщенный алгоритм получения прогнозных значений факторов ПОС

На входы персептрона подаётся по от 4 до 7 ретроспективных нормированных значений по каждому фактору (входных переменных), т.е. входной слой ИНС содержит от 25 до 42 нейронов. С выходов персептрона снимаются 6 прогнозных значений по указанным выше факторам (выходных переменных), т. е. выходной слой включает 6 нейронов.

При проведении серии экспериментов на тестовых данных установлено, что для получения адекватных результатов прогноза достаточно одного скрытого слоя с количеством нейронов, равным полусумме нейронов входного и выходного слоёв, т.е. от 15 до 24 нейронов.

Нейроны первого слоя персептрона никаких функций не реализуют. На его входы поступают значения входных переменных, которые через точки ветвления передаются на входы нейронов второго слоя. В качестве активационной функции нейронов второго и третьего слоев принята сигмоидальная функция.

3. Оценка возможности возникновения ПОС на основе использования аппарата продукционных вычислений и полученных ранее прогнозных значений факторов ПОС.

Формализация проверяемых пожароопасных факторов основывается на следующих причинно-следственных схемах, упорядочивающих источники и результаты процессов тления и горения:

- увеличение силы тока → повышение температуры розетки и проводки → тление поливиниловой изоляции провода → горение;
- внешний источник тепла → повышение температуры проводки → тление поливиниловой изоляции провода → горение.

4. Информирование ЛПР о возникновении ПОС при появлении перехода системы в пограничное (пожароопасное) состояние. В качестве минимальной структурной единицы дата-центра выделим вычислительную стойку, находящуюся под нагрузкой, которая с точки зрения возникновения ПОС может находиться в одном из четырех состояний:

– штатное;
– нестабильное;
– пограничное (пожароопасное);
– возгорание.

ЛПР на основе информации, получаемой от системы мониторинга, в случае возникновения ПОС принимает решения по приведению в норму факторов, вызывающих данную ПОС.

Для реализации рассмотренных функций предлагается следующая структура ИС, которая представляет собой компонентно-ориентированную систему взаимодействия выделенных уровней: сбора измерительной информации, ее первичной обработки, агрегирования, хранения и передачи на верхние уровни, реализации возложенных на систему функций по обеспечению ПБ в дата-центре (рис. 2).

На самом верхнем уровне ИС находится АРМ ЛПР по обеспечению ПБ в дата-центре и администратора, которые обеспечивают формирование БД (на основе MS SQL Server) и решение задач по обеспечению ПБ.

Сервер опроса представляет собой компьютерный программно-аппаратный комплекс, предназначенный для взаимодействия с контроллерами (уровень II сервера опроса).

Устройства сбора и передачи данных (уровень III УСПД) предназначены для интегрированного сбора данных с большого количества измерительных устройств, проведения измерений и вычислений и передачи данных на верхний уровень ИС.

Для получения данных о факторах ПОС в качестве датчиков используются серийно выпускаемые устройства отечественного и зарубежного производства, оборудованные счётно-импульсными цифровыми и аналоговыми выходами, а также спроектированный и реализованный в рамках работы модуль на основе микроконтроллера.

Для построения структуры технических средств используются стандартные линии связи (Ethernet, RS и пользовательские) и протоколы обмена данными между микроконтроллером и ПЭВМ.

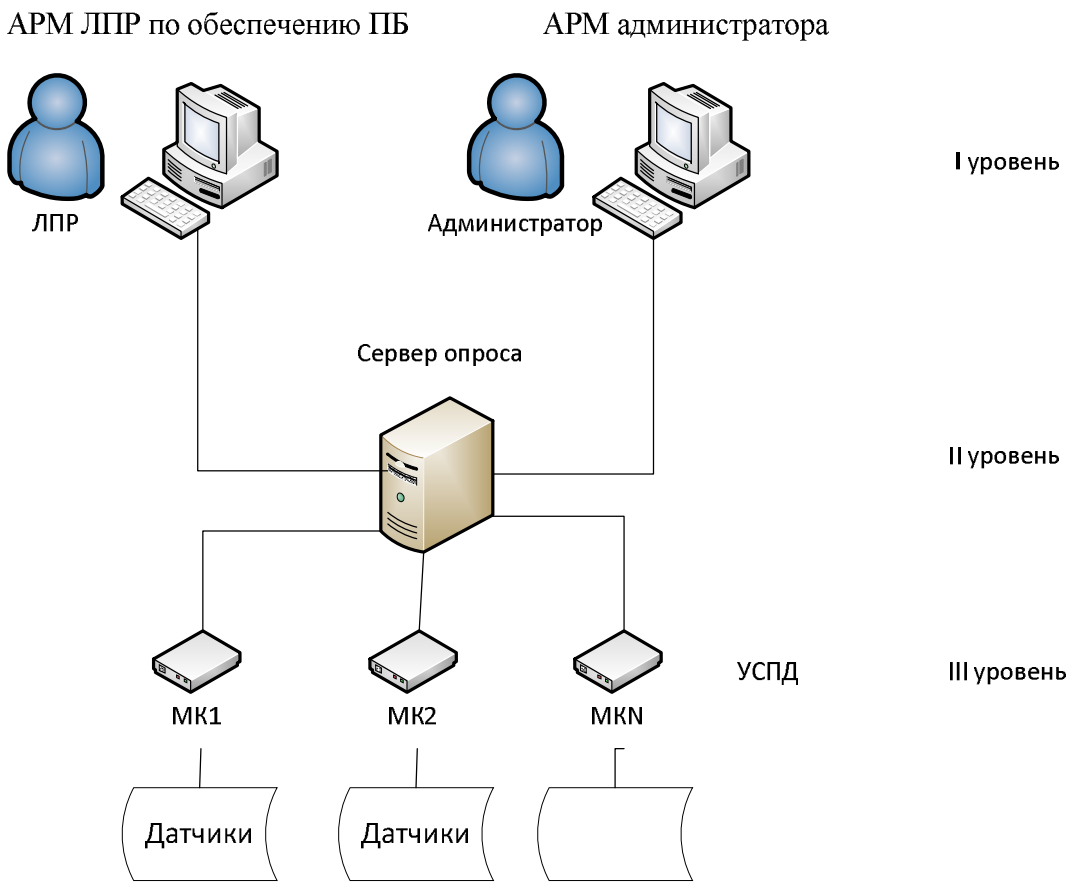


Рис. 2. Структура ИС мониторинга возникновения и развития пожароопасной ситуации в дата-центре

Выводы

Предложенная СФО ИС мониторинга ПОС может быть адаптирована к существующим в дата-центрах программным комплексам. Она имеет стандартную сетевую архитектуру, что упрощает задачу комплексной автоматизации управления дата-центром.

Список литературы

1. Ханис Н. А., Сазонов С. Ю., Титенко Е. А. Подход к прогнозированию возникновения пожароопасной ситуации в дата-центре на основе нейронных сетей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 4 (17). – С. 8–14.

2. Сазонов С.Ю., Титенко Е.А., Фролов С.Н. Система сверхраннего обнаружения пожаров на основе регистратора наночастиц // Физика и технология наноматериалов и структур: материалы Международной научно-практической конференции / Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2013. – С. 72–75.

3. Емельянов С. Г., Фролов С. Н., Сазонов С. Ю. Метод и модель оценки риска возникновения пожароопасных ситуаций // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2014. – Т. 12, № 5. – С. 21–27.

4. Титенко Е. А., Сазонов С. Ю., Фролов С. Н. Организация мониторинга пожарной безопасности электрических сетей на основе многоагентного подхода // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание – 2013: сборник материалов XI Международной научно-технической конференции. – Курск, 2013. – С. 357–360.

5. Егоров С. И., Сазонов С. Ю., Фролов С. Н. Подход к построению интеллектуальной системы моделирования и управления состоянием пожароопасности сложных технических объектов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2013. – Т. 11, № 8. – С. 50–54.

6. Модель и методы управления сложными техническими объектами на основе продукционной парадигмы / Е. А. Титенко [и др.] // Известия Южного федерального университета. Серия: Технические науки. – 2012. – № 3 (128). – С. 181–187.

Получено 23.01.17

S. Y. Sazonov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: serg_saz@mail.ru)

N. A. Khanis, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: hn@tehshield.ru)

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING AND DEVELOPMENT FIRE MANAGEMENT IN THE DATA CENTER

At present, the consequences of data loss as a result of fires in data centers is so large that the struggle for the reduction of the damage and losses caused by them is becoming an important element in the implementation of which should be based on the forecasting and timely warning of personnel data center of the origin of the PIC. Therefore, monitoring and forecasting the PIC is one of the priority directions of activity of fire protection services.

PIC Prediction - determination of the probability of occurrence and development of PIC based on the analysis of possible causes of their occurrence, their source in the past and the present. PIC Forecasting can be long-term, short-term or operational nature. It is possible only on the basis of the monitoring operations WWTP article the problem of monitoring and forecasting the appearance and development of fire hazard in the data center based on the device of neural networks and the productive computing. A structural and functional organization of the system, which allows you to identify early fire hazard or an initial stage of a fire.

As a result of research in the framework of structural and functional organization of the article system, which allows you to identify early fire hazard or an initial stage of a fire. The effectiveness of prevention and liquidation of the PIC depends on the quality of primary data extracted from the sensors and measuring devices for further processing. At the initial stage of the control reliability of this information is carried out by the analysis of a priori data about the values of PIC factors such as the permissible limits and the nature of their changes over time, the consistency.

Key words: *fire hazard, fire, data center, situation assessment, production system, neural network.*

References

1. Hanis N. A., Sazonov S. Yu., Titenko E. A. Podhod k prognozirovaniyu vozniknoveniya pozharoopasnoj situacii v datacentre na osnove nejronnyh setej // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 4 (17). – S. 8–14.

2. Sazonov S.Yu., Titenko E.A., Frolov S.N. Sistema sverhrannego obnaruzheniya pozharov na osnove registratora nanochastic // Fizika i tekhnologiya nanomaterialov i struktur: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii / Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet. – Kursk, 2013. – S. 72–75.

3. Emel'yanov S. G., Frolov S. N., Sazonov S. Yu. Metod i model' ocenki riska vozniknoveniya pozharoopasnyh situacij // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. – 2014. – T. 12, № 5. – S. 21–27.

4. Titenko E. A., Sazonov S. Yu., Frolov S. N. Organizaciya monitoringa pozharnoj bezopasnosti ehlektricheskih setej na osnove mnogoagentnogo podhoda / Optiko-ehlektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavaniya obrazov, obrabotki izobrazhenij i simvol'noj informacii. Raspoznavanie – 2013: sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii. – Kursk, 2013. – S. 357–360.

5. Egorov S. I., Sazonov S. Yu., Frolov S. N. Podhod k postroeniyu intellektual'noj sistemy modelirovaniya i upravleniya sostoyaniem pozharoopasnosti slozhnyh tekhnicheskih ob"ektov // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. – 2013. – T. 11, № 8. – S. 50–54.

6. Model' i metody upravleniya slozhnymi tekhnicheskimi ob"ektami na osnove produkcionnoj paradigmy / E. A. Titenko [i dr.] // Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki. – 2012. – № 3 (128). – S. 181–187.

УДК 004.056.5

М. А. Ефремов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Efremov_ma@mail.ru)

И. В. Калуцкий, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Kalutskiy_igor@mail.ru)

М. О. Таныгин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Tanygin@yandex.ru)

И. И. Рудак, студентка, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ig.rudak@yandex.ru)

БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ, СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ И РЕКЛАМА В ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ INTERNET

Современный мир – это мир информации и информационных технологий. Мгновенный доступ к любой информации в любой момент времени, практически где угодно, несомненно, является великим достижением человечества. Но оно породило и массу проблем: бесконтрольное распространение нелегитимной информации, мошенничество с электронными финансами, киберпреступления и практически полное отсутствие конфиденциальности субъектов в личном смысле. Социальные сети, интернет-магазины, сайты знакомств, различные форумы и т.д. хранят миллионы терабайт личной информации пользователей, львиная доля которой по всем признакам относится к персональным данным, защита которых в нашем государстве регламентируется целым рядом нормативно-правовых актов. Вот только далеко не все операторы, осуществляющие обработку персональных данных, могут или хотят предпринимать какие-то определенные действия, направленные на защиту этих данных, а подчас сознательно уклоняются от выполнения требований нормативно-правовых актов в сфере информационной безопасности и, в частности, защиты персональных данных по причине нежелания тратить средства на обеспечение безопасности и конфиденциальности указанной информации.

В статье рассмотрены методики выделения актуальных угроз информационной безопасности при работе в глобальной сети Интернет, в частности при использовании социальных сетей и ведении торговли через глобальную Сеть. Проанализированы недостатки и выделены возможные угрозы безопасности персональных данных пользователей, рассмотрена роль рекламы в глобальной Сети в контексте безопасности персональных данных и выдвинуты предложения по снижению подобных рисков. Дано описание сложного характера взаимосвязи рутинных действий пользователей в глобальной Сети, таргетинговой рекламы, различных развлекательных сервисов со спецификой регистрации в них и безопасности данных пользователей сети Интернет, будь то персональные данные либо конфиденциальная информация другого вида.

Ключевые слова: *защита персональных данных, угрозы информационной безопасности, социальные сети, реклама в Интернете.*

***

За последние двадцать лет число пользователей сети Интернет многократно увеличилось. Большая часть планеты использует глобальную Сеть для тех или иных целей, но так или иначе абсолютное большинство пользователей вынуждены оставлять свои персональные данные, подписывая пользовательское соглашение. Согласно Федеральному закону от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных», персональные данные – любая информация, относящаяся к прямо или косвенно определенному или определяемому физическому лицу (субъекту персональных данных) [1].

Пользовательское соглашение – заключение договора, предусматривающего ряд условий между сторонами, среди которых, во-первых, предоставление пользователю сервисов в обмен на гарантии соблюдения режима пользования сервисами и согласие на получение рекламных объявлений (Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных», статья 15); во-вторых, санкции за несоблюдение условий договора.

В ФЗ №152, как отмечалось ранее, к персональным данным относится информация, которая позволяет определить личность пользователя. То есть это фа-

милия, имя и отчество, дата и место рождения, адрес, семейное положение, паспортные данные, профессия и т. д. При этом пароли к аккаунтам не являются персональными данными, так как не сообщают ничего о человеке. С согласия пользователя данные могут становиться общедоступными – например, номер телефона или e-mail, которые передаются компании, это обычно происходит при беглом изучении пользовательского соглашения. Тем не менее по требованию пользователя эти данные должны быть убраны из общего доступа согласно статье 15 ФЗ №152, пункт 2: «Оператор обязан немедленно прекратить по требованию субъекта персональных данных обработку его персональных данных..» [1].

Доступ в безграничный мир информации, социальных и прочих сетей, пользователь, как правило, не понимает, тем самым обнажает себя, лишая себя защитной маски. Получая информацию, пользователи, так или иначе, оставляют информацию о себе. И это не просто фиксация IP-адреса, а персональные сведения на сайтах социальных сетей, пользователи одновременно становятся объектами внимания не только личных неприятелей, но и властных и коммерческих структур.

Получение рекламных объявлений напрямую пользователем способствует продвижению товаров и услуг больше, нежели рекламные объявления общего характера. Новые аналитические системы позволяют быстро и точно измерять коэффициент эффективности рекламы в Интернете. Когда пользователь обращается к сервису, он принимает условия соглашения, где также прописаны условия обращения с его данными. Субъекты персональных данных передают данные каждый раз, когда авторизуются в сервисе, и показывают свои предпочтения, переходя по страницам и нажимая лайки. За общедоступный Интернет и бесплатные сервисы пользователи платят данными.

Крупные компании, вроде «Яндекс», синхронизируют информацию из различных источников, чтобы точнее определить предпочтения пользователя. Кнопки шейринга, вроде Pluso или Liveinternet, приносят компаниям больше знаний о пользователях, которые можно анализировать и продавать для создания рекламы. Что же такое кнопки шейринга (от англ. Shared – «поделившийся»)? Это кнопки социальных сетей, благодаря которым можно поделиться новостями в один клик. Сервис предоставляет возможность вашим посетителям быстро делиться интересными страницами в своих социальных сетях, а также печатать, отправлять письмом и добавлять в закладки, иными словами, это обратная связь пользователя и сервиса. Благодаря этому интересы и предпочтения пользователя значительно сужаются, что дает возможность показывать более точное объявление для конкретного субъекта [2].

Стремительное развитие глобальной сети Интернет привело к изменению экономической политики. С середины 2000-х Интернет превратился в основной канал воздействия на потребителей. Интернет-реклама – это самое перспективное сегодня направление интернет-маркетинга. При своей относительно невысокой себестоимости сетевая реклама охватывает потенциально безграничную аудиторию – пользователей компьютеров, ноутбуков, смартфонов, планшетов и других мобильных устройств.

Данный факт связан со следующими обстоятельствами:

– с ростом числа пользователей Интернета и увеличением времени их пребывания в сети;

– с развитием технологий беспроводных систем;

– с появлением мобильного Интернета;

– с развитием интернет-экономики и распространением торговли через Интернет;

– с появлением и развитием технических платформ для управления сетевой рекламой.

В сетевом пространстве от пользователей всегда требуется активное взаимодействие – реклама начинает работать тогда, когда пользователь совершает какое-либо действие. Наиболее перспективное направление маркетинга в Сети – таргетированная реклама: привлечение целевой (таргетной) аудитории с помощью узконаправленных рекламных объявлений, баннеров, видеороликов.

Существует большое количество форм передачи коммерческих посланий, среди них особое место занимает активное взаимодействие пользователя и рекламодателя, с учётом личных предпочтений – это основа таргетированной рекламы [2]. Пользователь сам выбирает ресурсы и их содержание, а увидев актуальные предложения, изучает их более подробно. Вовлеченность пользователя в рекламный процесс позволяет сократить круг пользователей, выделив только ту часть, которая удовлетворяет заранее заданным критериям. Происходит фокусировка коммерческого послания, вплоть до взаимодействия с конкретным пользователем.

Разделение пользователей на таргетные группы осуществляется с помощью анкетирования, подсчета его посещений определенных сайтов, комментирования, данных в соцсетях и других способов сбора информации. Учитывается возраст, пол, доход, профессия, любые другие личные характеристики.

Один из главных показателей эффективности рекламы товаров и услуг в Интернете – конверсия. Конверсия (CTR) означает отношение числа пользователей, выполнивших целевые действия (переход по ссылке, регистрацию, оформление заявки), к общему числу посетителей веб-ресурса. Среди самых простых, дешевых, легкодоступных коммерческих объявлений выступает таргетированная реклама в социальных сетях. Данный способ является наиболее популярным по ряду причин: большая часть пользователей имеет уже зарегистрированные аккаунты в социальных сетях, пользователи используют привычный интерфейс, рекламодатель имеет возможность онлайн-контакта с заинтересованным лицом. Механизм таргетинга основан на использовании куки (cookie). Cookie – небольшой фрагмент данных, отправленный веб-сервером и хранимый на компьютере пользователя. Веб-клиент (обычно веб-браузер) всякий раз при попытке открыть страницу соответствующего сайта пересылает этот фрагмент данных веб-серверу в составе HTTP-запроса. Применяется для сохранения данных на стороне пользователя и используется для:

– аутентификации пользователя;

– хранения персональных предпочтений и настроек пользователя;

– отслеживания состояния сеанса доступа пользователя;

– ведения статистики о пользователях.

Cookie работает для таргетинга следующим образом. В момент посещения поискового сайта (например, Яндекса) браузеру пользователя дается на хранение уникальный код («кука»). При повторном обращении к этому сайту (это случается в момент запроса рекламного блока с Яндекс.Директ) браузер сообщает сайту этот код, и рекламный движок поисковика узнает пользователя. Зная историю поисковых запросов, подбор для пользователя нужной рекламы не составляет проблемы. Избавиться от таргетинговой рекламы можно, стерев в браузере куки, относящиеся к соответствующему поисковику (или вообще все) [2]. Также можно пользоваться отдельным браузером для «конфиденциальных» поисковых запросов.

«Облачные» мультинациональные корпорации, такие как Amazon, Facebook, Microsoft, Appleи, особенно Google, оказались главными хранителями персональных данных пользователей практически всех стран мира [3]. Исполнительный директор компании Google Эрик Шмидт (Eric Schmidt) заявил в интервью

WSJ, что в будущем людям по достижении зрелого возраста придется менять реальное имя – чтобы все то, что они успели оставить в Сети, будучи подростками, не ассоциировалось с ними в дальнейшем [4].

На сегодняшний момент правительство всячески способствует защите данных своих граждан. С 1 сентября 2016 года приняты поправки, в которых говорится о том, что «При сборе персональных данных, в том числе посредством информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", оператор обязан обеспечить запись, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), извлечение персональных данных граждан Российской Федерации с использованием баз данных, находящихся на территории Российской Федерации…» [1]. И хотя зачастую возникали различные споры и неясности в трактовке нормативно-правовых актов, регламентирующих защиту персональных данных, работа в этом направлении идет довольно активно [5]. Интернет стал неотъемлемой частью жизни человека, в связи с чем в 2013 году проводилось первое общероссийское научное исследование цифровой компетентности подростков и родителей детей подросткового возраста. Под цифровой компетентностью мы понимаем основанную на непрерывном овладении компетенциями (системой соответствующих знаний, умений, мотивации и ответственности) способность индивида уверенно, эффективно, критично и безопасно выбирать и применять инфокоммуникационные технологии в разных сферах жизнедеятельности (работа с контентом, коммуникации, потребление, техносфера), а также его готовность к такой деятельности [6].

С ростом числа интернет-пользователей задача целенаправленного развития цифровой компетентности российских подростков и родителей становится все более актуальной. Так, например, личные данные ребенка часто публикуются в открытом доступе в рамках отчетов о проведенных соревнованиях, олимпиадах и конкурсах, в связи с чем Роскомнадзор проводит мероприятия по повышению компетенции в области защиты персональных данных. С мая 2014 года Роскомнадзор как уполномоченный орган по защите прав субъектов персональных данных в Российской Федерации выявил 2027 сайтов, распространявших личную информацию о детях и их родителях в открытом доступе. Большинство выявленных ресурсов принадлежат школам, детским садам, интернатам, а также муниципальным образованиям и администрациям субъектов РФ [7].

Множество мошеннических схем рассчитано на то, что пользователь сообщает злоумышленникам свои личные данные, такие как доступ к банковским счётам или аккаунтам в соцсетях. В связи с этим Роскомнадзор составил единый образец написания письма Деду Морозу согласно информации на официальной странице Ведомства «Вконтакте». В конце 2016 года Роскомнадзор составил образец корректного письма Деду Морозу и заблокировал 76 сайтов с некорректными письмами, в которых в свободном доступе были опубликованы персональные данные [8].

Одним из актуальных решений проблемы защиты персональных данных пользователей можно было бы назвать различные способы обезличивания этих данных при обработке [9], но когда речь идет о пользователях, например интернет-магазинов или сервисов по оплате различных услуг онлайн, они не всегда применимы, так как та же оплата онлайн требует ввода данных пластиковой карточки держателя этой карты, которые, так или иначе, могут быть перехвачены, чем и пользуются мошенники.

Среди многих схем мошенничества хотелось бы отметить фишинг.

Фишинг – это обман пользователя с целью получения его личных данных, таких как логин, пароль, номер телефо-

на или банковской карты. Фишинг больше всего распространён в почтовых системах, социальных сетях, интернет-банкинге и электронных платёжных системах. Мошенники маскируют фишинговые письма под официальные в расчёте на то, что пользователь не будет внимательно их изучать. Цель мошенников – заставить пользователя перейти по ссылке в письме на фишинговый сайт и ввести там конфиденциальные данные. Здесь свою роль играет ещё и человеческий фактор, ведь очень многие «рядовые пользователи просто не задумываются о безопасности как своих персональных данных, так и конфиденциальных данных своей организации, в которой они работают [10]. Как правило, фишинговые сайты являются точной копией настоящих. Поэтому когда людей просят ввести личные данные на таком сайте, они обычно не задумываются.

Среди защитных мер выделяют:

– внимательное изучение адресов сайта (на который пользователю предлагают перейти);

– внимательное изучение адресов отправителя;

– обращение в письме.

Большинство сервисов стремятся максимально повысить уровень защиты и безопасности аккаунта своих пользователей. В связи с чем большинство ресурсов, таких как интернет-банкинг, используют двухэтапную аутентификацию. Двухэтапная аутентификация значительно повышает безопасность. Для доступа к данным пользователя требуется не только имя пользователя и пароль, но и код, присланный на мобильный телефон, не стоит пренебрегать простыми правилами: создавать сложные пароли, чаще их менять. Также существуют сервисы, обеспечивающие безопасный доступ в Интернет через VPN. VPN (англ. Virtual Private Network – виртуальная частная сеть) – обобщённое название технологий, позволяющих обеспечить одно или несколько сетевых соединений (логическую сеть) поверх другой сети (например, Интернет). Несмотря на то, что коммуникации осуществляются по сетям с меньшим или неизвестным уровнем доверия (например, по публичным сетям), уровень доверия к построенной логической сети не зависит от уровня доверия к базовым сетям благодаря использованию средств криптографии (шифрования, аутентификации, инфраструктуры открытых ключей, средств для защиты от повторов и изменений, передаваемых по логической сети сообщений). Они используют специальное шифрование, которое защищает браузер, блокирует вредоносное ПО и позволяет заходить на сайты, которые могут быть недоступны в отдельных странах. Как правило, такое соединение предлагает оплату защищенного соединения на любых устройствах, эти сервисы также зарабатывают на рекламе, о которой упоминалось выше.

В заключение хотелось бы отметить некий набор правил, руководствуясь которым субъект персональных данных уменьшает риск утечки конфиденциальной информации личного характера:

- Отказ от хранения на компьютере, даже личном, пароля для входа на различные сайты. Существуют шпионские программы, которые, проникая в компьютер, «воруют» все «запомненные» пароли.
- Отказ от использования одинаковых паролей и логинов на разных сайтах.
- Отказ от использования в качестве пароля данных, которые так или иначе фигурируют в «открытой форме» — дату рождения, имя, фамилию и т.п.
- Отказ от хранения в текстовых файлах на компьютере – эти данные могут быть украдены шпионской программой.
- Использование псевдонима, ника или другой информации (название фирмы), а не реального имени и фамилии.

Список литературы

1. О персональных данных [Электронный ресурс]: федер. закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ (действующая редакция, 2016). – URL: http://www.consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 29.12.2016).

2. Поведенческий таргетинг. Показ рекламы с учетом интересов пользователей [Электронный ресурс]. – URL: https://yandex.ru/support/direct/impressions/ behavioral-targeting.xml (дата обращения: 29.12.2016).

3. Емелин В. А. Утрата приватности: идентичность в условиях технологического контроля // Национальный психологический журнал. – 2014. – №2(14).

4. Дурная репутация в Сети может заставить человека сменить имя [Электронный ресурс]. – Москва, 17 авг. – РИА Новости, Илья Илембитов. – URL: https://ria.ru/science/20100817/266137289.html (дата обращения: 12.01.2017).

5. Калуцкий И. В., Рудак И. И., Бирюков В. И. Алгоритм автоматизированного построения комплекса защиты персональных данных // Телекоммуникации. – 2016. – № 5. – С. 18–23.

6. Цифровая компетентность подростков и родителей. Результаты всероссийского исследования / Г. У. Солдатова, Т. А. Нестик, Е. И. Рассказова, Е. Ю. Зотова. – М.: Фонд Развития Интернет, 2013. – 144 с.

7. Роскомнадзор рассказал учреждениям образования, как защитить персональные данные детей [Электронный ресурс]: портал персональных данных уполномоченного органа по защите прав субъектов персональных данных. – URL: http://pd.rkn.gov.ru/press-service/news4207.htm (дата обращения: 12.01.2017).

8. Роскомнадзор составил «правильное» письмо Деду Морозу и заблокировал 76 сайтов с «неправильными» [Электронный ресурс]: официальная страница Портала персональных данных уполномоченного органа по защите прав субъектов персональных данных в социальной сети ВКонтакте. – URL: https://vk.com/rkn (дата обращения: 29.12.2016).

9. Обезличивание персональных данных при обработке в автоматизированных информационных системах / А. Г. Спеваков, И. В. Калуцкий, Д. А. Никулин, В. А. Шумайлова // Телекоммуникации. – 2016. – № 10. – С. 16–20.

10. Калуцкий И. В., Агафонов А. А. Роль человеческого фактора в обеспечении информационной безопасности бизнеса // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2 (17). – С. 173–179.

Получено 16.01.17

M. A. Efremov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: efremov_ma@mail.ru)

I. V. Kalutskiy, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kalutsky_igor@mail.ru)

M. O. Tanygin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tanygin@yandex.ru)

I. I. Rudak, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ig.rudak@yandex.ru)

THE SECURITY OF PERSONAL DATA, SOCIAL NETWORKS AND ADVERTISING IN THE GLOBAL NETWORK INTERNET

The modern world is a world of information and information technology. Instant access to any information at any time practically anywhere – certainly a great achievement of mankind. But it caused a lot of problems: the uncontrolled spread illegitimate information, fraud with electronic Finance, cybercrime and the almost complete lack of privacy of subjects in a personal sense. Social networking, online shopping, Dating sites, various forums, etc. to store

millions of terabytes of user's personal information, the lion's share of which by all indications relates to personal data protection which our state is governed by a number of legal acts. That's just not all the operators involved in the processing of personal data can or want to take some specific steps to protect this data, and sometimes deliberately deviate from the requirements of normative legal acts in the sphere of information security and in particular protection of personal data due to the unwillingness to spend money on security and the confidentiality of the information.

The article considers the methodology of allocation actual threats to information security when working in the Internet, in particular when using social networking and conducting Commerce through a global network. Analyzes the drawbacks and highlighted possible threats to the security of users personal data, the role of advertising in the global network in the context of security of personal data, and suggestions for reducing such risks. The description of the complex nature of the relationship routine users in the global network, targeted advertising, and various entertainment services with the specific check-in and data security of Internet users, whether personal information or confidential information of the other views.

***Key words**: personal data protection, information security threats, social networks, advertising on the Internet.*

References

1. On personal data dated 27.07.2006 № 152-FZ: Federal law (as amended, 2016) [Electronic resource] // Consultant plus: Ref. the legal system. – URL: http://www. consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801 / (accessed: 29.12.2016).

2. Behavioral targeting. Display advertising based on user interests [Electronic resource]. – URL: https://yandex.ru/support/direct/impressions/behavioral-targeting.xml (accessed: 29.12.2016).

3. Emelin V. A. Loss of privacy: identity in a technological control // National psychological journal. – 2014. – № 2 (14).

4. A bad online reputation can cause a person to change the name [Electronic resource]. – Moscow, Aug. 17 – RIA Novosti, Ilya Ilembitov. – URL: https://ria.ru/science/20100817/266137289.html (accessed: 12.01.2017).

5. Kalutskiy I. V., Rudak I., Biryukov V. I. Algorithm for automated construction of complex personal data protection // Telecommunications. – 2016. – No 5. – P. 18–23.

6. Digital competence of adolescents and parents. The results of the national study / G. U. Soldatova, T. A. Nestik, E. I. Rasskazova, E. Yu. Zotov. – Moscow: Foundation For Internet Development, 2013. – 144 p.

7. Roskomnadzor said the educational institutions how to protect children's personal information [Electronic resource]: Portal of personal data by authorised body on protection of the rights of subjects of personal data. – URL: http://pd.rkn.gov.ru/press-service/news4207.htm (accessed: 12.01.2017).

8. Roskomnadzor has made the "right" letter to Santa Claus and blocked 76 sites with "wrong" [Electronic resource] // official Portal page of personal data by authorised body on protection of the rights of subjects of personal data in social network Vkontakte. – URL: https://vk.com/rkn (accessed 29.12.2016)

9. Depersonalization of personal data during processing in automated information systems / A. G. Spevakov, I. V. Kalutskiy, D. A. Nikulin, V. A. Shumilova // Telecommunications. – 2016. – No 10. – P. 16–20.

10. Kalutskiy I. V., Agafonov A. A. The Role of the human factor in information security business // News of southwest state University. – 2012. – No 2 (17). – P. 173–179.

УДК 62:784.433

В. М. Попов, канд. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: otios@mail.ru)

К. Г. Нестеров, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: the_konst@mail.ru)

С. Е. Ураев, инженер-проектировщик, ООО «Экоцентр» (e-mail: the_konst@mail.ru)

А. Н. Барков, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: otios@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫМИ ФАКТОРАМИ ХИМИЧЕСКОГО И ФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Данная статья направлена на построение модели по управлению отдельными факторами химического и физического загрязнения, создаваемого автотранспортом, с целью формирования благоприятной атмосферы для жизни и здоровья населения города Курска.

Силами департамента экологической безопасности города Курска ведется деятельность по мониторингу и контролю за загрязняющими веществами, такими как диоксид серы, диоксид азота, аммиак, фенол, взвешенные вещества, оксид углерода, углеводороды, формальдегид, тяжелые металлы. Также отмечается, что 8,5% проб, отобранных на автомагистралях в зоне жилой застройки, имели превышения предельно-допустимых концентраций, в то время как в зоне влияния промышленных объектов – только 0,8%. Эта тенденция с небольшими отклонениями сохраняется на протяжении ряда последних лет.

Данные наблюдения также подталкивают к необходимости информационно-аналитического подхода к управлению текущей экологической ситуацией по устранению или уменьшению загрязнений в атмосфере окружающей среды.

В рамках представленной работы разработана модель по управлению отдельными факторами химического и физического воздействия. Модель формировалась путем математического расчета воздействия транспортного потока на окружающую среду по химическим веществам, выбрасываемыми автотранспортом, и по физическому фактору. Расчеты, полученные благодаря математической модели, подтверждаются наблюдениями Департамента экологической безопасности Курской области, так как проблемные вещества, полученные наблюдениями и расчетами соответственно одинаковы: азота диоксид, углерода оксид. Найдены проблемные зоны и отдельные участки улиц, а также предложен подход по решению проблемы атмосферного загрязнения. Подход математически рассчитан, построена карта рассеивания загрязнений после применения разработанного подхода, результаты изложены с приложением карты и комментариями.

***Ключевые слова**: управление факторами химического и физического воздействия, здоровье населения города Курска, транспортные потоки.*

***

Любой современный город переполнен автотранспортом. Высокий уровень экономического развития страны, доступность получения автомобиля в кредит и уверенность в завтрашнем дне наших соотечественников позволяют расти среднему количеству автомобилей на душу населения с каждым годом на величину от 10 до 20%.

Атмосферный воздух является основным объектом окружающей среды, с которым связана наибольшая часть рисков для здоровья населения.

В 2015 году лабораториями ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Курской области» выполнено 6738 исследований атмосферного воздуха, определено 29 химических примесей.

В г. Курске проводились исследования атмосферного воздуха по специфическим веществам: диоксид серы, диоксид азота, аммиак, фенол, взвешенные вещества, оксид углерода, углеводороды, формальдегид, тяжелые металлы.

Результаты проведенных в 2015 году исследований свидетельствуют о **высокой роли автотранспорта** в загрязнении атмосферного воздуха населенных мест, так как 8,5% проб, отобранных на автомагистралях в зоне жилой застройки, имели превышения предельно-допустимых концентраций. В то время

как в зоне влияния промышленных объектов только 0,8%. Эта тенденция с небольшими отклонениями сохраняется на протяжении ряда последних лет [1].

Данные, изложенные в таблице, показывают, что растет динамика превышения гигиенических нормативов уровня загрязнения атмосферного воздуха и уровня шума на автомагистралях, улицах с интенсивным движением в городских и сельских поселениях. При этом превышения гигиенических нормативов уровня загрязнения атмосферного воздуха и уровня шума в местах действующей жилой застройки наблюдаются не так часто, динамика превышений отрицательная.

Показатель	**2013**	**2014**	**2015**	**Динамика по сравнению с 2014 годом**
Доля уровня загрязнения атмосферного воздуха, не соответствующего гигиеническим нормативам, из точек измерений на автомагистралях, улицах с интенсивным движением в городских и сельских поселениях (%)	13,8	10,4	28,1	↑
Доля уровня загрязнения атмосферного воздуха, не соответствующего гигиеническим нормативам, из точек измерений на эксплуатируемых жилых зданиях городских и сельских поселений (%)	14,5	7,9	2,4	↓
Доля уровня шума, не соответствующего гигиеническим нормативам, из точек измерений на автомагистралях, улицах с интенсивным движением в городских и сельских поселениях (%)	75,8	81,1	83,5	↑
Доля уровня шума, не соответствующего гигиеническим нормативам, из точек измерений на эксплуатируемых жилых зданиях городских и сельских поселений (%)	23,6	12,8	7,6	↓

Так как в Курске дороги являются неотъемлемой частью инфраструктуры города, превышение нормативов негативно сказывается на участников дорожного движения, на людей, работающих и перемещающихся в непосредственной близости от центральных дорог.

В Курске также растет количество автомобильных дорог с твердым покрытием, уровень использования грузового транспорта имеет стабильно высокий показатель и динамику роста [2].

Разбирая понятие «автотранспорт в городе», мы выделим несколько условных типов:

1) личный транспорт жителей города;
2) общественный транспорт;
3) транспорт приезжего населения;
4) грузовой транспорт.

Также все эти типы транспорта используют различные виды топлива, такие как бензин, дизель, газ, электричество; имеют различный объем двигателя, разные шумовые характеристики.

Взяв, с одной стороны, значимую роль автотранспорта в общей экологической обстановке города, а с другой стороны, различность и многообразие содержания автопарка, было принято решение о разработке методики информационно-аналитического управления потоками шумового и загрязненного газового воз-

действия, создаваемого автотранспортом, с целью формирования правильной модели использования транспорта в масштабах города и одновременным сохранением здоровья и комфорта населения Курска.

В рамках города были взяты самые проблемные зоны и улицы, а именно: ул. Энгельса, ул. Ленина, ул. Радищева, ул. К. Маркса, ул. Запольная, пр-т В. Клыкова, ул. 50 лет Октября, ул. Сумская. Также выбор улиц подтверждается наблюдениями на портале https://www.yandex.ru.

Прежде всего была взята максимальная нагрузка в часы пик на улицы и построены карты рассеивания загрязняющих газовых выбросов. По такому же принципу на карту наложены шумовые расчеты автотранспорта. Расчет шума проводился экспериментальной методикой, разработанной во время подготовки к материалуранее опубликованному [4].

Были построены карты рассеивания загрязняющих газовых выбросов и распределения шумовых волн, что помогло выявить проблемные зоны города и предложить методы и пути по управлению отдельными факторами физического и химического воздействия от автотранспорта (рис. 1) [8, 9].

На карте представлена ситуация рассеивания химических веществ от автотранспорта, а также изолинии по шуму, дБа. Зоны, ограниченные штриховой линией (сверху вниз), показывают превышения норматива ПДК (мг/м^3) по веществам азота диоксид, углерода оксид и группам суммаций.

По шуму вдоль крупных автомагистралей наблюдается превышение нормативов по всему центру города (штриховая линия снизу вверх). Также мы видим пересечения проблемных областей, в указанных местах создается максимальный риск здоровью населения г. Курска [6, 7].

Проведенные расчеты подтверждаются и наблюдениями, отображаемыми в Докладе о состоянии окружающей среды в Курской области [1]: «… в наибольшей степени воздух города загрязнен формальдегидом и диоксидом азота».

Прежде всего следует отметить важность данного вопроса для городских властей, о чем свидетельствует фокус на построение односторонних дорог в пределах города с целью улучшения экологической обстановки в городе [5].

При текущей ситуации очевидна необходимость в разработке подхода по информационно-аналитическому управлению шумового воздействия и газового загрязнения.

Подход разделен на 5 действий, подробнее о каждом из них:

1. Ограничить въезд транспорта в проблемные зоны в дневной период 08.00-20.00 автомобилей года выпуска 1989 и ранее. Автомобили, выпущенные в рассмотренный период, имеют низкий экологический класс и высокие показатели шумового загрязнения, что пагубно влияет на картину рассеивания в городе. Владельцам автомобилей, попадающих под запрет, имеет смысл воспользоваться общественным транспортом в пределах центра города.

2. Фокус на законодательном уровне на уменьшение агрессивности вождения в продолжении первых шагов в направлении присваивания каждому водителю индекса агрессивности. Спокойное вождение позволит сэкономить до 15% топлива, что значительно снизит выбросы в условиях слабого рассеивания.

3. Переоборудовать крупный городской транспорт с использования бензина на использование газового топлива.

4. Использование шумозащитных экранов вдоль крупных автомагистралей.

Реализация первых двух предложений напрямую влияет на интенсивность и скорость транспортного потока. Уменьшение данных двух факторов положительно повлияет как на химическое, так и на физическое загрязнение. Дальнейшие методы более специализированы, и реализация третьего пункта узко скажется на химическом факторе в лучшую сторону. Применение шумозащитынх экранов – процедура весьма эффективная, но в то же время достаточно дорогостоящая.

Рис. 1. Карта рассеивания загрязняющих газовых выбросов и распределения шумовых волн

Предложенный комплекс мер может быть реализован как системно, так и по частям. При этом большинство этих мер имеют достаточно высокую сложность в администрировании выполнения, а также требуют дополнительных инвестиций из городского бюджета.

Как изложено выше, один из главных загрязнителей атмосферы в городе Курске – личный и общественный автотранспорт. Стагнация и регресс производства в городской черте стимулируют продажу производственных мощностей с замещением их места крупными торговыми центрами, рассчитывающими на посещение как жителей города, так и жителей ближайших областных образований, в которых сосредоточено 60 % населения всей области [2].

Рис. 2. Карта рассеивания химических веществ от автотранспорта

Подобная тенденция характера не только для города Курска, но и на территории России. Вопрос управления вредным воздействием автотранспорта на окружающую среду также обсуждался на заседании Государственного совета с участием Президента России 27.12.2016 г. по вопросу о научно-технологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений с приоритетом экологической направленности. Президент Российской Федерации В.В. Путин в своем выступлении отметил, что «…Ситуация с вредными выбросами остаётся крайне неблагополучной. Половина городского населения живёт в условиях высокого уровня загрязнения воздуха. Вклад автотранспорта: и личного, и

общественного – составляет от 50 до 90 процентов. Значительная часть поверхностных вод оценивается сегодня как «грязные» и «экстремально грязные». Семь процентов жителей не обеспечены качественной питьевой водой. Практически во всех регионах сохраняется тенденция к ухудшению состояния почв и земель. Если мы и дальше будем обходиться полумерами и ссылаться на более важные задачи, то к 2050 году выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов достигнут критического предела, а это значит – мы с вами прекрасно понимаем, что это значит, – это значит, что будущим поколениям мы оставим среду, непригодную для жизни. Поэтому необходимо как минимум в два раза сократить загрязнения и выбросы» [3].

Взяв, с одной стороны, глобальную цель Президента РФ, а с другой – цель по уменьшению загрязнения городской среды автотранспортом, можно предложить практику некоторых крупных городов мира по сокращению транспортного потока (личного транспорта) в два раза путем разрешения на его использование по четным и нечетным числам, в зависимости от последней цифры в номере автомобиля. Данная мера применима только к личному транспорту и никак не относится к общественному транспорту и машинам специального назначения (полиция, скорая помощь, МЧС, аварийные службы и др.)

Данный подход требует минимум инвестиций из городского бюджета, и является очень эффективным, так как позволяет привести картину в городе к соответствию с химическими загрязнениями, кроме нескольких проблемных зон: ул. Клыкова, ул. Запольная. С точки зрения шумового загрязнения проблема решается практически на всей территории города, за исключением двух проблемных ареалов в центре города. Для указанных участков решение будет предложено в дальнейшем.

Список литературы:

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2015 году. – Курск, 2016.

2. Курская область в цифрах. 2016 // Краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Курской области. – Курск, 2016.–96 с.

3. URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/53602.

4. О применении метода расчета уровня звукового давления, создаваемого автотранспортом на промышленных предприятиях / В. М. Попов, К. Г. Нестеров, Н. А. Барков, С. Е. Ураев // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 1 (18). – С. 55–60.

5. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2014 году. – Курск, 2015.

6. Попов В. М., Рыкунова И. О., Чепиков Н. А. Использование геоинформационных технологий в системе управления охраны окружающей среды // Известия Курского государственного технического университета. – 2009. – №1. – С. 86–90.

7. Атакищев О. И., Атакищева И. В., Атакищев А. О. Метаграмматические модели при поиске сложноструктурированных данных в больших массивах разнородной информации // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – №3 (20). – С. 7–13.

8. Об охране атмосферного воздуха: федер. закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ (ред. от 29.12.2014). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

9. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М., 2003.

Получено 25.01.17

V. M. Popov, Candidate of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: otios@mail.ru)

K. G. Nesterov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: the_konst@mail.ru)

S. E. Uraev, Design Engineer, «Eco-Centre» Ltd. (e-mail: the_konst@mail.ru)

A. N. Barkov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: otios@mail.ru)

INFORMATION AND ANALYTICAL DEPARTMENT OF INDIVIDUAL FACTORS CHEMICAL AND PHYSICAL EFFECTS VEHICLES WITHIN THE URBAN ENVIRONMENT

This article is aimed at building a model for the management of the individual factors of physical and chemical pollution generated by road, in order to create a favorable atmosphere for the life and health of the population of the city of Kursk.

Forces environmental security department of the city of Kursk conducted monitoring activities and monitoring of pollutants such as sulfur dioxide, nitrogen dioxide, ammonia, phenol, suspended particles, carbon monoxide, hydrocarbons, formaldehyde, heavy metals. It is also noted that 8.5% of samples collected on motorways in the area of residential development, have exceeded the maximum allowable concentrations. While in the zone of industrial facilities only 0.8%. This trend is maintained with small deviations over the past few years. These observations are also being pushed to the need for information and analytical approach to the management of the current environmental situation to eliminate or reduce contaminants in the ambient atmosphere.

As part of the work presented the model of management by individual factors of the chemical and physical restraint; model formed by mathematical calculation of the transport stream of the environmental impact of the chemicals emitted by motor vehicles, and physical factors. Calculations derived through a mathematical model confirmed by observations of ecological safety of the Department of the Kursk region, as problematic substances obtained by observations and calculations, respectively, are the same: nitrogen dioxide, carbon monoxide.We found the problem areas and some parts of the streets, as well as an approach to address air pollution problems. The approach is mathematically calculated, a map of pollution dispersion after the application of the developed approach, results are presented with a map and comments.

***Key words**: chemical control factors and physical impact, the city health Kursk, transport streams.*

References

1. Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy na territorii Kurskoj oblasti v 2015 godu. – Kursk, 2016.
2. Kurskaya oblast' v cifrah. 2016 // Kratkij statisticheskij sbornik / Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Kurskoj oblasti. – Kursk, 2016.–96 s.
3. URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/53602.
4. O primenenii metoda rascheta urovnya zvukovogo davleniya, sozdavaemogo avtotransportom na promyshlennyh predpriyatiyah / V. M. Popov, K. G. Nesterov, N. A. Barkov, S. E. Uraev // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – № 1 (18). – S. 55–60.
5. Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy na territorii Kurskoj oblasti v 2014 godu. – Kursk, 2015.
6. Popov V. M., Rykunova I. O., Chepikov N. A. Ispol'zovanie geoiformacionnyh tekhnologij v sisteme upravleniya ohrany okruzhayushchej sredy // Izvestiya Kurskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2009. – №1. – S. 86–90.
7. Atakishchev O. I., Atakishcheva I. V., Atakishchev A. O. Metagrammaticheskie modeli pri poiske slozhnostrukturirovannyh dannyh v bol'shih massivah raznorodnoj informacii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – №3 (20). – S. 7–13.
8. Ob ohrane atmosfernogo vozduha: feder. zakon ot 04.05.1999 N 96-FZ (red. ot 29.12.2014). – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
9. SNiP 23-03-2003. Zashchita ot shuma. – M., 2003.

УДК 004.052

П. Д. Гарец, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(e-mail: aspirpd@gmail.com)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТООПТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ СВЧ- И КВЧ-ДИАПАЗОНОВ

Применение акустооптических устройств для анализа сложных излучений СВЧ- и КВЧ-диапазонов обусловлено их высоким быстродействием и широкой полосой входных частот. Акустооптические устройства (преобразователи) относятся к устройствам аналитического типа и, соответственно, обладают более низкими по сравнению с цифровыми устройствами точностными характеристиками. В связи с этим применение акустооптического преобразователя имеет ряд ограничений, в частности, в системах экологического мониторинга электромагнитных излучений СВЧ- и КВЧ-диапазонов.

В статье представлена структурно-функциональная схема измерительного акустооптического преобразователя сложных сигналов, выполняющего функции спектрального анализа, и разработана его численная модель, предназначенная для анализа его точностных характеристик. Модель реализована с помощью программного продукта MATLAB. Описано функционирование системы, в частности алгоритм формирования пространственного спектра принимаемого сигнала радиочастотного диапазона. Рассмотренная в работе система обеспечивает автоматическую подстройку и работу в широком диапазоне частот. В ходе реализации численной модели обработки сложного сигнала был выполнен переход к интегрированию по времени с учетом масштабирующего коэффициента.

Разработанная модель имитирует работу фотодетектора и представляет выражение для фототока со временем интегрирования, равным времени заполнения акустооптической среды акустическими импульсами в виде осциллограмм. Разработанная численная модель АОП позволяет исследовать точностные характеристики с учетом погрешностей работы его функциональных элементов и может быть предназначена для создания информационных систем экологического мониторинга электромагнитных изучений СВЧ- и КВЧ-диапазонов.

Ключевые слова: *экологический мониторинг, акустооптическая система, акустооптический преобразователь, структурно-функциональная организация, численная модель.*

***

В настоящее время применение акустооптических устройств для анализа сложных излучений СВЧ- и КВЧ-диапазонов обусловлено их высоким быстродействием и широкой полосой входных частот. Акустооптические устройства (преобразователи) (АОП) относятся к устройствам аналогового типа и, соответственно, обладают более низкими точностными характеристиками по сравнению с устройствами цифрового типа. В связи с этим применение АОП имеет ряд ограничений, в частности в системах экологического мониторинга электромагнитных излучений (ЭМИ) СВЧ- и КВЧ-диапазонов [1].

Целью настоящей статьи является разработка численной модели измерительного АОП, предназначенного для создания информационных систем экологического контроля ЭМИ СВЧ- и КВЧ-диапазонов.

В качестве базовых аналоговых выражений, описывающих функционирование АОП, используются соотношения [2].

На рисунке 1 представлена структурно-функциональная схема измерительного АОП сложных сигналов, выполняющего функции спектрального анализа.

С выхода антенны на входы смесителей поступает сигнал, при котором фаза несущего колебания меняется скачкообразно в зависимости от информационного сообщения [3]. Его вид описывается выражением

$$U_C(t) = U_c \mathrm{Cos}(2\pi f_c t + \varphi_K(t) + \varphi_c),$$

где U_c – амплитуда сигнала;

f_c – несущая частота;

$\varphi_K(t)$ – манипулируемая составляющая фазы сигнала;

t – длительность;

φ_c – начальная фаза.

Далее на вторые входы смесителей поступает сигналы с гетеродинов соответственно:

$$U_{G1}(t) = U_{G1}\mathrm{Cos}(2\pi f_{G1}t + \varphi_{G1})$$

$$\text{и } U_{G2}(t) = U_{G2}\mathrm{Cos}(2\pi f_{G2}t + \varphi_{G2}).$$

Частоты гетеродинов задаются следующим образом:

$$f_{G2} - f_{G1} = 2f_{SG},$$

что приводит к удвоению числа зеркальных каналов.

С выходов смесителей принимаемый сигнал преобразуется в напряжения следующих частот:

$$f_{C1} = f_c - f_{G1}$$

$$\text{и } f_{C2} = f_{G2} - f_c.$$

Частота настройки $f_{\Delta 1}$ и полоса пропускания усилителя Δf_1 промежуточной частоты выбраны следующим образом:

$$f_{\Delta 1} = f_{SG}$$

$$\text{и } \Delta f_1 = \frac{1}{2} f_{SG}.$$

Для усилителя преобразователя частоты

$$f_{\Delta 2} = 3f_{SG}$$

$$\text{и } \Delta f_2 = \frac{1}{2} f_{SG}.$$

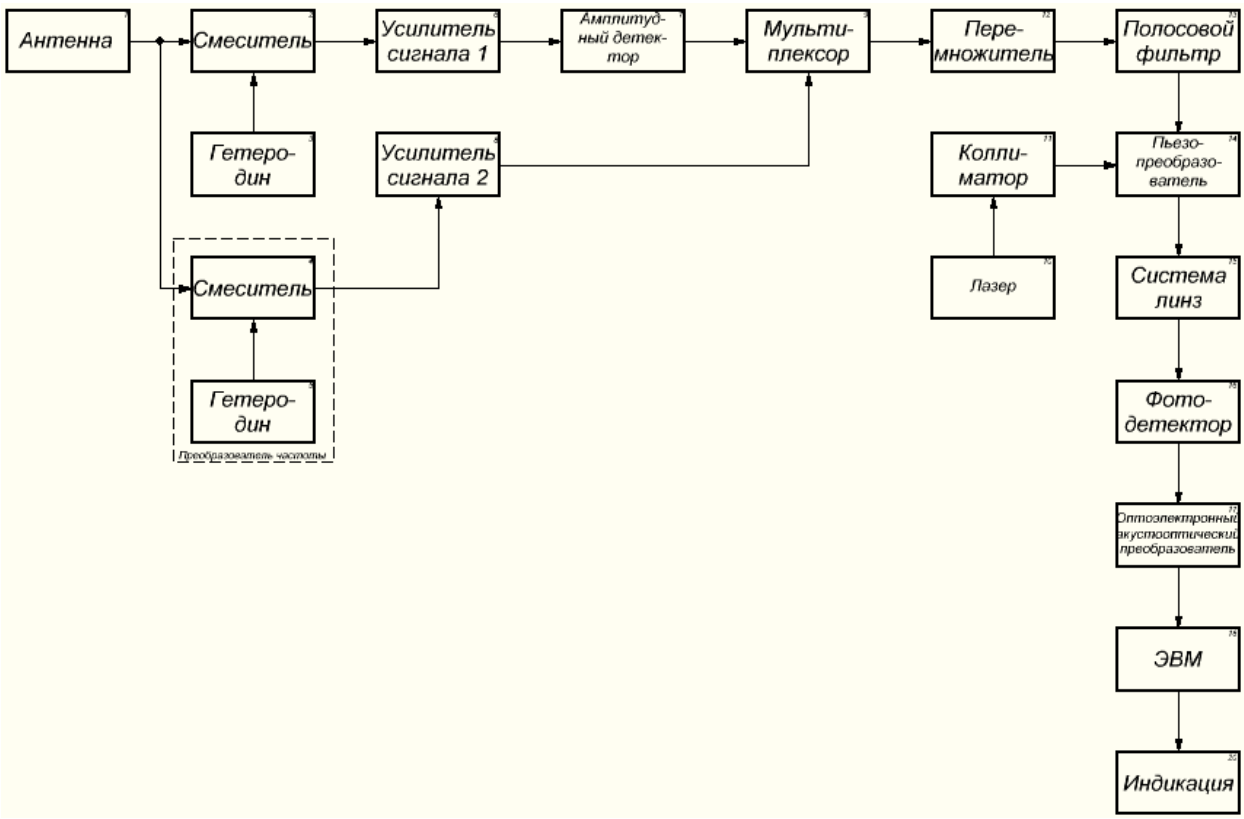


Рис. 1. Структурно-функциональная схема измерительного АОП

Напряжение сигнала с выхода усилителя для преобразователя частоты

$$U_{S1}(t) =$$

$$= U_{s1}\mathrm{Cos}(2\pi f_{SG}t + \varphi_K(t) + \varphi_{SG1}), (1)$$

где $U_{s1} = \frac{1}{2} K_1 U_S U_{G1}$ – напряжение с выхода смесителя преобразователя частоты;

K_1 – коэффициент передачи смесителей.

Напряжение сигнала с выхода усилителя для амплитудного детектора имеет следующий вид:

$$U_{S2}(t) =$$

$$= U_{s2}\mathrm{Cos}(2\pi f_{SG}t - \varphi_K(t) - \varphi_{SG2}), (2)$$

где $U_{s2} = \frac{1}{2} K_1 U_S U_{G2}$ – напряжение с выхода смесителя для усилителя сигнала амплитудного детектора.

Сигнал поступает на вход амплитудного детектора, в котором в свою очередь выделяется огибающая сигнала, поступающая на вход мультиплексора [4]. $U_{S1}(t)$ через полосовой фильтр поступает на вход пьезоэлектрического преобразователя и далее через систему линз на фотодетектор.

С выхода перемножителя $U_{S1}(t)$ будет иметь следующий вид:

$$U_P(t) = U_p \mathrm{Cos}(4\pi f_{SG} t + 2\varphi_{SG2}), \quad (3)$$

где $2\varphi_K(t) = \frac{1}{5}\pi$;

$U_p = \frac{1}{2} K_2 U_{S1}^2$;

K_2 – коэффициент передачи перемножителя.

Так как $2\varphi_K(t) = \frac{1}{5}\pi$, то фазовая манипуляция уже отсутствует в напряжении сигнала $U_P(t)$ [5]. Пучок света, сгенерированный лазером, проходит через все ячейки Брэгга и дифрагирует на акустических колебаниях от пьезопреобразователя, возбуждаемых последовательностью акустических импульсов в среде акустооптического взаимодействия (АОВ) [6].

Сигнал на выходе полосового фильтра получается гармоническим и далее через систему линз, где формируется пространственный спектр принимаемого сигнала, поступает на матрицу фотодетекторов. Каждому элементу частотного диапазона анализируемого сигнала соответствует свой фотодетектор. Каждая ячейка Брэгга состоит из звукопровода и пьезоэлектрической пластины, которая генерирует ультразвук [7]. Это обеспечивает автоматическую подстройку и работу ячейки в широком диапазоне частот.

Учитывая, что амплитуда сигнала с выхода будет равна половине произведения амплитуды падающего пучка $U_p(t)$ и амплитуды акустического сигнала $U_{AO}(t)$, заполняющего область акустооптического взаимодействия длиной λ, получим следующее выражение:

$$U_{out}(t) = \frac{1}{2} U_p(t) * U_{AO}(t). \quad (4)$$

Выходной сигнал с фотодетектора при условии достаточного запаса его быстродействия будет описываться следующим выражением [8]:

$$I_d(t) = \frac{1}{4} U_p^2(x,t) \int_0^{\lambda} U_{AO}^2(x,t) dx. \quad (5)$$

Так как координата x и время t для акустического сигнала U_{AO} связаны между собой скоростью распространения акустической волны V, сигнал, заполняющий акустооптическую ячейку, является функцией переменной $(x - Vt)$. При этом для реализации численной модели устройства дальнейшей обработки сигнала удобно заменить статическую функцию окна, соответствующую пределам интегрирования от 0 до W в выражении (5), динамической, «перемещающейся» в отрицательном направлении оси x со скоростью V и соответствующей пределам интегрирования от x-W до x .

В этом случае возможен переход к интегрированию по времени с учетом масштабирующего коэффициента, и поскольку в устройстве распространяется один акустический сигнал, который не изменяет во время работы свое направление, то выражение (5) примет следующий вид:

$$I_d(t) = \frac{1}{4V} U_p^2(t) \int_{t-\frac{W}{V}}^{t} U_{AO}^2(\tau) d\tau. \quad (6)$$

Выражение для фототока $I_{dd}(t)$ фотодетектора со временем интегрирования, равным времени заполнения акустооптической среды акустическими импульсами, выглядит следующим образом в случае, если $t<W/V$:

$$I_{dd}(t) = \\ = \frac{1}{4V} \int_{t-\frac{W}{V}}^{t} \left(U_p^2(t) \int_0^t U_{AO}^2(\tau) d\tau \right) dt. \quad (7)$$

В случае, если $t > W/V$, то

$$I_{dd}(t) = \\ = \frac{1}{4V} \int_{t-\frac{W}{V}}^{t} \left(U_p^2(t) \int_{t-\frac{W}{V}}^{t} U_{AO}^2(\tau) d\tau \right) dt. \quad (8)$$

Построение численной модели выполнено в программном продукте MATLAB с использованием блоков модуля SIMULINK, при этом была спроектирована функциональная модель акустооптического преобразователя, которая изображена на рисунке 2 [9].

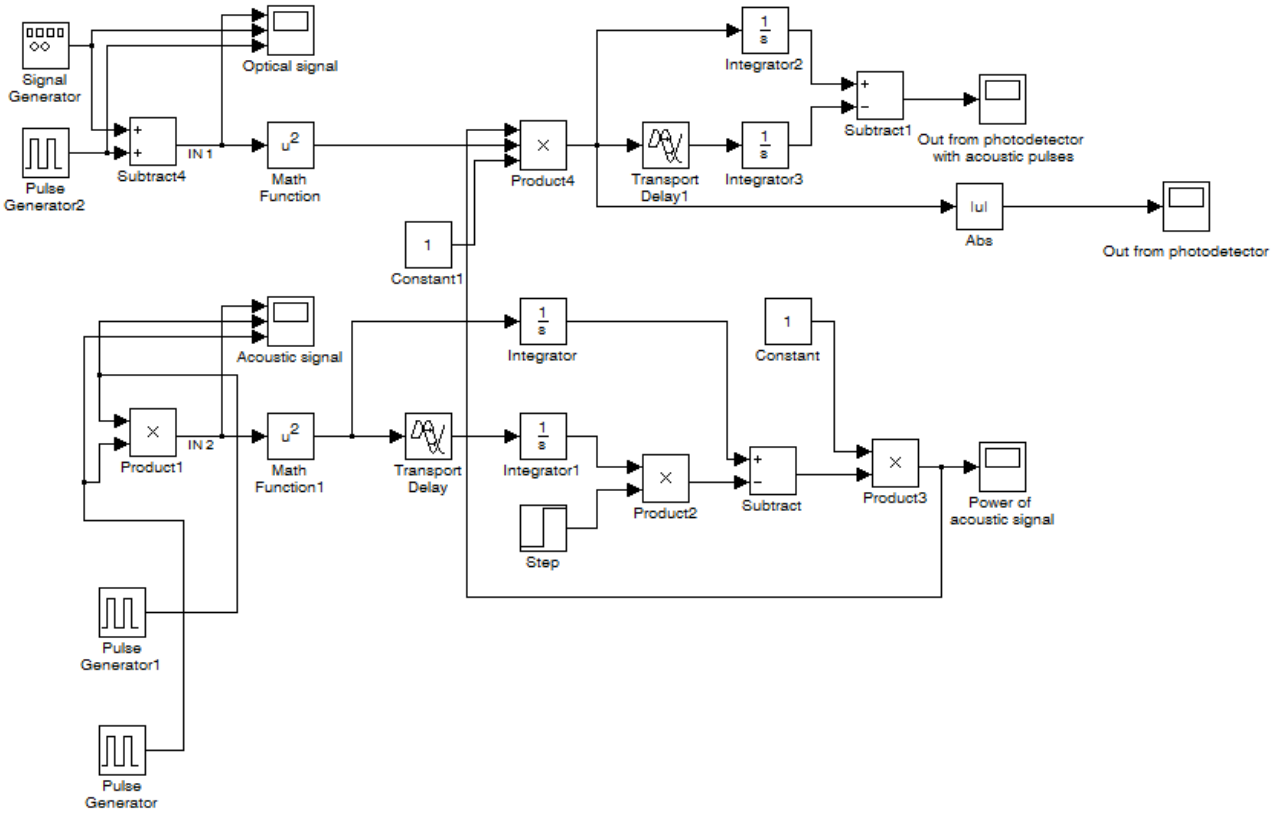


Рис. 2. Численная модель АОП

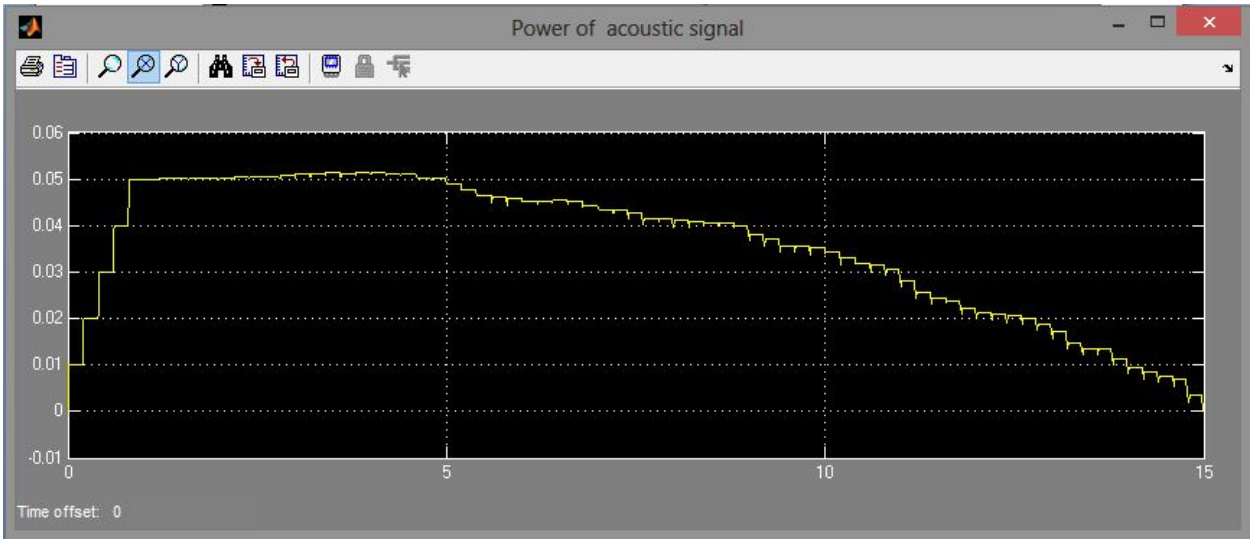


Рис. 3. Сигнал, пропорциональный мощности акустических импульсов

В качестве примера численного моделирования обработки сигнала преобразователя рассмотрена обработка сигнала частотой 3 ГГц с длиной области акустооптического взаимодействия *W*=0,01 м и скоростью звука *V*=3000 м/с.

Блок Scope «Power of the acoustic signal» служит для отображения величины мощности акустооптического сигнала $P_A(t) = \frac{1}{V}\int_{t-\frac{W}{V}}^{t} U_{AO}^2(\tau)d\tau$, заполняющего акустооптическую ячейку (рис. 3) [10].

Осциллограмма сигнала на выходе с быстродействующего фотодетектора (блок Scope «Out from photodetector») изображена на рисунке 4.

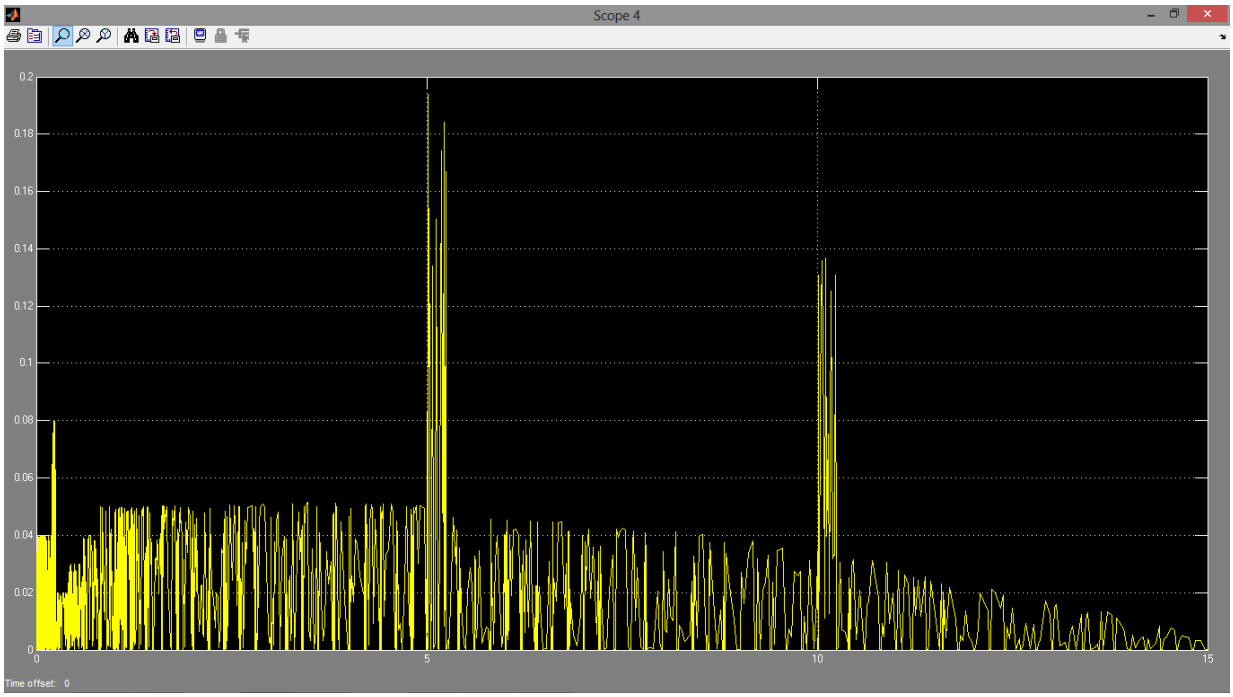


Рис. 4. Сигнал с выхода фотодетектора

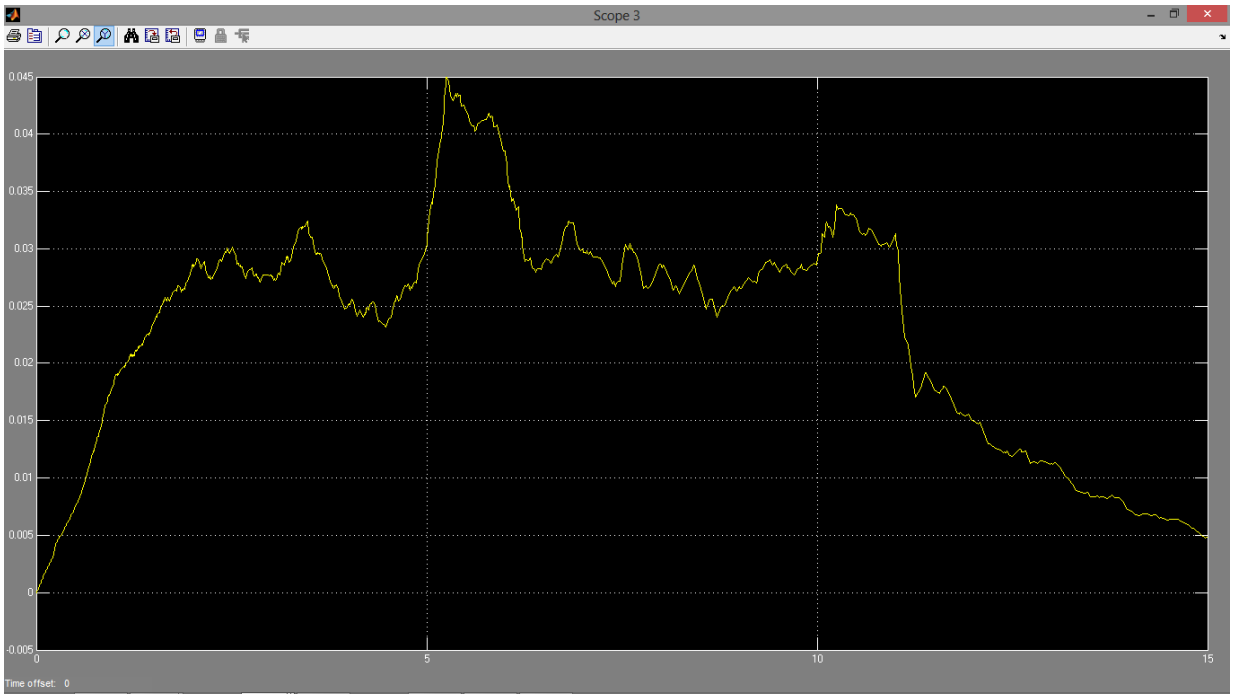


Рис. 5. Сигнал с фотодетектора со временем интегрирования, равным времени заполнения акустооптической среды акустическими импульсами

Осциллограмма сигнала с фотодетектора со временем интегрирования, равным времени заполнения акустооптической среды акустическими импульсами, соответствующая выражениям (7) и (8), изображена на рисунке 5 (Блок Scope 3 (Out from photodetector with acoustic pulses)).

Разработанная численная модель АОП позволяет исследовать точностные характеристики с учетом погрешностей работы его функциональных элементов.

Список литературы

1. Гарец П. Д. Актуальность повышения эффективности территориального экологического мониторинга электромагнитных излучений // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – Курск, 2015. – С. 95–97.

2. Оптическая обработка радиосигналов в реальном времени / О. Б. Гусев, С. В. Кулаков, Б. П. Разживин, Д. В. Тигин. – М.: Радио и связь, 1989. – 136 с.

3. Пат. 4884126/21 Рос. Федерация. Акустооптический анализатор спектра / Дикарев В. И. – № 2014622; опубл. 19.11.1990.

4. Ключиков И. А., Гарец П. Д. Применение амплитудной модуляции для повышения качества функционирования биомедицинских спектрометров // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 76–79.

5. Ключиков И. А., Кулешова Е. А., Гарец П. Д. Повышение точности измерения средней частоты спектра сигнала в акустооптических спектроанализаторах с пространственно-неинвариантной аппаратной функцией // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2016. – № 6. – С. 4–8.

6. Рудякова А. Н., Липинский А. Ю., Данилов В. В. Моделирование акустооптических устройств дискретной обработки сигналов методом конечных элементов // Радиофизика и электроника. – 2007. – № 1. – С. 149–153.

7. Наумов К. П., Ушаков В. Н. Акустооптические сигнальные процессоры. – М.: Сайнс-Пресс, 2002. – 140 с.

8. Волик Д. П., Шибаев А. В., Помазанов А. В. Принципы построения и реализация акустооптических измерителей параметров радиосигналов // Радиоэлектронные приборы и устройства. – 2001. – С. 176–181.

9. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов // Моделирование в Simulink. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – С. 523.

10. Шульгин В. И. Основы работы с Simulink Matlab // Моделирование на ЭВМ с использованием программного продукта Matlab. – М., 2010. – С. 60.

Получено 25.01.17

P. D.Garets, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: aspirpd@gmail.com)

NUMERICAL SIMULATION OF ACOUSTO-OPTIC TRANSMITTER FOR INFORMATION AND MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION MONITORING SYSTEMS ANTHROPOGENIC SHF AND EHF BANDS

The use of acousto-optic devices for the analysis of complex radiation SHF and EHF bands due to their high speed and wide band of input frequencies. Acousto-optical devices (transmitters) are type analytical devices and, accordingly, have lower compared with digital devices accuracy characteristics. In this regard, the use of an acousto-optical converter has some limitations, particularly in the environmental monitoring of electromagnetic radiation of

microwave and EHF. The article presents a structural and functional scheme of an acousto-optical measuring transducer of complex signals, performing the functions of spectral analysis and developed its numerical model designed to analyze its accuracy characteristics. The model is implemented using MATLAB software product. Described operation of the system, in particular, the algorithm of forming the spatial spectrum of the received radio frequency signal. Considered the system automatically adjusts and work in a wide range of frequencies. During the implementation of complex signal processing numerical model has been transitioned to an integration over time, taking into account the scaling factor. The developed model simulates the operation of the photodetector, and is an expression for the photocurrent with integration time equal to the time of filling the acousto-optic medium acoustic pulses in a waveform. The developed numerical model of AOP allows you to explore the accuracy characteristics, taking into account the errors of the work of its functional elements and can be designed to create information systems for environmental monitoring studies of electromagnetic SHF and EHF bands.

***Key words**: environmental monitoring, acousto-optical system, acousto-optical converter, structural and functional organization, numerical model.*

References

1. Garec P. D. Aktual'nost' povysheniya ehffektivnosti territorial'nogo ehkologicheskogo monitoringa ehlektromagnitnyh izluchenij // Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya: problemy i rezul'taty. – Kursk, 2015. – S. 95–97.

2. Opticheskaya obrabotka radiosignalov v real'nom vremeni / O. B. Gusev, S. V. Kulakov, B. P. Razzhivin, D. V. Tigin. – M.: Radio i svyaz', 1989. – 136 s.

3. Pat. 4884126/21 Ros. Federaciya. Akustoopticheskij analizator spektra / Dikarev V. I. – № 2014622; opubl. 19.11.1990.

4. Klyuchikov I. A., Garec P. D. Primenenie amplitudnoj modulyacii dlya povysheniya kachestva funkcionirovaniya biomedicinskih spektrometrov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 3. – S. 76–79.

5. Klyuchikov I. A., Kuleshova E. A., Garec P. D. Povyshenie tochnosti izmereniya srednej chastoty spektra signala v akustoopticheskih spektroanalizatorah s prostranstvenno-neinvariantnoj apparatnoj funkciej // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. – 2016. – № 6. – S. 4–8.

6. Rudyakova A. N., Lipinskij A. Yu., Danilov V. V. Modelirovanie akustoopticheskih ustrojstv diskretnoj obrabotki signalov metodom konechnyh ehlementov // Radiofizika i ehlektronika. – 2007. – № 1. – S. 149–153.

7. Naumov K. P., Ushakov V. N. Akustoopticheskie signal'nye processory. – M.: Sajns-Press, 2002. – 140 s.

8. Volik D. P., Shibaev A. V., Pomazanov A. V. Principy postroeniya i realizaciya akustoopticheskih izmeritelej parametrov radiosignalov // Radioehlektronnye pribory i ustrojstva. – 2001. – S. 176–181.

9. Solonina A. I. Cifrovaya obrabotka signalov // Modelirovanie v Simulink. – SPb.: BHV-Peterburg, 2012. – S. 523.

10. SHul'gin V. I. Osnovy raboty s Simulink Matlab // Modelirovanie na EHVM s ispol'zovaniem programmnogo produkta Matlab. – M., 2010. – S. 60.

УДК 519.248

А. В. Хмелевская, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aquarel85@mail.ru)

Д. С. Коптев, магистрант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: d.s.koptev@mail.ru)

А. Н. Шевцов, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aleksey_shevtsov95@mail.ru)

Д. К. Никандрова, магистрант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: diana-strizko@mail.ru)

А. Н. Щитов, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: a.n.schitov@mail.ru)

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВХОДНОГО ПОТОКА ЗАЯВОК ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Во многих областях экономики, финансов, производства и быта важную роль играют системы массового обслуживания (СМО), то есть такие системы, в которых, с одной стороны, возникают массовые запросы (требования) на выполнение каких-либо услуг, а с другой стороны, происходит удовлетворение этих запросов.

В качестве примеров СМО в финансово-экономической сфере можно привести системы, представляющие собой: банки различных типов, страховые организации, налоговые инспекции, аудиторские службы, различные системы связи (в том числе телефонные станции), погрузочно-разгрузочные комплексы (товарные станции), автозаправочные станции, различные предприятия и организации сферы обслуживания (магазины, предприятия общественного питания, справочные бюро, парикмахерские, билетные кассы, пункты по обмену валюты, ремонтные мастерские, поликлиники и т. д.). Компьютерные сети, системы сбора, хранения и обработки информации, транспортные системы, автоматизированные производственные участки, поточные линии также могут рассматриваться как своеобразные СМО. Система массового обслуживания включает следующие элементы: источник требований, входящий поток требований, очередь, обслуживающее устройство (канал обслуживания), выходящий поток требований (обслуженных заявок). Каждая СМО предназначена для обслуживания (выполнения) некоторого потока заявок (требований), поступающих на вход системы в основном не регулярно, а в случайные моменты времени. Каждая заявка, поступающая в систему массового обслуживания, находится там определённое количество времени, которое зависит от многих случайных причин. После обслуживания заявки канал освобождается – готов к приему следующей заявки.

Ключевые слова: *Система массового обслуживания (СМО), программный продукт, сети нового поколения, коэффициент простоя каналов, коэффициент занятости, относительная пропускная способность.*

***

Случайный характер потока заявок и времени их обслуживания приводит к неравномерной загруженности СМО: в некоторые промежутки времени на входе СМО могут скапливаться необслуженные заявки, что приводит к перегрузке СМО, в некоторые же другие интервалы времени при свободных каналах на входе СМО заявок не будет, что приводит к недогрузке СМО, т. е. к простаиванию ее каналов. Заявки, скапливающиеся на входе СМО, либо становятся в очередь, либо по какой-то причине невозможности дальнейшего пребывания в очереди покидают СМО необслуженными.

Из-за неравномерного потока заявок, поступающих в систему массового обслуживания, существует проблема малой эффективности работы систем, следствием чего является появление больших очередей, простоев операторов, в результате чего возникает большая вероятность отказов.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что такая работа СМО приводит к потере клиентами своего времени, а организациями – денежных средств.

На основании вышеизложенного актуальным является разработка программ-

ного модуля, позволяющего проводить многокритериальный анализ процессов, происходящих в системах массового обслуживания с неравномерным поступлением заявок, для выявления часов наибольшей нагрузки.

Разрабатываемый программный модуль может найти применение не только в существующих и требуемых доработки системах массового обслуживания, но и при развёртывании подобных систем с нуля.

Основными потребителями продукта могут выступать:

– call-центры (анализируется закон распределения поступающих заявок на основе принципа цикличности: день, неделя, месяц, квартал, год);

– организации, занимающиеся проектированием сетей связи (сетей нового поколения NGN, виртуальных частных сетей VPN) (обеспечивается расчёт потенциальной аудитории пользователей, на основе которого выявляется необходимость установки того или иного оборудования для нормального функционирования системы связи);

– службы заказа такси (анализируются поступающие заявки, с целью определения количества машин в таксопарке в дневное и ночное время, в будни и в праздники);

– станции технического обслуживания автомобилей (уменьшение очереди и простоя рабочего персонала в результате выявления необходимого количества каналов обслуживания);

– телефонные станции (обеспечивается расчёт потенциальной аудитории пользователей, на основе которого выявляется необходимость установки того или иного оборудования для нормального функционирования системы связи);

– городская мобильная связь (анализируются характеристики, показывающие качество работы сети);

– ситуация введения на рынок нового оператора (анализируется структура сети в зависимости от количества потенциальных абонентов, звонков, поступающих в момент наибольшей нагрузки, в праздничные и будние дни);

– магазины продуктов со скоропортящимся товаром (производится анализ необходимого числа закупаемого товара для его максимальной реализации без списания).

В настоящий момент программных продуктов, позволяющих в полной мере решить поставленную задачу, не существует, аналоги разрабатываемой программы лишь в некоторой степени позволяют решать список задач, которые должен выполнять представляемый программный продукт. Остановимся на них подробнее.

Первым из рассмотренных аналогов является программный комплекс расчета характеристик многоканальных систем массового обслуживания с «разогревом» и подход к его тестированию. Отметим, что ранее на этапе получения результатов расчета моделей многоканальных немарковских СМО предоставляемые программисту возможности были ограничены как возможностями вычислительной техники, так и возможностями языков программирования. Основными языками программирования ранее были Алгол и Фортран, поэтому расчетные программы делались на них и оптимизировались под особенности конкретных рассчитываемых моделей.

Для расчета моделей СМО с «разогревом» потребовалось разработать отдельный программный комплекс, позволяющий рассчитывать только упрощенные марковские системы с пуассоновским входящим потоком и экспоненциальным распределением длительности обслуживания либо в силу ограничений времени написания оптимизированы под конкретные варианты немарковских систем.

Для преодоления указанных недостатков при разработке одним из требований являлась максимальная применимость для расчета самого широкого класса моделей. С этой целью расчеты в про-

грамме проводятся в матричном виде, непосредственно по вычислительной итерационной схеме над абстрагированной СМО, а каждая конкретная модель СМО для расчета задается в отдельном классе, описывающем матрицы переходов над графом микросостояний данной модели и параметры, влияющие на расчет ее характеристик. За счет универсальности абстракции используемой объектной модели удалось обеспечить возможность расчета произвольных СМО, для которых применима используемая итерационная расчетная схема.

Программный комплекс обеспечивает расчет следующих характеристик:

– стационарного распределения вероятностей микросостояний СМО в произвольный момент времени; на момент прихода очередной заявки в систему; на момент обслуживания очередной заявки;

– стационарного распределения числа заявок в СМО.

Входные данные для программы – это свойства рассматриваемой модели. Обозначим через S_j множество всех микросостояний системы, когда на обслуживании находится ровно j заявок, а через σ_j – количество элементов в S_j.

Определим матрицы переходов внутри системы из S_j:$A_j[\sigma_j \times \sigma_{j+1}]$ – в S_j (прибытие заявки), $B_j[\sigma_j \times \sigma_{j-1}]$ – в S_{j-1} (полное завершение обслуживания заявки), $C_j[\sigma_j \times \sigma_j]$ – в S_j (конец промежуточной фазы обслуживания), $D_j[\sigma_j \times \sigma_j]$ – уход из состояний яруса j (диагональная матрица).

Введём векторы-строки $\gamma_j = \left\{\gamma_{j,1}, \gamma_{j,1}, ..., \gamma_{j,\sigma_j}\right\}$ нахождения СМО в стоянии (j, i), j = 0,1,… Основная задача комплекса состоит в решении системы векторно-матричных уравнений баланса переходов между состояниями:

$$\gamma_j D_0 = \gamma_0 C_0 + \gamma_1 B_1,$$

$$\gamma_j D_j = \gamma_{j-1} A_{j-1} + \gamma_j C_j + \gamma_{j+1} B_{j+1}, \quad j = 1, 2, ...$$

Решение ищется с учетом заданных граничных условий.

СМО может задаваться либо аналитически указанием матриц переходов между ними, либо диаграммой (графом) микросостояний системы, тогда матрицы можно построить по диаграмме переходов между микросостояниями. Помимо матриц переходов, задающих схему микросостояний системы, для работы программы необходимо задать n – число каналов системы, а также эмпирически полученные параметры распределений длительности интервалов входящего потока заявок, длительности «разогрева» и обслуживания.

Программы содержат следующие основные функции:

TakahashiTakami – функция расчета вероятностей числа заявок в СМО, работающая с входными параметрами модели.

CalculateProb – функция расчета вероятностей микросостояний СМО в произвольный момент времени, на момент прихода очередной заявки в систему, на момент обслуживания очередной заявки. Функция оперирует матрицами переходов модели и результатами расчетов функции TakahashiTakami.

CalculateMean – функция расчета среднего времени пребывания заявки в СМО и среднего времени ожидания заявки в СМО. Функция оперирует параметрами модели и результатами расчетов функции TakahashiTakami.

Вычисления средних значений базируются на рассчитанных вероятностях заявок в системе и основываются на законе Литтла сохранения очереди в СМО.

Второй аналог разрабатываемого комплекса можно охарактеризовать исходя из следующего. Структурные решения многопроцессорных систем (МПС) зависят от способов организации общей памяти (ОП) и обмена по общей шине (ОШ). Во-первых, это системы с сосредоточенной (UMA) и распределённой (NUMA) памятью. В первом типе вся память размещается вне процессорных узлов (ПУ), т. е. является удаленной. В ПУ включается только кэш одного или не-

скольких уровней. Время доступа каждого процессора (ЦП) к любой ячейке ОП является одинаковым. Во втором типе структуры ПУ содержит не только кэш, но и подключенную к локальной шине часть основной памяти. Адресное пространство системы является единым и делится между ПУ. Общий объем адресуемой памяти определяется возможностями адресации одного ЦП.

Обмен по ОШ может производиться либо с расщеплением (с буферизацией), либо без расщепления транзакций (без буферизации данных). Режим расщепления транзакций уменьшает простой ОШ, неизбежный при выполнении определенных операций или команд. Например, транзакция чтения слова или строки кэш из удаленной памяти может быть расщеплена на две: передачу ЦП адреса в контроллер памяти и возвращения данных из памяти в ЦП. Между транзакциями образуется временной интервал, связанный с физическим процессом чтения данных из модуля памяти, в течение которого ОШ не задействована. Если посланный ЦП адрес ячейки памяти будет зафиксирован в буфере контроллера памяти, то ОШ может быть освобождена и использована другим ЦП для передачи своей транзакции. По окончании физического процесса чтения слова данных из памяти происходит деактивация строки запоминающей матрицы, а контроллер памяти одновременно с этим должен произвести необходимую процедуру по арбитражу ОШ и возвратить данные запрашивающему ЦП.

Еще одним классификационным признаком является способ назначения задач по ЦП: статический или динамический.

При статическом распределении задача направляется в выделенный для неё ЦП. Это назначение не меняется в течение всего времени решения задачи.

При динамическом распределении задачи направляются в любой свободный ЦП.

При исследовании ВС с различной архитектурой часто интересны её количественные характеристики. Наиболее актуальными характеристиками являются суммарная производительность МПС, латентность системы, средняя длина очередей к устройствам ВС и др. при заданных значениях структурных параметров и параметров задачи.

К структурным параметрам относят:

– быстродействие ЦП V_{cp};

– пропускную способность кэш–памяти V_K;

– пропускную способность основной памяти V_M;

– пропускную способность ОШ V_B;

– вероятность кэш-промахов p_m;

– вероятность появления события, связанного с необходимостью поддержанием кэш-когерентности p_k и др.

К параметрам задачи относят:

– трудоемкость задачи T – число процессорных операций в последовательном алгоритме;

– трудоемкость одной ветви Q_i;

– трудоемкость одного этапа обработки алгоритма Q_{0i},

– число выполняемых ПУ операций между двумя последовательными обращениями к внешней памяти;

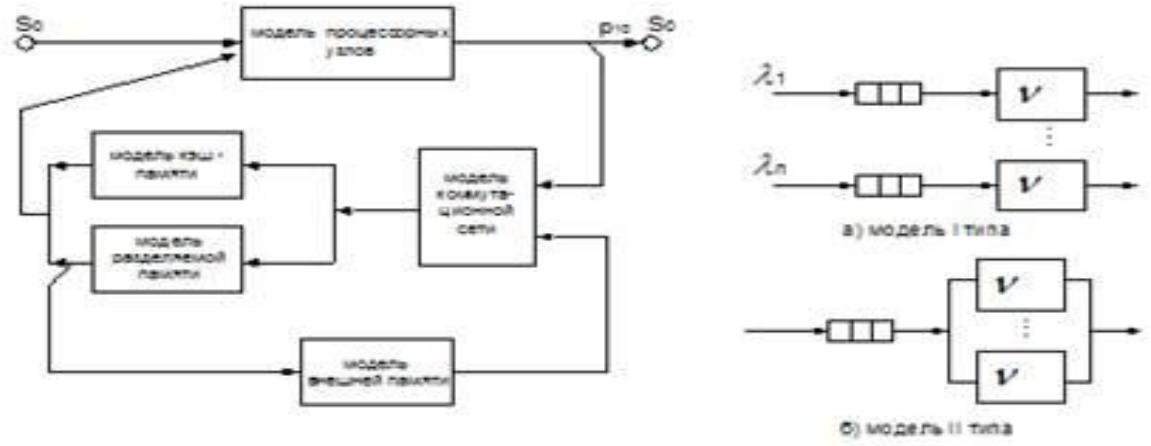
– интенсивность поступления заданий на решение задач (ветвей) l_0;

– число параллельных ветвей n.

Обобщенная модель для получения вероятностно-временных характеристик МПС, основанная на разомкнутых сетях массового обслуживания (РСеМО), представлена на рисунке 1.

В такой модели каждое устройство может представляться либо многоканальной СМО (см. рис. 1, *а*), либо одноканальной СМО, либо совокупностью одноканальных СМО (см. рис. 1, *б*).

СМО S_0 является источником и поглотителем заявок. Она генерирует поток заявок l_0 на обслуживание запросов, формируемых пользователями или прикладными программами. Заявки с некоторой вероятностью вначале поступают на обслуживание в ПУ.



а) *б*)

Рис. 1. Обобщенная сетевая модель обслуживания заявок (а)
и типы моделей массового обслуживания отдельных устройств (б)

Если заявка получила полное обслуживание, то она выходит из сети с вероятностью $p_{l_0} = 1/N$, где N – число этапов решения задачи в ПУ.

Если в процессе выполнения задачи произошел кэш-промах, то заявка перемещается с вероятностью p_m на обслуживание памятью, иначе с вероятностью p_h она остается на обслуживании ЦП в совокупности с кэш.

При страничных прерываниях заявка с вероятностью p_s поступает на обслуживание во внешнюю память.

Способ представления моделей устройств: ОШ, кэш, основной и внешней памяти зависит от их структурной организации, а ПУ – от примененного способа распределения задач. Так, модель ОШ может быть представлена одноканальной СМО. В общем случае сеть межпроцессорного обмена может быть основана на множестве шин или на коммутаторе, тогда она представляется многоканальной СМО.

ПУ представляются совокупностью одноканальных СМО, если применено статическое назначение задач. При динамическом назначении задач ПУ представляется многоканальной СМО. Следует учитывать, что модель ПУ зависит от типа примененной архитектуры памяти UMA или NUMA [4]. Если применена архитектура UMA, то модель обслуживания состоит из ЦП и кэш. При использовании архитектуры NUMA в модель обслуживания включают ещё и локальную память. Модель кэш-памяти является наиболее простой и представляется одноканальной СМО. Её основное назначение заключается в учете дополнительного трафика в сети, возникающего при выполнении операций, связанных с обеспечением когерентности.

Предложенную математическую модель МПС можно рассчитать либо аналитически, либо имитационно. Если времена обслуживания распределены по экспоненциальному закону, а потоки запросов являются пуассоновскими, то применяют аналитическое моделирование. В остальных случаях нужно применять имитационное моделирование. Для автоматизации расчетов можно воспользоваться визуальными программами аналитического и имитационного моделирования.

Подробно описанные аналоги разрабатываемого программного комплекса не пригодны для многокритериального анализа входного потока заявок, не позволяют анализировать потоки заявок со случайным законом распределения, не дают однозначной картины о работе системы массового обслуживания с точки зрения её количественных и качественных характеристик.

Основными функциями разрабатываемой программы должны являться:

1. Расчет характеристик, СМО, таких как:

– среднее число свободных каналов;

– коэффициент простоя каналов;

– коэффициент занятости каналов;

– относительная пропускная способность (доля обслуженных заявок в общем числе поступавших в систему);

– абсолютная пропускная способность (среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени);

– средняя длина очереди;

– среднее число заявок, находящихся в системе (складывается из средних значений занятости каналов и длины очереди);

– среднее время пребывания заявки в очереди;

– общее время пребывания заявки в очереди будет складываться из $T_{очер}$ и среднего времени обслуживания.

2. Моделирование работы систем сотовой связи.

3. Моделирование работы мультисервисной сети.

4. Прогнозирование количества потенциальных покупателей.

5. Оптимизация работы системы массового обслуживания.

Для решения данной задачи необходимо создание подсистемы автоматической работы местного когнитолога (рис. 2).

Рис. 2. Подсистема автоматической работы местного когнитолога

Представленная на рисунке 2 структурно-функциональная схема имеет следующую последовательность действий для решения выдвигаемых задач, описанных выше. Данные с контроллера, собирающего информацию, поступают на блок формообразования, в котором происходит разделение информации на данные для анализа следующими методами:

1) методом произвольных значений, заключающимся в том, что составляется уравнение, при решении которого выявляется закон поступления заявок;

2) методом искусственных нейронных сетей (сетей, построенных по принципу обучаемости и аппроксимации для выдачи наиболее точного результата);

3) методом искусственных нечётких нейронных сетей (сетей, построенных по принципу обучаемости и аппроксимации, для выдачи наиболее точного результата, а также возможностью запрашивания интересуемых параметров).

Затем на основе сопоставительного анализа с контрольной информацией, подаваемой на блок «Селекции лучших критериев закона распределения», происходит выбор закона.

Произвольно выбранный закон подаётся на блок принятия решения, в котором происходит анализ критерия Ks (критерий в данном случае выбирается произвольно) и решается, попадает ли он (данный критерий) в заданный интервал $Ks_{min}<Ks<Ks_{max}$ или нет.

Если данный критерий попадает в установленный интервал, то закон для

рассматриваемой ситуации был выбран правильно.

Если данный критерий не попадает в установленный интервал, то информация с блока принятия решения поступает на блок автоматической работы местного когнитолога, в котором происходит доработка первичной информации в виде нахождения качественных характеристик рассматриваемой системы.

Данный цикл будет повторяться до тех пор, пока выбранный критерий Ks не попадёт в установленные пределы ($Ks_{min}<Ks<Ks_{max}$). В случае большой цикличности или ненахождения дополнительных качественных характеристик к первичным, процесс может быть остановлен и запущен заново, основываясь на других характеристиках.

Разрабатываемый программный продукт является универсальным модулем, позволяющим за счет вышеуказанных функций оптимизировать работу систем массового обслуживания. Работа данной программы позволит организациям, работающим по принципу систем массового обслуживания, сэкономить на заработной плате сотрудников, сократив их рабочий день, а также заработной плате работников отдела аналитики, потому что большинство из выполняемых ими функций будет выполняться программно.

Список литературы

1. Расчёт оптимального количества операторов call-центра на базе приёмной комиссии ЮЗГУ / А. В. Хмелевская, Д. С. Коптев, А. Н. Шевцов, А. Н. Щитов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 2 (19). – С. 66–72.

2. Алгоритм имитационного моделирования системы массового обслуживания в среде динамического моделирования MATLAB/SIMULINK / А. В. Хмелевская, Д.С. Коптев, А.Н. Шевцов, А. Н. Щитов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 1 (18). – С. 77–90.

3. Исследование потоков заявок, поступающих в приемную комиссию ЮЗГУ / А. В. Хмелевская, Д. С. Коптев, А. Н. Шевцов, А.Н. Щитов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016.– № 3 (18). – С. 37–49.

4. Вариант алгоритма моделирования системы массового обслуживания общего вида (G/G/N/K) с произвольным законом распределения поступающих заявок / А. В. Хмелевская, Д. С. Коптев, А. Н. Шевцов, А. Н. Щитов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016.– № 3 (18). – С. 63–71.

5. Бабанин И. Г., Коптев Д.С., Богомазов А.Ю. Исследование влияния дестабилизирующих факторов в спутниковом радиоканале при приеме сигналов с ФМ-2 и ФМ-4 // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 2 (19). – С. 24–34.

6. Мухин И. Е., Шевцов А. Н., Щитов А. Н. Основные методы и средства диагностики технического состояния планера и агрегатов авиационных комплексов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 6. – С. 169.

7. Исследование целесообразности применения средств компенсации дестабилизирующих факторов в спутниковом радиоканале при передаче сигналов с квадратурной амплитудной модуляцией различной позиционности / И. Г. Бабанин, А. Н. Шевцов, А. Н. Щитов, А. А. Токарева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 4. – С. 104.

8. Потапенко А. М., Хмелевская А. В. Проблема измерения информации в зада-

чах развития инфотелекоммуникаций. Информационно-измерительные и управляющие системы // Радиотехника. – 2010. – Т. 8, № 7. – С. 16.

9. Хмелевская А. В., Уланов А. В., Богомазов А. Ю. Численный анализ многоканальных систем массового обслуживания // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – № 2, ч. 2. – С. 55–60.

10. Хмелевская А. В., Захаров В.С. Сравнительный анализ смуляторов // Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения: сборник научных статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции: в 2 ч. / отв. ред. В. Г. Андронов. – Курск, 2016. – С. 193–202.

11. Хмелевская А. В., Аксентьев А. А. Показатели качества обслуживания VPN // Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения: сборник научных статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции: в 2 ч. / отв. ред. В. Г. Андронов. – Курск, 2016. – С. 293–297.

12. Бабанин И. Г., Дрёмова С. О., Крапивная Н. А. Имитационная модель экспериментальной высокоскоростной радиоприёмно-передающей системы для организации локальной вычислительной сети в научно-исследовательских институтах // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 4 (17). – С. 50–56.

Получено 26.12.16

A. V. Khmelevskaya, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: aquarel85@mail.ru)

D. S. Koptev, Undergraduate, Southwestern State University (Kursk) (e-mail: d.s.koptev@mail.ru)

A. N. Shevtsov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aleksey_shevtsov95@mail.ru)

D. K. Nikandrova, Undergraduate, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: diana-strizko@mail.ru)

A. N. Shchitov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: a.n.schitov@mail.ru)

STRUCTURALLY - FUNCTIONAL MODEL OF THE SUBSYSTEM OF CALCULATING THE PARAMETERS OF THE INLET STREAM OF APPLICATIONS FOR VARIOUS MASS SERVICE SYSTEMS

In many areas of economy, finance, production and life, queuing systems (CMO) play an important role, that is, systems in which, on the one hand, mass demands (demands) arise for the performance of some services, and on the other Hand, these requests are satisfied.

Examples of SMO in the financial and economic sphere include systems that are: banks of various types, insurance organizations, tax inspections, audit services, various communication systems (including telephone exchanges), loading and unloading complexes (freight stations), refueling Stations, various enterprises and organizations of the service sector (shops, catering establishments, information bureaus, hairdressers, ticket offices, currency exchange offices, repair shops, polyclinics, etc.). Computer networks, systems for collecting, storing and processing information, transport systems, automated production sites, production lines can also be considered as a kind of SMO. The queuing system includes the following elements: the source of the requirements, the incoming demand stream, the queue, the serving device (service channel), the outgoing flow of requirements (served orders). Each SMO is designed to service (execute) a certain stream of requests (requirements) arriving at the system input, mostly not regularly, but at random times. Each application that enters the queuing system is there for a certain amount of time, which depends on many random causes. After service of the application the channel is released - ready to receive the next application.

Key words: *Queuing System (QMS), software product, next-generation networks, idle rate of channels, employment ratio, relative throughput.*

References

1. Raschyot optimal'nogo kolichestva operatorov call-centra na baze priyomnoj komissii YUZGU / A. V. Hmelevskaya, D. S. Koptev, A. N. Shevcov, A. N. Shchitov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 2 (19). – S. 66–72.

2. Algoritm imitacionnogo modelirovaniya sistemy massovogo obsluzhivaniya v srede dinamicheskogo modelirovaniya MATLAB/SIMULINK / A. V. Hmelevskaya, D. S. Koptev, A. N. Shevcov, A. N. Shchitov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 1 (18). – S. 77–90.

3. Issledovanie potokov zayavok, postupayushchih v priemnuyu komissiyu YUZGU / A. V. Hmelevskaya, D. S. Koptev, A. N. Shevcov, A. N. Shchitov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 3 (18). – S. 37–49.

4. Variant algoritma modelirovaniya sistemy massovogo obsluzhivaniya obshchego vida (G/G/N/K) s proizvol'nym zakonom raspredeleniya postupayushchih zayavok / A. V. Hmelevskaya, D. S. Koptev, A. N. Shevcov, A. N. Shchitov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 3 (18). – S. 63–71.

5. Babanin I. G., Koptev D. S., Bogomazov A. Yu. Issledovanie vliyaniya destabiliziruyushchih faktorov v sputnikovom radiokanale pri prieme signalov s FM-2 i FM-4 // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priboro-stroenie. – 2016. – № 2 (19). – S. 24–34

6. Muhin I. E., Shevcov A. N., Shchitov A. N. Osnovnye metody i sredstva diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya planera i agregatov aviacionnyh kompleksov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 6. – S. 169.

7. Issledovanie celesoobraznosti primeneniya sredstv kompensacii destabiliziruyushchih faktorov v sputnikovom radiokanale pri peredache signalov s kvadraturnoj amplitudnoj modulyaciej razlichnoj pozicionnosti / I. G. Babanin, A. N. Shevcov, A. N. Shchitov, A. A. Tokareva // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 4. – S. 104.

8. Potapenko A. M., Hmelevskaya A. V. Problema izmereniya informacii v zadachah razvitiya infotelekommunikacij. Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy // Radiotekhnika. – 2010. – T. 8, № 7. – S. 16.

9. Hmelevskaya A. V., Ulanov A. V., Bogomazov A. Yu. Chislennyj analiz mnogokanal'nyh sistem massovogo obsluzhivaniya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2012. – № 2, ch. 2. – S. 55–60.

10. Hmelevskaya A. V., Zaharov V. S. Sravnitel'nyj analiz smulyatorov // Infokommunikacii i informacionnaya bezopasnost': sostoyanie, problemy i puti resheniya: sbornik nauchnyh statej po materialam III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 2 ch. / otv. red. V. G. Andronov. – Kursk, 2016. – S. 193–202.

11. Hmelevskaya A. V., Aksent'ev A. A. Pokazateli kachestva obsluzhivaniya VPN // Infokommunikacii i informacionnaya bezopasnost': sostoyanie, problemy i puti resheniya: sbornik nauchnyh statej po materialam III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 2 ch. / otv. red. V. G. Andronov. – 2016. – S. 293–297.

12. Babanin I. G., Dryomova S. O., Krapivnaya N. A. Imitacionnaya model' ehksperimental'noj vysokoskorostnoj radiopriyomno-peredayushchej sistemy dlya organizacii lokal'noj vychislitel'noj seti v nauchno-issledovatel'skih institutah // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 4 (17). – S. 50–56.

УДК 519.81;004.8.032.26

М. В. Томаков, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tomakovmv@rambler.ru)

Е. Г. Емельянов, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: davidb 46@ rambler.ru)

В. С. Комков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: vitaliykomkov@gmail.com)

А. Е. Ханыков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: akhanykov@gmail.com)

СПОСОБ И АЛГОРИТМЫ СЕГМЕНТАЦИИ ФЛЮОРОГРАММ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКИХ

Улучшение эффективности диагностики легочных заболеваний в настоящее время является весьма актуальной задачей. Для построения автоматизированных систем распознавания и классификации рентгенологических изображений необходимо выполнить процесс локализации патологических образований на флюорограммах грудной клетки. Правильный выбор способа сегментации исследуемых сегментов рентгенологических изображений обеспечивает качество сегментации и способствует повышению точности принимаемых диагностических решений. Способ отличается от известных тем, что для выделения пикселей, соответствующих патологическим образованиям, обусловленным заболеванием пневмонией, определяют графические примитивы гистограммы яркости в выделенном окне.

В статье приведена структурная схема устройства, реализующая способ автоматической сегментации флюорограмм грудной клетки. Разработан алгоритм, реализующий способ автоматической сегментации флюорограмм грудной клетки и алгоритм формирования вектора информативных признаков. Для построения алгоритмов обнаружения патологических образований применяется построение гистограммы яркости изображения в выделенном окне. Определяются графические примитивы, аппроксимирующие гистограмму яркости флюорограммы в окне анализа оптимального размера.

На основе полученной информации формируется вектор информативных признаков. Решение о принадлежности вектора информативных признаков к одному из выделяемых классов осуществляют посредством обучаемого двухальтернативного классификатора. По мере продвижения окна анализа по изображению осуществляется окончательное формирование бинарного изображения.

Анализ полученных экспериментальных результатов при обработке изображений флюорограмм легких по диагностике заболевания пневмония свидетельствует об эффективности предложенного способа.

Ключевые слова: *рентгеноскопия легких, сегментация изображений, гистограмма яркости изображения, информативные признаки.*

***

Актуальность проблемы

Социально-экономическое развитие страны зависит от состояния трудовых ресурсов, качество которых в значительной мере определяется уровнем здоровья населения трудоспособного возраста и наличием квалифицированных трудовых ресурсов. По мнению экспертов, рынок труда практически исчерпал свои резервы. Демографическая ситуация в России вступает в сложнейший период – численность коренного трудоспособного населения до 2025 г. уменьшится не менее чем на 10 млн чел. Неудовлетворительное состояние здоровья работающего населения негативно отражается на экономике – страна несет большие экономическими потери и социальные издержки [5].

Среди населения нашей страны велика доля заболеваний органов дыхания, в т. ч. туберкулезом, о чём свидетельствуют данные, представленные на рисунке 1.

Заболевания обусловлены, как правило, загрязнением воздушной среды и неблагоприятными условиями труда [4]. По материалам Роспотребнадзора численность населения, подверженного воздействию комплексной химической нагрузки, формирующей распространённость болезней органов дыхания, в т. ч. детского населения, за последние 3 года в среднем составила около 90,0 млн чел.

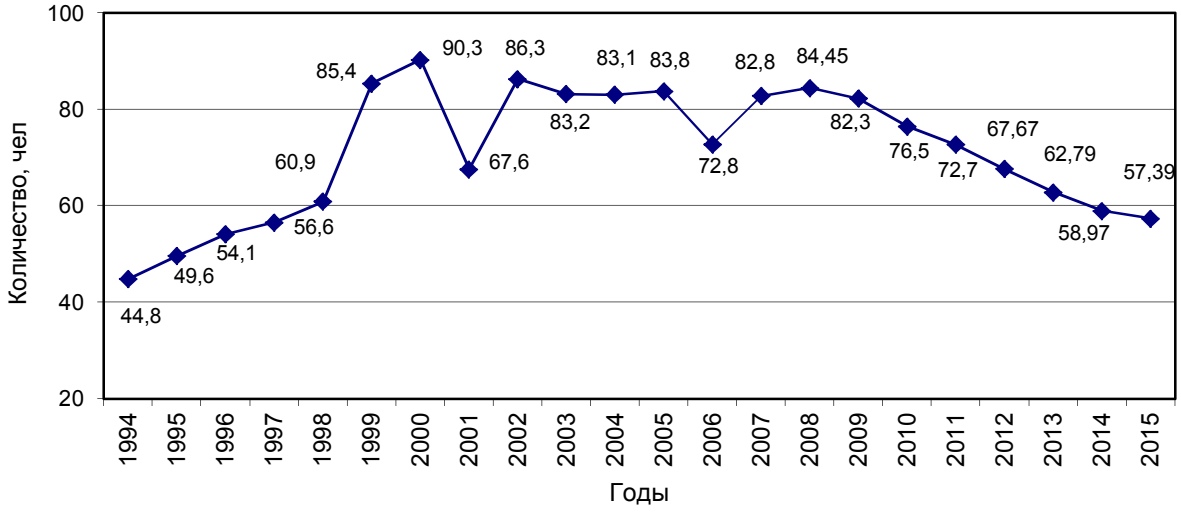


Рис. 1. Динамика заболеваемости туберкулёзом, человек на 100 тыс. населения

Стратегической целью государственной политики в сфере здравоохранения является снижение уровня заболеваемости населения. Одним из методов сохранения здоровья населения является раннее обнаружение и качественная диагностика заболеваний лёгких [16].

Разработанность вопроса

В настоящее время все больший интерес представляют медицинские диагностические системы, позволяющие с высокой диагностической чувствительностью за небольшой промежуток времени помочь врачу принять решение по диагностике и/или терапии заболевания. К таким медицинским системам, в частности, относятся системы рентгенологической диагностики, которые остаются одними из самых доступных методов скрининговой диагностики.

Однако известно, что при рентгенологическом обследовании вероятность обнаружения заболевания туберкулезом составляет порядка 0,9, в то же время вероятность принять здорового человека за больного – более 0,91. Поэтому задача повышения диагностической эффективности легочных заболеваний в настоящее время остается весьма актуальной.

Для классификации патологических образований на рентгеновских снимках необходимо выделить поля легких, а затем разбить их на сегменты. Алгоритмы автоматического выделения полей легких описаны в [3, 6, 9]. Выделенные поля легких делятся на установленные отделы с указанием определенного сегмента легкого.

При этом задача выделения морфологических структур с патологическими образованиями на растровых полутоновых изображениях флюорограмм грудной клетки сводится к задаче разделения исходного изображения на части (сегменты), различающиеся по своему семантическому содержанию [10, 15]. Важным аспектом является правильный выбор способа сегментации, поскольку от качества сегментации зависит качество принимаемых диагностических решений [7, 11].

Известные методы сегментации изображений, например метод наращивания областей, предполагают для объединения в однородные области использовать группировку пикселей изображения с одинаковыми или близкими уровнями яркости, которые являются соседями в смысле четырехсвязности [14]. Затем эле-

ментарные области, имеющие общие границы, сливаются, согласно различным эвристическим правилам. Недостатком этого способа является необходимость подбора яркостных порогов в интерактивном режиме, что не позволяет применять метод для автоматизированной сегментации.

При проведении процедуры выращивания и слияний областей часто используется текстурная информация [8, 18]. Однако применение текстурной информации ограничивается тем, что для анализа текстуры, как правило, уже требуется иметь область размером более одного пикселя. Это условие необходимо для вычисления различных признаков, основанных на статистических данных. В случае добавления единственного пикселя к области приводит к неоднозначности принимаемых решений.

Методы решения проблемы и результаты

Технической задачей предлагаемого способа является повышение точности выделения границ сегментов полутоновых изображений флюорограмм грудной клетки больных пневмонией, то есть большее соответствие выделяемых сегментов субъективному восприятию изображения врачом. Это позволяет повысить качество принимаемых диагностических решений, а также способствует повышению степени автоматизации процесса анализа и классификации флюорограмм грудной клетки [17].

Поставленная задача достигается тем, что в качестве основы построения алгоритмов обнаружения патологических образований, вызванных заболеванием пневмония, целесообразно применять построение гистограммы яркости изображения в выделенном окне. Для оценки работоспособности и эффективности предлагаемого метода определяют графические примитивы гистограммы яркости, аппроксимирующие гистограмму яркости флюорограммы в окне анализа. При этом размер выделенного окна полагают равным 1% от размера исходного изображения флюорограммы грудной клетки.

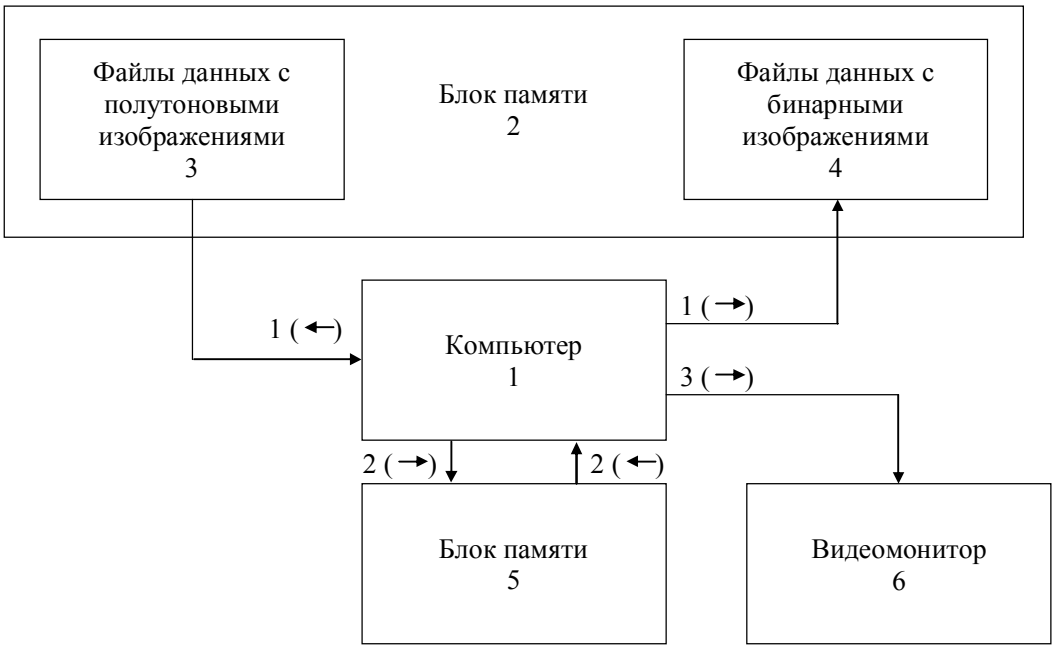


Рис. 2. Структурная схема устройства, реализующая способ автоматической сегментации флюорограмм грудной клетки

На основе полученной информации формируется вектор информативных признаков. Решение о принадлежности вектора информативных признаков одному из выделяемых классов осуществляют посредством обучаемого двухальтернативного классификатора, настроенного на классификацию гистограмм яркости, включающих морфологические образования, вызванные пневмонией. После вынесения решения о принадлежности анализируемого пикселя к одному из классов реализуется процесс бинаризации пикселя флюорограммы грудной клетки, соответствующего окну, в котором определялась гистограмма яркости. По мере продвижения окна анализа по изображению осуществляется окончательное формирование бинарного изображения.

На рисунке 2 представлена структурная схема устройства, реализующего разработанный метод автоматической сегментации флюорограмм грудной клетки.

Устройство состоит: из компьютера 1; видеомонитора 6; двух блоков памяти 2 и 5.

При этом блок памяти данных 2, в свою очередь, содержит блок памяти 3, предназначенный для хранения файлов с полутоновыми изображениями флюорограмм, который подключен к первому входу компьютера 1.

Блок памяти 4, содержащийся в блоке памяти 2, специализирован для хранения файлов данных с сегментированными изображениями (бинарными изображениями). Этот блок подключен к первому выходу компьютера 1.

Блок памяти 5 определен для хранения программного обеспечения по сегментации полутоновых изображений флюорограмм и подключен ко второму входу и второму выходу компьютера 1.

Видеомонитор 6 имеет подключение к третьему выходу компьютера 1.

Разработанный способ автоматической сегментации флюорограмм грудной клетки реализуется по алгоритму, представленному на рисунке 3.

В блоке 1 выполняется ввод в компьютер пикселей исходного растрового полутонового изображения флюорограммы грудной клетки, размер которого по вертикали – $N1$, а по горизонтали – $N2$.

В блоке 2 осуществляется разбиение исходного изображения на ячейки, например размером $0,01 \cdot N1 \times 0,01 \cdot N2$, в которых определяются гистограммы яркости.

Блоки 3 и 4 формируют сканирование изображения по вертикали и по горизонтали соответственно.

В блоке 5 реализуется вычисление гистограмм фрагментов изображения, попадающих в окно.

В блоке 6 формируется вектор информативных признаков, предназначенный для классификации пикселя, являющегося центром окна, в пределах которого вычислялась гистограмма. Вектор информативных признаков определяется на основе представления гистограммы яркости в окне графическими примитивами, которые могут быть реализованы, например, на основе преобразования Хафа, сплайн-интерполяцией, Фурье-дескрипторами, цепным кодом, аппроксимацией прямоугольниками.

В блоке 7 реализуется классификация вектора информативных признаков.

В рамках данной работы классификатор построен на основе нейронных сетей прямого распространения [1, 2]. В качестве основного принципа обучения классификатора в работе реализован алгоритм обратного распространения ошибки [12, 13]. При этом следует подчеркнуть, что отличительной особенностью алгоритма настройки нейронной сети является то, что сначала нейронная сеть настраивается на тестовых образцах, моделирующих пневмонию. Затем, на втором этапе настройки – с реальными образцами фрагментов флюорограммы с пневмонией, а при необходимости осуществляется коррекция весовых коэффициентов нейронной сети.

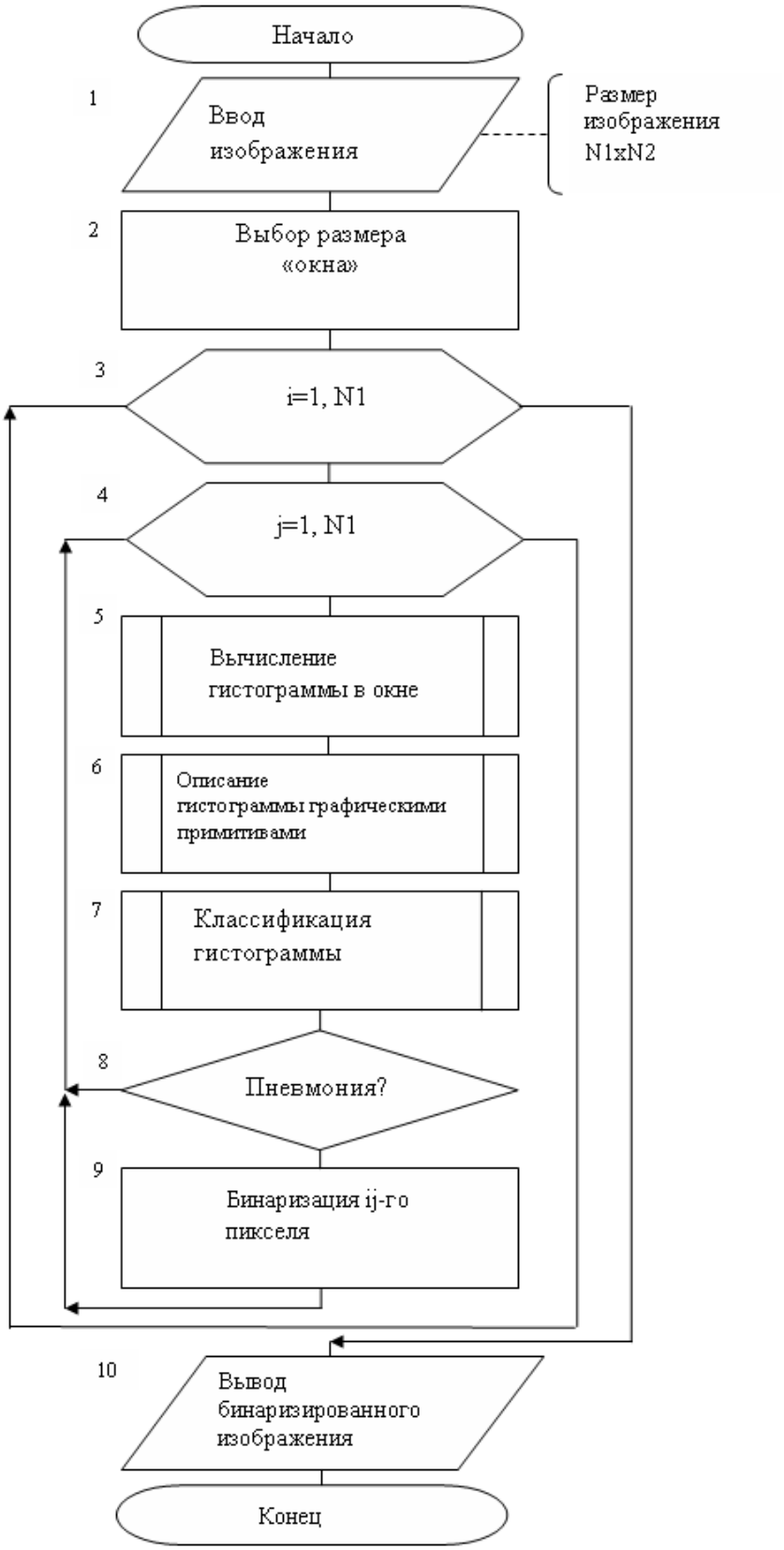


Рис. 3. Алгоритм, реализующий способ автоматической сегментации флюорограмм грудной клетки

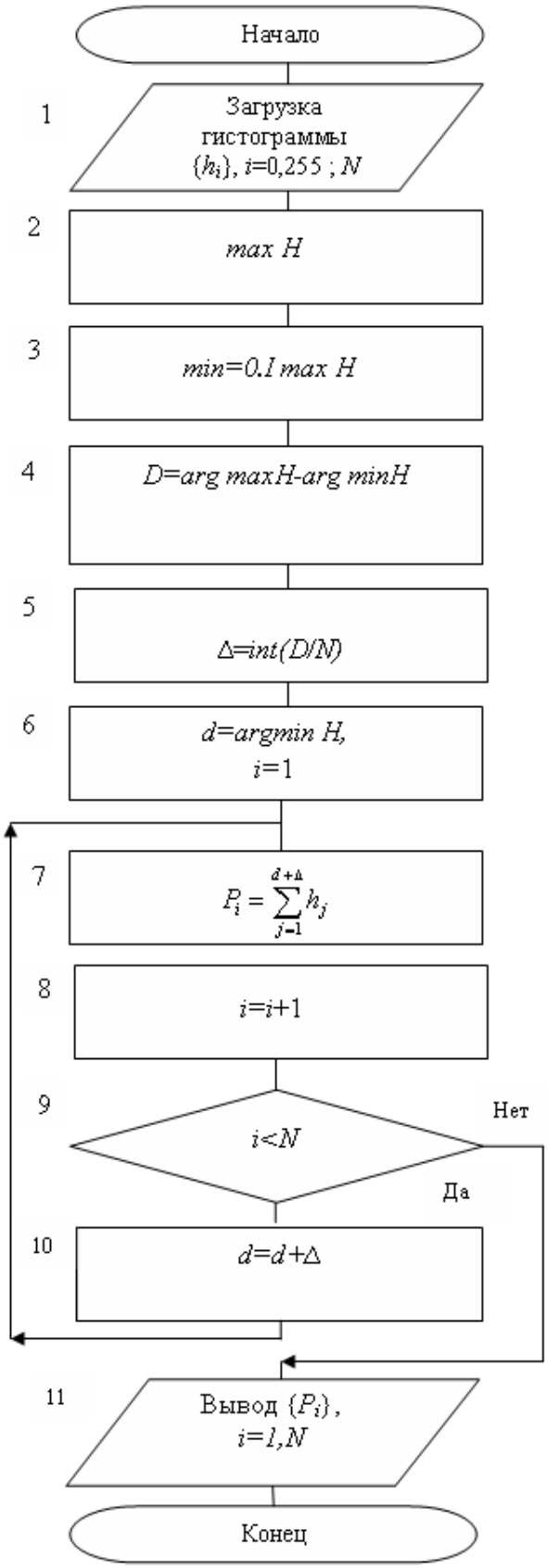


Рис. 4. Алгоритм формирования вектора информативных признаков

На рисунке 4 представлен алгоритм формирования вектора информативных признаков на основе аппроксимации гистограммы яркости окна прямоугольной формы одинаковой ширины.

В блоке 1 загружается гистограмма текущего окна.

В блоке 2 определяется максимальное значение гистограммы.

В блоке 3 вычисляется ее минимальное значение, при этом используется пороговая фильтрация на уровне 10% от максимального значения.

В блоке 4 формируется динамический диапазон гистограммы после пороговой фильтрации.

В блоке 5 устанавливают ширину прямоугольников, аппроксимирующих гистограмму.

В блоке 6 определяют минимальную яркость пикселя в текущем окне.

В блоке 7 вычисляют значение *i*-го признака.

В блоках 8-10 осуществляют процедуры для подготовки к вычислению следующего признака.

Изображения, предназначенные для создания тестовых образцов при моделировании пневмонии, и соответствующие гистограммы приведены на рисунке 5.

Исходные тестовые изображения формировались в виде фрагментов флюорограммы грудной клетки (см. рис. 5,*а*). Для моделирования фрагментов изображения с пневмонией фрагменты изображения без патологии подвергались низкочастотной фильтрации с помощью двумерного преобразования Фурье.

На рисунке 5,*б* представлена модель изображения с патологией и его гистограмма.

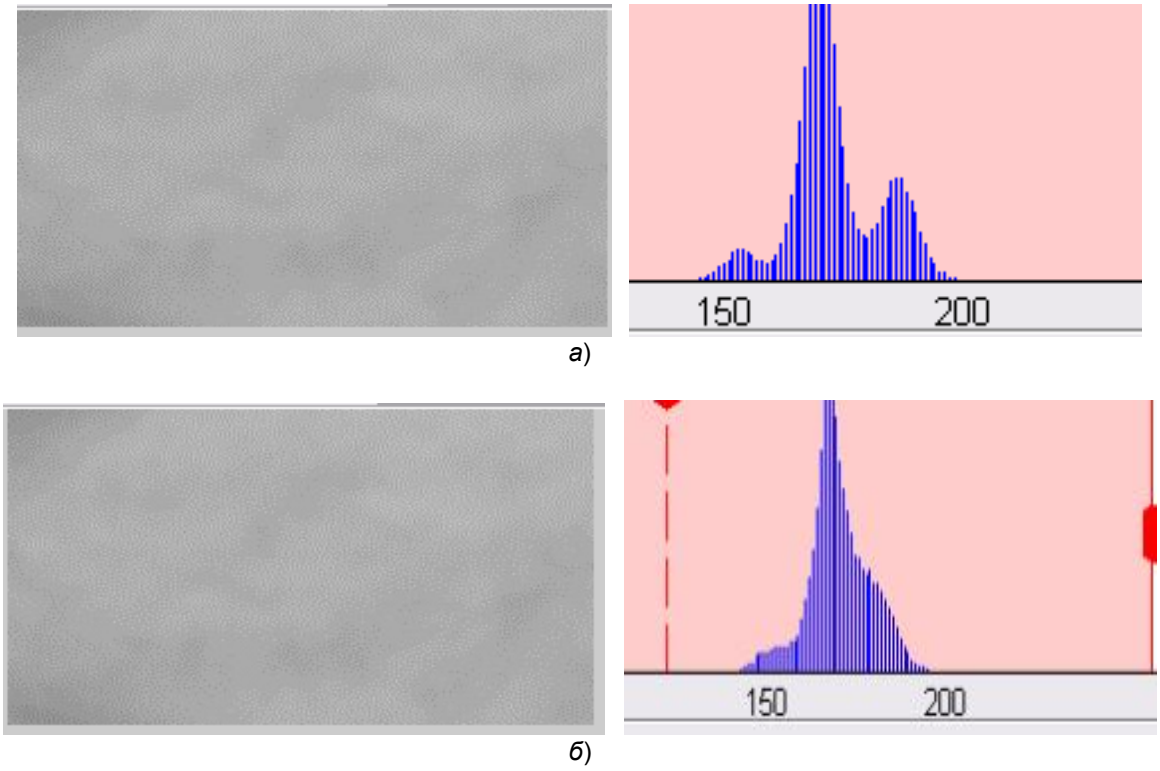


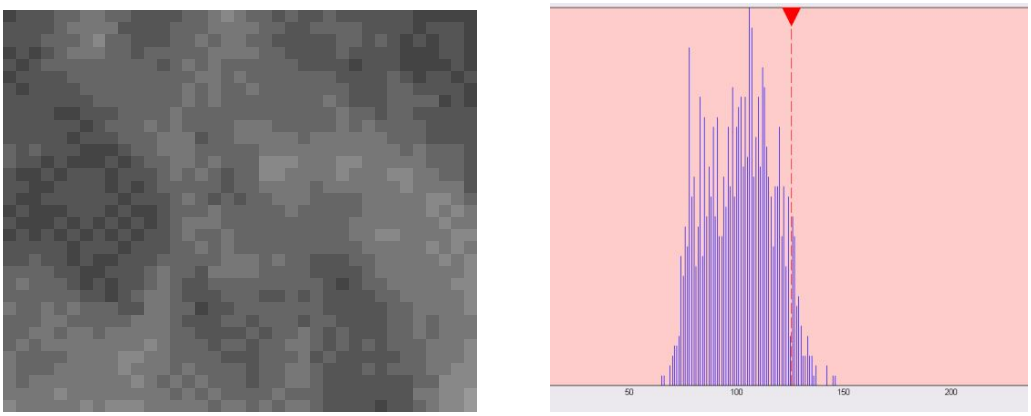
Рис. 5. Окна анализа и гистограммы яркости флюорограммы: *а* – окно без патологии; *б* – модель окна с патологией, полученная в результате частотной фильтрации окна без патологии

Анализ аналогичных гистограмм различных рентгеновских снимков показал, что при отсутствии патологических изменений в выделенном окне гистограммы имеют многомодальную форму. При наличии низкочастотной фильтрации исчезает модальность гистограммы яркости, при этом гистограмма приобретает форму, близкую к треугольной.

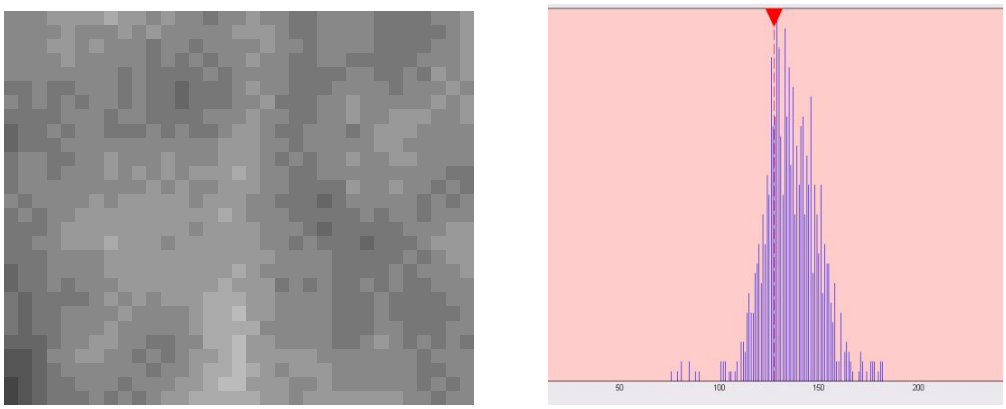
После настройки классификатора на тестовых моделях (см. рис. 5) осуществлялась тестовая проверка классификатора на реальных изображениях с пневмонией. Реальные фрагменты флюорограммы больного пневмонией с патологическими образованиями и без них с соответствующими гистограммами представлены на рисунке 6.

Из таких фрагментов изображений создается контрольная выборка для тестирования классификатора изображения. Если погрешности, получаемые на контрольной выборке (см. рис. 6) удовлетворительны, то второй этап настройки нейронной сети не производится. В противоположном случае выполняется коррекция весов нейронной сети на основании метода обратного распространения ошибки с использованием контрольной выборки в качестве обучающей [12, 13].

Истинные флюорограммы с пневмонией до обработки и после обработки разработанным способом приведены на рисунке 7.



а)



б)

Рис. 6. Окна анализа и гистограммы яркости флюорограммы:
а – окно изображения без патологии; *б* – окно изображения при наличии пневмонии

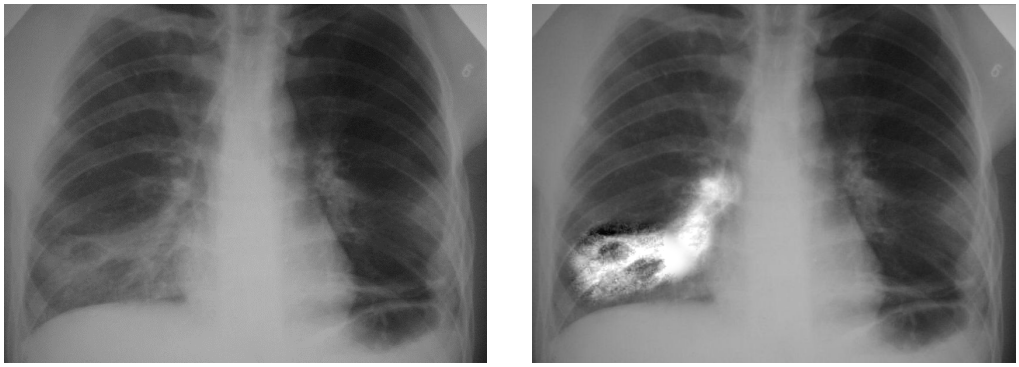


Рис. 7. Флюорограммы легких с пневмонией:
слева – до обработки; справа – после обработки предложенным способом

Анализ полученных экспериментальных результатов при обработке изображений флюорограмм легких по диагностике заболевания пневмония свидетельствует об эффективности предложенного способа.

Заключение

Разработан способ автоматической сегментации флюорограмм грудной клетки больных пневмонией, заключающийся в построении гистограммы яркости изображения в выделенном окне и последующем анализе формы гистограмм. Способ отличается от известных ранее тем, что для выделения пикселей, соответствующих патологическим образованиям, обусловленных заболеванием пневмония, определяют графические примитивы гистограммы яркости в выделенном окне. Причем размер выбранного окна составляет 1% от размера исходного изображения флюорограммы грудной клетки. Затем на основании полученных данных формируется вектор информативных признаков заранее заданной размерности. Анализ и классификация сформированного вектора информативных признаков осуществляется посредством обучаемого двухальтернативного классификатора, настроенного на классификацию гистограмм яркости. По мере продвижения окна анализа по изображению осуществляется формирование бинарного изображения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-07-00164 а.

Список литературы

1. Белобров А. П., Борисовский С. А., Томакова Р. А. Нейросетевые модели морфологических операторов для сегментации изображений биомедицинских сигналов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 8 (109). – С. 28-32.

2. Борисовский С. А., Брежнева А. Н., Томакова Р. А. Нейросетевые модели с иерархическим пространством информативных признаков для сегментации плохоструктурированных изображений // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – № 2. – С. 49-53.

3. Брежнева А. Н., Томакова Р. А., Филист С. А. Спектральный анализ сегментов изображения глазного дна для качественной оценки сосудистой патологии // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 6. – С. 15-18.

4. Томакова И. А., Томаков В. И. Состояние условий труда, профессиональные заболевания и производственный травматизм в экономике Российской Федерации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 2 (19). – С. 95–107.

5. Томакова И. А., Томаков М. В. Проблемы оценки социально-

экономических последствий неблагоприятных условий труда и производственного травматизма // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы.– 2015. – №1 (4). – С. 40-43.

6. Томакова Р. А., Дегтярев С. В., Емельянов Е. Г. Метод контурного анализа изображения легких на рентгеновском снимке грудной клетки // Вопросы радиоэлектроники. – 2015. – № 11 (11). – С. 93-101.

7. Томакова Р. А. Гибридные методы и алгоритмы для интеллектуальных систем классификации сложноструктурируемых изображений: автореф. дис. … д-ра техн. наук. – Белгород, 2013. – 42 с.

8. Томакова Р. А. Метод обработки сложносегментируемых изображений с использованием многослойных морфологических операторов //Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – № 2, ч. 2. – С. 158-164.

9. Томакова Р. А. Программное обеспечение и анализ плохоструктурированных изображений в пакете MATLAB для медицинских приложений // Ученые записки Российского государственного социального университета. – 2012. – № 2 (102). – С. 350-355.

10. Томакова Р. А. Проектирование гибридной нейронной сети для анализа сложноструктурируемых изображений // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 916-923.

11. Томакова Р. А. Способ сегментации плохоструктурированных изображений на основе нечеткой сетевой модели // Ученые записки Российского государственного социального университета – 2011. – № 6 (94). – С. 377-408.

12. Томакова Р. А., Емельянов С. Г., Филист С. А. Интеллектуальные технологии сегментации и классификации биомедицинских изображений: монография. – Курск, 2012. – 222 с.

13. Томакова Р. А., Филист С. А., Насер А. А. Нечеткие нейросетевые технологии выделения сегментов с патологическими образованиями и морфологическими структурами на медицинских изображениях // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. – № 4. – С. 43-50.

14. FGA-технологии в автоматизированных системах скрининговой диагностики заболеваний легких / Р. А. Томакова, С. А. Филист, В. А. Степанов, С. М. Чудинов // Вопросы радиоэлектроники. – 2014. – Т.4, №1. – С. 80–88.

15. Томакова Р. А., Филист С. А., Яа З. До. Универсальные сетевые модели для задач классификации биомедицинских данных // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 4 (43), ч. 2. – С. 44–50.

16. Томакова Р. А., Ханыков А. Е., Комков В. С. Решающие модули для автоматизированной системы экспресс-анализа флюорограмм легких // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сб. статей VIII Международной научно-практической конференции. – Курск, 2016. – Ч. 2. –С. 153–158.

17. Томакова Р. А., Филист С. А., Руденко В. В. Нечеткая сетевая модель интеллектуального морфологического оператора для формирования границ сегментов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2011. – Т.17, № 1(96), ч. 1. – С. 188–195.

18. Patent US2009080773 (Al), IPC[7] G06K 9/34. Image segmentation using dynamic color gradient threshold, texture, and multimodal-merging / Shaw M. [US]; Bhaskar R. [US]; Ugarriza L. G. [US]; Saber E. [US]; AmusoV. [US].

Получено 20.01.17

M. V. Tomakov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tomakovmv@rambler.ru)

E. G. Emelyanov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: davidb 46@ rambler.ru)

A. E. Hanykov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: akhanykov@gmail.com)

V. S. Komkov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: vitaliykomkov@gmail.com)

METHOD AND ALGORITHMS FOR SEGMENTATION IMAGES OF THE CHEST FOR INCREASE OF EFFICIENCY OF DIAGNOSTICS OF LUNG DISEASES

Currently, the actual problem of efficiency of diagnostics of lung diseases . To build automated systems pattern recognition and image classification on radiographs of the lungs need to perform the process of localization of pathological formations . The correct choice of method of segmentation to study the quality of increases the accuracy of accepted diagnostic features. Method differs from the known fact that for the allocation of points corresponding pathological formations caused by the disease, are determined by the primitives of the histogram of brightness in the selected window.

The article shows the structural diagram of a device implementing the method of automatic segmentation of lung images. In the study an algorithm is proposed that implements a method of automatic segmentation of the lung images and the algorithm of formation of a vector of informative features. To build algorithms for detection of pathological structures, we use a histogram of image brightness in the selected window.

On the basis of the information received formed the vector of informative features. The ratio of the vector of informative signs to one of the selected classes is carried out using a two-alternative classifier. The final formation of the binary image occurs when moving the analysis window for the selected image.

Analysis of the obtained experimental results of imaging in the diagnosis of lung diseases demonstrates the effectiveness of the proposed method.

Key words: *fluoroscopy of the lungs, image segmentation, histogram of brightness, parameter vector.*

References

1. Belobrov A.P., Borisovskij S.A., Tomakova R.A. Nejrosetevye modeli morfologicheskih operatorov dlya segmentacii izobrazhenij biomedicinskih signalov // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. – 2010. – № 8 (109). – S. 28-32.

2. Borisovskij S.A., Brezhneva A.N., Tomakova R.A. Nejrosetevye modeli s ierarhicheskim prostranstvom informativnyh priznakov dlya segmentacii plohostrukturirovannyh izobrazhenij // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2010. – № 2. –S.49-53.

3. Brezhneva A. N., Tomakova R. A., Filist S. A. Spektral'nyj analiz segmentov izobrazheniya glaznogo dna dlya kachestvennoj ocenki sosudistoj patologii // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2009. – № 6. – S. 15-18.

4. Tomakova I. A., Tomakov V. I. Sostoyanie uslovij truda, professional'nye zabolevaniya i proizvodstvennyj travmatizm v ehkonomike Rossijskoj federacii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. – 2016. – № 2 (19). – S. 95–107.

5. Tomakova I. A., Tomakov M. V. Problemy ocenki social'no-ehkonomicheskih posledstvij neblagopriyatnyh uslovij truda i proizvodstvennogo travmatizma // Rossijskaya nauka i obrazovanie segodnya: problemy i perspektivy. – 2015. – №1 (4). – S. 40-43.

6. Tomakova R. A., Degtyarev S. V., Emel'yanov E. G. Metod konturnogo analiza izobrazheniya legkih na rentgenovskom snimke grudnoj kletki // Voprosy radioehlektroniki. – 2015. – № 11(11). – S.93-101.

7. Tomakova R.A. Gibridnye metody i algoritmy dlya intellektual'nyh sistem klassifikacii slozhnostrukturiruemyh izobrazhenij:

avtoref. dis. … d-ra tekhn. nauk. – Belgorod, 2013. – 42 s.

8. Tomakova R.A. Metod obrabotki slozhnosegmentiruemyh izobrazhenij s ispol'zovaniem mnogoslojnyh morfologicheskih operatorov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2012. – № 2, ch. 2. – S. 158-164.

9. Tomakova R. A. Programmnoe obespechenie i analiz plohostrukturirovannyh izobrazhenij v pakete MATLAB dlya medicinskih prilozhenij // Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo social'nogo universiteta. – 2012. – № 2 (102). – S. 350-355.

10. Tomakova R. A. Proektirovanie gibridnoj nejronnoj seti dlya analiza slozhnostrukturiruemyh izobrazhenij // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2011. – T.10, № 4. – S. 916-923.

11. Tomakova R. A. Sposob segmentacii plohostrukturirovannyh izobrazhenij na osnove nechetkoj setevoj modeli // Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo social'nogo universiteta. – 2011. – № 6 (94). – S. 377-408.

12. Tomakova R. A., Emel'yanov S. G., Filist S. A. Intellektual'nye tekhnologii segmentacii i klassifikacii biomedicinskih izobrazhenij: monografiya. – Kursk, 2012. – 222 s.

13. Tomakova R. A., Filist S. A., Naser A. A. Nechetkie nejrosetevye tekhnologii vydeleniya segmentov s patologicheskimi obrazovaniyami i morfologicheskimi strukturami na medicinskih izobrazheniyah // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2012. – № 4. – S. 43-50

14. FGA-tekhnologii v avtomatizirovannyh sistemah skriningovoj diagnostiki zabolevanij legkih / R. A. Tomakova, S. A. Filist, V. A. Stepanov, S. M. CHudinov // Voprosy radioehlektroniki. – 2014. – T.4, №1. – S. 80-88.

15. Tomakova R. A., Filist S. A., Yaa Z. Do. Universal'nye setevye modeli dlya zadach klassifikacii biomedicinskih dannyh // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 4 (43), ch. 2. – S. 44-50.

16. Tomakova R. A., Hanykov A. E., Komkov V. S. Reshayushchie moduli dlya avtomatizirovannoj sistemy ehkspress-analiza flyuorogramm legkih // Aktual'nye problemy ehkologii i ohrany truda. Sb. statej VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Kursk, 2016. – Ch. 2. – S. 153-158.

17. Tomakova R. A., Filist S. A., Rudenko V. V. Nechetkaya setevaya model' intellektual'nogo morfologicheskogo operatora dlya formirovaniya granic segmentov // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: EHkonomika. Informatika. – 2011. – T.17, № 1 (96), ch. 1. – S. 188-195.

18. Patent US 2009080773 (Al), IPC[7] G06K 9/34. Image segmentation using dynamic color gradient threshold, texture, and multimodal-merging / Shaw M. [US]; Bhaskar R. [US]; Ugarriza L. G. [US]; Saber E. [US]; AmusoV. [US].

УДК 616+612.08

Р. А. Крупчатников, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: roman0406@yandex.ru);

В. Н. Мишустин, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: vladimirshef2011@mail.ru)

М. В. Артеменко, канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: artem1962@mail.ru)

И. И. Добровольский, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: iidobrovolskii@gmail.com)

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ФАКТОРЫ РИСКА ПРОГНОЗА ТРОМБОЭМБОЛИИ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Образование тромбозов и развитие тромбоэмболической болезни характерно для многих травм и хирургических вмешательств, что обусловливает актуальность своевременного прогноза на различных этапах диагностико-терапевтического процесса. Медицинскому работнику необходимо оперативно анализировать для этого множество факторов риска различной модальности и степени объективизма.

Развитие теоретического базиса и программно-инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач классификации и прогнозирования позволяет создавать специализированные автоматизированные системы поддержки принятия диагностических решений в составе АРМ врача для клинической медицины и повышения квалификации медицинских работников.

В настоящее время существует множество различных методов диагностики (в том числе превентивной) тромбоэмболии в клинических условиях и-или в процессе скрининга. В представленной работе рассматриваются применяемые в настоящее время методы диагностики и определения факторов риска развития тромбоэмболии, позволяющие прогнозировать возникновение и развитие тромбоэмболии и тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) при травмах, результаты которых хорошо формализуются и могут быть использованы в базе знаний автоматизированных систем поддержки принятия диагностических решений. Приведена классификация методов и факторов риска согласно различным гносеологическим подхода, предлагается модификация расчета прогностического индекса венозного тромбоза у оперированных больных. Это позволяет когнитологу сформировать адекватную и результативную базу знаний системы поддержки принятия решений, способную в интерактивном режиме разрешить специфические проблемы повышения качества диагностики каждого метода по отдельности и-или в совокупности методов путем адекватной обработки полимодальной многофакторной информации для формирования множества альтернативных терапевтических решений.

***Ключевые слова**: тромбоэмболия, факторы риска, методы диагностики, классификация.*

***

Тромбоэмболия (ТЭ) – это острая закупорка кровеносных сосудов тромбами, попавшими в циркулирующую кровь, ведущая к прекращению кровоснабжения по этим сосудам соответствующих тканей и органов [1]. ТЭ, составляя 99% различных видов эмболий, относится к повышенно рисковым, требующим неотложного терапевтического воздействия заболеваниям, которые сопровождаются образованием внутрисосудистых и-или внутрисердечных тромбов в результате гиперкоагуляции крови, поражением сосудистых стенок. Состояние, при котором отмечается повышенная склонность к внутрисосудистому тромбообразованию и повторным ТЭ, называется тромбоэмболической болезнью [1].

Одной из задач когнитолога при разработке базы знаний систем поддержки принятия решений исследования является выявление факторов риска и наиболее эффективных методов и средств диагностики тромбоэмболии и ее последствий, построение алгоритмов прогнозирования патологических процессов.

Систематизация факторов риска данных заболеваний согласно [2] представлена в таблице 1.

Среди внешних факторов доминируют травмы и инфекции, причем в первом случае прогноз тромбоэмболии наиболее вероятен (особенно в случае травм нижних конечностей, поскольку они испытывают большее напряжение). Например, при переломах костей голени этот показатель составляет 59%, а при переломе бедра – 67%.

Частота тромбоза глубоких вен нижних конечностей в травматологии при переломах бедра составляет 53-76%.

Установлена достоверная зависимость частоты ТГВНК от возраста пострадавшего. По данным А. В. Скороглядова и С. С. Копенкина [3], частота развития ТГВ при различных повреждениях представлена в таблице 2.

Таблица 1

Факторы риска, способствующие тромбоэмболии

Кластеры	Факторы
Сосудистые и иные патологии	Артериальная гипертензия, частые сосудистые кризы, сахарный диабет
Нарушения обменных процессов	Гипергликемия, ожирение, нарушение метаболизма
Внешние факторы	Травма, инфекция, ожоги
Физиологические особенности	Конституция тела, генетическая предрасположенность, возрастные особенности
Образ жизни	Психологическое напряжение, курение, наркомония, уровень физической активности, загрязненность среды обитания

Таблица 2

Частота развития ТГВ при различных повреждениях

Вид повреждения или оперативного вмешательства	Частота ТГВ, %
Переломы позвоночника	68
Переломы таза	61
Переломы бедра	80
Переломы большеберцовой кости	77
Переломы лодыжек	74
Сочетанная травма (нижние конечности и ЧМТ)	77
Артротомии коленного сустава	25
Пателэктомии	50
Частота проксимального ТГВ на 7-21 день без профилактики	18,1

Внутрисосудистое тромбообразование является сложным процессом, обусловленным воздействием многих факторов. Для постановки точного диагноза и назначения своевременного лечения необходимы надежные и качественные средства диагностики тромбоэмболии.

Анализ информационных источников теоретической и практической клинической медицины позволил вывить следующие методы диагностики, используемые в настоящее время [4]:

– рентгенография;
– электрокардиография;
– компьютерная томография (КТ);
– ультразвуковое исследование вен (УЗИВ);
– импедансная плетизмография (ИПГ);
– определение концентрации D-димера;
– эхокардиография (ЭхоКГ);
– вентиляционно-перфузное сканирование легких (ВПСЛ);
– оценка параметров гемодинамики;
– флебография;
– термография;
– цветное доплеровское сканирование (НДС);
– ангиопульмонография (АПГ);

– лабораторные методы исследования параметров гемостаза;

– вискозиметрия;

– экспресс-диагностика;

– скрининг-диагностика.

К достоинствам и недостаткам наиболее распространенных методов на существующем этапе развития практической медицины относятся:

• Рентгенография – локализует тромбы в легочной артерии, оказывает помощь в качестве фактора, подтверждающего другие исследования; не является эффективным прогностическим методом.

• Электрокардиография – в большинстве случаев помогает предположить массивную ТЭЛА; является наиболее доступным и широко распространенным методом; возникают трудности трактовки ЭКГ-изменений у пациентов пожилого возраста с органическими поражениями коронарных артерий.

• Компьютерная томография (КТ) – по сравнению с ангионульмонографией проще, требует меньше времени и персонала, а по информативности КТ-ангиография, как минимум, не уступает селективной ангиопульмонографии; для сканирования грудной клетки достаточно однократной задержки дыхания; возникают сложности с визуализацией не вертикально расположенных артерий.

• Ультразвуковое исследование вен (УЗИВ) – метод Донилера, он прост, быстро выполним у постели больного; возможно повторное исследование без каких-либо последствий для здоровья пациента; обладает высокой чувствительностью при выявлении тромбозов бедренных вен, однако не позволяет дифференцировать сдавленные вены извне и венозный тромбоз; чувствительность недостаточна для диагностирования тромбозов вен голени; специфичность высока, но достигается высококвалифицированными специалистами [5].

• Импедансная плетизмография (ИПГ) – простой метод анализа состояния вен бедра, таза, конечностей; менее чувствителен при обнаружении тромбов, расположенных в венах голени или частично закупоривающих их; требует специальной индивидуальной настройки на пациента при выраженной сердечной недостаточности, варикозном расширении вен, отеке.

• Эхокардиография (ЭхоКГ) – позволяет визуализировать тромбы в полостях правого предсердия, оценивать гипертрофию правого желудочка, степень увеличения давления в сосудах легких, проводить дифференциальную диагностику ТЭЛА с синдромно-сходными заболеваниями (инфаркт миокарда, выпотной перикардит, расслаивающая аневризма грудной аорты) [6]; имеет существенные ограничения при диагностике тромбозов в предсердиях; требуется высококвалифицированный медицинский персонал.

• Вентиляционно-перфузное сканирование легких (ВПСЛ) – метод отличается высокой чувствительностью, но недостаточно специфичен; диагностика ТЭЛА возможна только при сопоставлении ее результатов с клинической картиной.

• Термография – метод прост, специализируется на исследовании глубоких вен нижних конечностей; быстро выполним у постели больного; его можно проводить повторно без каких-либо последствий для здоровья пациента; однако проводимое исследование продолжительно и неспецифично.

• Флебография – применение не вызывает значительных болевых ощущений; риск флебита или аллергических реакций низкий; локализует тромбы глубоких вен голени; используемые камеры имеют низкую разрешающую способность; тромбоз хорошо диагностируется только при накоплении достаточно большого количества вещества [7].

• Ангиопульмонография (АПГ) – специализируется на выявлении тромбов в легочной артерии; хорошо подтверждает диагноз ТЭЛА; оценивает объем поражения сосудистого русла легких с помощью ангиографического индекса; часто наблюдаются аллергические реакции;

высок риск развития сердечной недостаточности во время процедуры, нарастания легочной гипертензии.

• Лабораторные методы исследования параметров гемостаза и вискозиметрия требуют забора крови.

• Экспресс-диагностика – осуществляется на этапе превентивной медицины, достаточно приемлемо прогнозирует тромбоэмболию в типичных ситуациях и имеет плохую специфичность в нетиповых случаях; не учитывает специфику «образа жизни», хорошо автоматизируется.

• Скрининг-диагностика – метод применяется в основном в донозологической диагностике и массовом обследовании; малопродуктивен при анализе последствий травмы или в послеоперационный период; обладает преимуществами при профилактике тромбоэмболии.

К средствам диагностики тромбозов и эмболий относятся:

• *Тромбоэластография:* позволяет регистрировать свертывание крови и изменения упругости сгустка крови во времени (ретракцию – сжатие и лизис – растворение), с помощью тромбодинамограммы (ТДГ) выявить такие наиболее информативные параметры, как:

– время образования тромбопластина и превращения протромбина в тромбин (I и 11 фазы свертывания крови – невидимые фазы свертывания);

– скорость образования сгустка определенной прочности;

– общая свертывающая способность крови;

– масса фибриногена в крови и плазме;

– показатель, связанный с образованием и ретракцией фибрино-тромбоцитарной сети;

– общее время формирования сгустка;

– изменение плотности и эластичности сгустка;

– графическая запись фаз рефакции: сокращения и расслабления;

– индексы фибринолиза, отражающие физико-химические свойства сгустка.

• *Гемокоагулометр* – предназначен для определения параметров свертывающей системы крови. Он обеспечивает регистрацию времени коагуляции (образования фибринового сгустка) с последующим автоматическим пересчетом протромбинового времени в протромбиновый индекс. Прибор автоматически производит расчет активности факторов протромбинового комплекса по Квику (в процентах), активности факторов VIII, IX, активности антитромбина III (в процентах), концентрации фибриногена в исследуемой плазме по методу Клаусса (в г/л) по калибровочным графикам, хранящимся в памяти прибора. При проведении измерений в двух каналах одновременно (измерение в дублях) осуществляется расчет среднего значения. Прибор позволяет определять длительность процесса коагуляции крови, плазмы крови или другой жидкости после введении реактива-коагулянта. Длительность процесса коагуляции определяется механическим способом (по остановке вращающегося шарика) или оптическим способом (по изменению коэффициента пропускания света содержимым измерительной кюветы).

Рассмотренные средства позволяют автоматизировать процесс определения основных показателей свертывания крови и используются при экспресс-диагностике, но более точные исследования первичного и вторичного гемостазов базируются на основе результатов методов лабораторной диагностики.

Как уже отмечалось, особый интерес вызывает своевременный анализ и прогноз тромбоэмболии при травме, поскольку в этом случае наиболее часты случаи прогрессивного развития патологической ситуации. Опасность развития тромбоэмболических осложнений сопряжена с травматическими повреждениями (в том числе в послеоперационный период).

Различные травматические повреждения в той или иной степени сопряжены с опасностью развития венозных тромбоэмболических осложнений.

По данным M. M. Knudson [8], факторами риска тромбоэмболических венозных осложнений являются: иммобилизация более трех дней, возраст 30 лет и старше, перелом костей таза или нижних конечностей. Данные получены автором на основании изучения частоты ТГВНК и ТЭЛА у 400 пациентов с травмами различной локализации.

На основании изучения ТЭЛА и ТГВНК у больных после перенесенных артропластик тазобедренного и коленного сустава [9] установили, что к факторам риска этой патологии относятся: сосудистые повреждения, активация свертывания крови, венозный стаз и операция на нижних конечностях.

Fisher C.G. [10] установил, что к факторам риска возникновения ТЭЛА относится перелом костей таза, при котором это осложнение встречается в 11% случаев. Agnelli G. [11] к клинически установленным факторам высокого риска относит: множественную травму, большие ортопедические операции, повреждение спинного мозга и операции у онкологических больных.

Brandjes D.P. [12] в качестве факторов высокого риска для возникновения ТГВНК и ТЭЛА выделяет следующие: большие ортопедические операции (хирургия бедра и коленного сустава (50%)) и абдоминальная хирургия (20%). К другим хорошо известным факторам риска относятся ингибиторы свертывания крови (протеин С, протеин S и антитромбин 3).

При протезировании тазобедренного и коленного суставов процент риска ТГВНК составляет 45-60% и 84% соответственно. При этом процент риска развития смертельной ТЭЛА составляет 1-5%. Также установлено, что процент риска развития проксимального флеботромбоза составляет 20% после протезирования тазобедренного сустава и 20% после операции на коленном суставе. Соответственно дистальный флеботромбоз развивается в 40-70% случаев.

В таблице 3 приведено обобщение изученного материала [13]

Таблица 3

Факторы риска ТГВНК и ТЭЛА для различных групп пациентов

Группы риска	Факторы риска
Травматологические больные	1. Случайная травма. 2. Хирургические больные: -ортопедические операции (бедро и колено) -длительность операции более 30 минут
Дополнительные факторы риска	1. Возраст (старше 40 лет). 2. Ожирение. 3. Опухоли. 4. ТГВНК или ТЭЛА в анамнезе. 5. Иммобилизация (постельный режим, гипс). 6. Беременность. 7. Прием оральных контрацептивов. 8. Большой операционный доступ
Клинические расстройства, предрасполагающие к ТЭЛА	1. Варикозная болезнь. 2. Сердечная недостаточность или инфаркт. 3. Инсульт. 4. Нефротический синдром. 5. Тромбоцитоз. 6. Полицитемия. 7. Системная красная волчанка. 8. Инфекция

Баешко А. А. [14] предлагает больных распределить по факторам риска на следующие группы:

• Низкий риск: лица, возраст которых превышает 40 лет, операция менее 1 часа, анамнез не отягощен, вес тела в норме. Пациенты с низким риском активировались после операции через 2 дня. Частота ТЭЛА составила 0,7% и летальность – 0,02%.

• Средний риск: пациенты более 40 лет, длительность операции более 1 часа, имеют ожирение, недостаточность кровообращения, варикозную болезнь, сахарный диабет, онкопатологию, инфаркт миокарда. Постельный режим был 3-5 дней. Частота ТЭЛА составила 2%, летальность – 0,76%.

• Высокий риск: все больные с ХВН или эпизодами венозной тромбоэмболии в анамнезе. Частота ТЭЛА составила 6%, летальность – 2,8%.

• Очень высокий риск: больные старше 60 лет, сочетание ХВН с ожирением, длительность операции более 2 часов. Частота ТЭЛА составила 8%, летальность, связанная с ней, – 4% [15].

Степень риска представлена в таблице 4.

В работах [13, 16] рекомендуется использовать балльную оценку факторов риска, представленную в таблице 5.

Таблица 4

Степень риска послеоперационных венозных тромбоэмболических осложнений

Риск	Факторы риска, связанные с:		Способы профилактики
	операцией	состоянием больного	
Низкий (IA)	I. Неосложненные вмешательства продолжительностью до 45 мин (аппендэктомия, грыжесечение, роды, аборт, трансуретральная аденомэктомия)	A: отсутствуют	-Ранняя активация больных* -Эластическая компрессия нижних конечностей*
Умеренный (IB, IC, IIA, IIB)	II. Большие вмешательства (холецистэктомия, резекция желудка или кишечника, осложненная аппэндектомия, кесарево сечение, ампутация матки, артериальная реконструкция, чрезпузырная аденомэктомия, остеосинтез костей голени)	B: возраст>40 лет, варикозные вены, прием эстрогенов, недостаточность кровообращения, постельный режим> 4 дней, инфекция, ожирение, послеродовый период (6 недель)	НМГ (Клексан 20 мг) х 1 раз в день п\к или НФГ 5000 ед.х2-3 раза в день п\к или длительная прерывистая компрессия ног
Высокий (IIC, IIIA, IIIB, IIIC)	III. Расширенные вмешательства (гастрэктомия, панкреатэктомия, колэктомия, экстирпация матки, остеосинтез бедра, ампутация бедра, протезирование суставов)	C: онкологические заболевания, ТГВ и ТЭЛА в анамнезе, паралич нижних конечностей, тромбофилии	НМГ (Клексан 40 мг) х 1 раз в день п\к или НФГ 5000-7500 ед. х3-4 раза в день п\к+ методы ускорения венозного кровотока
Особые случаи			Лечебные дозы НМГ или НФГ+парциальная окклюзия НПВ

*Указанные мероприятия следует проводить у всех.

Таблица 5

Балльная оценка факторов риска развития ТЭО (по Tibiani Duprarc)

Предрасполагающие факторы	Оценка в баллах
Индивидуальные:	
возраст (30-40 лет)	1
тромбоз в анамнезе	3
варикозное расширение вен	6
ожирение	2
предоперационная иммобилизация	2
	2
Факторы, связанные с операцией или повреждением:	
костей таза или шейки бедренной кости	4
костей нижней конечности	3
позвоночника	3
другие повреждения	1
Травматический или операционный шок	1
Вскрытие области перелома при травме или операции	
Вскрытие послеоперационного или посттравматического сефатического очага	2
Частичная иммобилизация	3
Повторные операции или манипуляции	2

Примечание. При более суммарных 8 баллах пациент относится к группе высокого риска.

Таким образом, имеющиеся в литературе обширные данные о факторах и степени риска ТГВНК и ТЭЛА касаются исследований состояния общехирургических больных. Между тем выделение факторов риска венозных тромбоэмболических осложнений, коррелируемых с травмой, позволит проводить диагностическое прогнозирование осложнений у травматологических больных.

В этом направлении в клинике применяются следующие подходы.

Для прогноза развития глубокого венозного тромбоза у оперированных больных [17] предлагается использовать следующую формулу расчета прогностического индекса:

И=-11,3в+0,009а+0,22б+0,043г+2,19д,

где И – индекс;

а – время лизиса эутоглобулинового сгустка (мин) больных;

б – фибриноген-связанный антиген плазмы крови, мг\л;

в – возраст, лет;

г – избыток массы тела, %;

д – варикозное расширение вен нижних конечностей (1 – есть, 0 – нет).

В представленной формуле используются разномодальные факторы риска.

В связи с этим предлагается применять следующую модификацию:

$$И = \begin{cases} -11{,}3 \cdot в + 0{,}01 \cdot а + 0{,}22 \cdot б + 0{,}04 \cdot г, & \text{нет варикозного расширения вен,} \\ 2{,}2 - 11{,}3 \cdot в + 0{,}01 \cdot а + 0{,}22 \cdot б + 0{,}04 \cdot г, & \text{есть варикозное расширение вен.} \end{cases}$$

Далее применяется следующее продукционное правило: «Если И>=2, ТО высока вероятность развитие тромбоза глубоких вен нижних конечностей».

Однако впоследствии клинический опыт применения индекса не подтвердил приемлемую для клинической практики специфичность указанного правила.

Попытки выявления тромбоопасных больных «балльным методом» изучались и другими учеными, например E. Domanig [18]. Они распределили пациентов по количеству баллов тромбоопасности по схеме Доманига. В основе схемы лежат видимые и оцениваемые внешние факторы, влияющие на свертывающую систему крови. Критической предлагалось рассматривать сумму баллов, равную 11 или выше (тромбоопасный индекс). Ноздрачев Ю. И. [19] применил системный подход и компьютерное имитационное моделирование хирургических больных с анализом 12 клинических признаков и верификации диагноза с помощью радионуклеидного метода, флебографии с учетом операционных и секционных находок, позволивших объективно определить наиболее информативные признаки. На их основе было разработано прогностическое решающее продукционное правило, использование которого осуществлялось по следующей методике. Для каждого из 7 значимых признаков рассчитывалось численное значение характерного коэффициента – балла с положительным или отрицательным значением. Для получения индивидуального прогноза определялась сумма прогностических коэффициентов в тех проявлениях признаков, которые присущи отдельному больному, и сравнивалась с пороговым значением, равным 0. (По сути, использовалось правило дискриминантного типа.) Если сумма прогностических коэффициентов положительная, то у данного больного прогнозируется формирование послеоперационного венозного тромбоза и чем больше сумма, тем больше риск тромбоэмболии [19].

Трудности решения прогностических задач в основном связаны с полифакторностью (синдромальностью) диагностики, т. е. необходимостью одновременного учета достаточно большого числа разнообразных факторов, регистрируемых в различных метриках. Таким образом, возникает проблема формирования информативного множества факторов риска (показателей состояния организма).

Различные методы решения данной проблемы рассматривались в теории принятия решений и классификационных задач с использованием различных критериев [20]. Ноздачев Ю. И. [19] впервые в медицинской практике предложили использовать формулу Шеннона по определению количества информации, адаптированной к выборкам малого объема, характерным для медицинских исследований. Достоверность прогноза затруднялась, поскольку ситуация (ранжирование факторов по информативности) менялась в процессе операции и в раннем послеоперационном периоде.

При анализе факторов, представленных в виде биомедицинских сигналов небольших объемов, предлагается применять периодометрический метод, который, как показано в работе [21], позволяет получить диагностически аналогичную информацию частотному анализу.

Развитие диагностических технологий системного анализа (включая дифференциальную диагностику, синдромальный и симптомокомплексный подходы) в медицинской практике позволило активно внедрять в диагностико-терапевтический процесс методы искусственного интеллекта: распознавание образов [20], теория принятия решений [22], теория субъективного анализа [23], искусственные нейронные [24] и иммунные сети [25], генетические и эволюционные [26] алгоритмы, теория нечеткого логического вывода [27], многоагентный анализ [28]. Получили развитие и методы латентных измерений [29] и применения комплексных показателей, например показатель системной организации функции [30]. Указанные технологии реализуются с

помощью инструментария, разработанного различными фирмами компьютерных технологий. Вопросам формирования множества информативных признаков (факторов риска) посвящены, например, работы [31, 32, 33]. Построение систем поддержки принятия диагностических решений на основе прямых и обратных решающих правил рассмотрено в [34].

В целях улучшения качества диагностической информации и результативности принимаемого решения, особенно на этапе превентивной медицины, комплексное исследование (по нескольким методам) не только не целесообразно, но и зачастую невозможно.

Необходимость комплексности связана со следующими причинами:

1) формирование итоговой диагностической гипотезы по совокупности информации, полученной разными методами;

2) недостаточная специфичность гипотез по итогам отдельного метода;

3) возможная недостаточная компетентность медицинского работника при анализе информации итогов отдельного метода.

Таким образом, для повышения результативности диагностического процесса необходимо разрешить проблему повышения качества диагностики каждого метода по отдельности и-или совокупности методов (специфичности, чувствительности, эффективности) на основе использования достижений в области искусственного интеллекта в части анализа полимодальной многофакторной информации, представленной в различных метриках.

Список литературы

1. Гринфельд Е. С. Современные подходы к лечению венозной тромбоэмболии // РМЖ. – 2010. – № 3. – С. 131.

2. Классификация факторов риска тромбоэмболии [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tiensmed.ru/news/tromboembolia-q7n.html.

3. Скороглядов А. В., Копенкин С. С. Предупреждение венозных тромбоэмболических осложнений у больных с повреждениями костей и суставов в остром периоде // Здравоохранение и медицинская техника. – 2005. – № 8. – С. 25.

4. Современные подходы к диагностике тромбоэмболии легочной артерии / И. В. Багорова, Г. А. Кухарчик, В. И. Серебрякова, И. В. Константинова, М. Ю. Капутин // Флебология. – 2012. – № 4. – С. 35–42.

5. Цвибель В., Пеллерито Дж. Ультрозвуковое исследование сосудов [Электронный ресурс]: [пер.с англ.] / под ред. В. В. Митькова, Ю. М. Никитина, Л. В. Осипова. – 5-е изд. – М.: Видар'М, 2008. – URL: http://bmedicine.ru/ultrazvukovoe-issledovanie-sosudov.

6. Рыбакова М. К., Митьков В. В., Балдин Д. Г. Эхокардиография. – М.: ВИДАР, 2016. – 600 с.

7. Шимановский Н. Л. Контрастные средства: учебное пособие. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 464 с.

8. Prevention of venous thromboembolism in trauma patients / M. M. Knudson, F. R. Lewis, A. Clinton [et al.] // J Trauma. – 1994. – Vol. 37, № 3. – P. 480–487.

9. Paiement G. D., Mendelsohn C. The risk of venous thromboembolism in the orthopedic patient: epidemiological and physiological data // Orthopedics. – 1997. – Vol. 20. – P. 7-9.

10. Effectiveness of pneumatic leg compression devices for the prevention of thromboembolic disease in orthopedic trauma patients: a prospective, randomized study of compression alone versus no prophylaxis / C. G. Fisher, P. A. Blachut, A. J. Salvian [et al.] // J Orthop. Trauma. – 1995. – Vol. 9, № 1. – P. 11–14.

11. Agnelli G., Sonaglia F. Prevention of venous thromboembolism in high risk patients // Haematologica. – 1997. – Vol. 82, N 4. – P. 496–502.

12. Brandjes D. P., Cate J. W., Buller H. R. Pre-surgical identification of the pati- ent at risk for developing venous thromboembolism post-operatively // Act.Chi.r Scand. – 1990. – Vol. 556. – P. 18–21.

13. Мишустин В. Н. Глубокие венозные тромбозы и тромбоэмболия легочной артерии: диагностика, прогнозирование рисков, лечение в раннем периоде травматической болезни: дис…д-ра мед. наук. – Курск, 2000. – 342 с.

14. Баешко А. А. Послеоперационный тромбоз глубоких вен нижних конечностей и тромбоэмболия легочной артерии. – М., 2000. – 131с.

15. Andercon F. A., Wheeler H. B. Strategies to improve implementation // Prevention of Venous Thromboembolism / S. Goldhaber , ed. – N.Y.: Marcel Dekker Inc., 1992. – P. 519–539.

16. Refining clinical risk stratification for predicting stroke and thromboembolism in atrial fibrillation using a novel risk factor-based approach: the Euro Heart Survey on atrial fibrillation / G. Y. Lip, R. Nieuwlaat, R. Pisters, D. A. Lane, H. J. Crijns // Chest., 2010. – 137 c.

17. Clayton U. K., Anderson J. A., McNicol G. P. Preoperative prediction of postoperative deep vein thrombosis // B.r Med. J. – 1976. – Vol. 2. – P. 910–912.

18. Paiement G. D., Mendelsohn C. The risk of venous thromboembolism in the orthopedic patient: epidemiological and physiological data // Orthopedics. – 1997. – Vol. 20. – P. 7–9.

19. Ноздрачев Ю. И. Диагностика, прогнозирование и профилактика послеоперационных венозных тромбозов: дис. … д-ра мед. наук. – М., 2011. – 356 с.

20. Распознавание образов. Введение в методы статистического обучения. – М.: Едиториал УРСС, 2011. – 256 с.

21. Рангайян Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход: [пер. с англ.] / под ред. А. П. Немирко. – М.: Физматлит, 2007. – 440 с.

22. Рыков А. С. Системный анализ. Модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.

23. Касьянов В. О. Субъективный анализ. – М., 2007. – С. 512.

24. Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ / Рышард Тадеусевич, Барбара Боровик, Томаш Гончаж, Бартош Леппер; перевод И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 408с.

25. Самигулина А. Обработка данных искусственными иммунными сетями в системах поддержки принятия решения // Новости науки Казахстана. – 2008. – С. 94–97.

26. Биоинспирированные методы в оптимизации: монография / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик [и др.]. – М.: Физматлит, 2009. – 384 с.

27. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы = Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. – 2-е изд. – М: Горячая линия-Телеком, 2014. – 452 с.

28. Дегтярев С. В., Филист С. А., Дюдин М. В. Многоагентный подход построения системы интеллектуальной поддержки принятия решений анализа и классификации флюорограмм // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2014. – № 9. – С. 17–21.

29. Маслак А. А. Теория и практика измерения латентных переменных LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 548 с.

30. Artemenko M. V. Quantitative measures for assessing functional state of the human body during the diagnostic process // Biomedical Engineering. – 2008. – Т. 42, № 2. – С. 92–96.

31. Артеменко М. В., Подвальный Е. С., Старцев Е. А. Метод комплексной оценки и выборка состава информативных признаков в задачах оценки состояния биотехнических систем //

Биомедицинская радиоэлектироника. – 2016. – № 9. – С. 38–44.

32. Артеменко М. В., Калугина Н. М., Шуткин А. Н. Формирование множества информативных показателей на основании аппроксимирующего полинома Колмогорова-Габора и максимального градиента функциональных различий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 1 (18). – С. 116–123.

33. Оценка уровня информативности для плохоформализуемых данных в медицине, психологии и экологии / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, В. Н. Николаев, В. В. Серебровский // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 2 (19). – С. 136–142.

34. Артеменко М. В., Добровольский И. И., Мишустин В. Н. Информационно-аналитическая поддержка автоматизированной классификации на основе прямых и обратных решающих правил на примере прогноза тромбоэмболии // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12, ч. 2. – С. 199–205.

Получено 27.01.17

R. A. Krupchatnikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: roman0406@yandex.ru);

V. N. Mishustin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Kursk State Medical University (e-mail: vladimirshef2011@mail.ru)

M. V. Artemenko, Candidate of Biology Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: artem1962@mail.ru)

I. I. Dobrovolsky, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: iidobrovolskii@gmail.com)

METHODS OF DIAGNOSTICS AND RISK FACTORS OF THE FORECAST OF A THROMBEMBOLIA IN DECISION MAKING SUPPORT SYSTEMS

Formation of thromboses and development of a tromboembolichesky disease is characteristic of many injuries and surgical interferences that causes relevance of the timely forecast at different stages of diagnostiko-therapeutic process. The health worker needs to analyze quickly for this purpose a set of risk factors of different modality and level of an objectivism.

Development of a theoretical base and program work benches of an artificial intelligence for the decision of tasks of classification and prediction allows to create specialized automated support systems of acceptance of diagnostic decisions as a part of an automated workplace of the doctor for clinical medicine and to professional development of health workers.

Now there is a set of different methods of diagnostics (including, preventive) a thrombembolia in clinical conditions and-or in the course of screening. In the provided operation the methods of diagnostics and determination of risk factors of development of a thrombembolia applied now, the origin and development of a thrombembolia and a thrombembolia of a pulmonary artery (TELA) allowing to predict in case of injuries which results are well formalized are considered and can be used in the knowledge base of automated support systems of acceptance of diagnostic decisions. Classification of methods and risk factors according to different epistemological approach is given, modification of calculation of a prognostic index of venous thrombosis at the operated patients is offered – it allows a kognitolog to create the adequate and productive knowledge base of the decision making support system allowing to resolve in an interactive mode specific problems of improvement of quality of diagnostics of each method separately and-or sets of methods by adequate processing of polymodal multiple-factor information for formation of a set of alternative therapeutic decisions.

***Key words**: thrombembolia, risk factors, diagnostics methods, classification.*

References

1. Grinfel'd E. S. Sovremennye podhody k lecheniyu venoznoj tromboehm-bolii // RMZH. – 2010. – № 3. – S. 131.

2. Klassifikaciya faktorov riska tromboehmbolii [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http://www.tiensmed.ru/news/ tromboembolia-q7n.html.

3. Skoroglyadov A. V., Kopenkin S. S. Preduprezhdenie venoznyh tromboehmbolicheskih oslozhnenij u bol'nyh s povrezhdeniyami kostej i sustavov v ostrom periode // Zdravoohranenie i medicinskaya tekhnika. – 2005. – № 8. – S. 25.

4. Sovremennye podhody k diagnostike tromboehmbolii legochnoj arterii / I. V. Bagorova, G. A. Kuharchik, V. I. Serebryakova, I. V. Konstantinova, M. Yu. Kaputin // Flebologiya. – 2012. – № 4. – S. 35–42.

5. Cvibel' V., Pellerito Dzh. Ul'trozvukovoe issledovanie sosudov [Ehlektronnyj resurs]: [per.s angl.] / pod red. V. V. Mit'kova, Yu. M. Nikitina, L. V. Osipova. – 5-e izd. – M.: Vidar'M, 2008. – URL: http://bmedicine.ru/ ultrazvukovoe-issledovanie-sosudov.

6. Rybakova M. K., Mit'kov V. V., Baldin D. G. Ehkhokardiografiya. – M.: VIDAR, 2016. – 600 s.

7. Shimanovskij N. L. Kontrastnye sredstva: uchebnoe posobie. – M.: GEHOTAR-Media, 2009. – 464 s.

8. Prevention of venous thromboembolism in trauma patients / M. M. Knudson, F. R. Lewis, A. Clinton [et al.] // J Trauma. – 1994. – Vol. 37, № 3. – P. 480–487.

9. Paiement G. D., Mendelsohn C. The risk of venous thromboembolism in the orthopedic patient: epidemiological and physiological data // Orthopedics. – 1997. – Vol. 20. – P. 7-9.

10. Effectiveness of pneumatic leg compression devices for the prevention of thromboembolic disease in orthopedic trauma patients: a prospective, randomized study of compression alone versus no prophylaxis / C. G. Fisher, P. A. Blachut, A. J. Salvian [et al.] // J Orthop. Trauma. – 1995. – Vol. 9, № 1. – P. 11–14.

11. Agnelli G., Sonaglia F. Prevention of venous thromboembolism in high risk patients // Haematologica. – 1997. – Vol. 82, N 4. – P. 496–502.

12. Brandjes D. P., Cate J. W., Buller H. R. Pre-surgical identification of the pati- ent at risk for developing venous thromboembolism post-operatively // Act.Chi.r Scand. – 1990. – Vol. 556. – P. 18–21.

13. Mishustin V. N. Glubokie venoznye trombozy i tromboehmboliya legochnoj arterii: diagnostika, prognozirovanie riskov, lechenie v rannem periode travmaticheskoj bolezni: dis…d-ra med. nauk. – Kursk, 2000. – 342 s.

14. Baeshko A. A. Posleoperacionnyj tromboz glubokih ven nizhnih konechnostej i tromboehmboliya legochnoj arterii. – M., 2000. – 131c.

15. Andercon F. A., Wheeler H. B. Strategies to improve implementation // Prevention of Venous Thromboembolism / S. Goldhaber , ed. – N.Y.: Marcel Dekker Inc., 1992. – P. 519–539.

16. Refining clinical risk stratification for predicting stroke and thromboembolism in atrial fibrillation using a novel risk factor-based approach: the Euro Heart Survey on atrial fibrillation / G. Y. Lip, R. Nieuwlaat, R. Pisters, D. A. Lane, H. J. Crijns // Chest., 2010. – 137 s.

17. Clayton U. K., Anderson J. A., McNicol G. P. Preoperative prediction of postoperative deep vein thrombosis // B.r Med. J. – 1976. – Vol. 2. – P. 910–912.

18. Paiement G. D., Mendelsohn C. The risk of venous thromboembolism in the orthopedic patient: epidemiological and physiological data // Orthopedics. – 1997. – Vol. 20. – P. 7–9.

19. Nozdrachev Yu. I. Diagnostika, prognozirovanie i profilaktika posle-

operacionnyh venoznyh trombozov: dis. … d-ra med. nauk. – M., 2011. – 356 s.

20. Raspoznavanie obrazov. Vvedenie v metody statisticheskogo obucheniya. – M.:Editorial URSS, 2011. – 256 s.

21. Rangajyan R. M. Analiz biomedicinskih signalov. Prakticheskij podhod: [per. s angl.] / pod red. A. P. Nemirko. – M.: Fizmatlit, 2007. – 440 s.

22. Rykov A. S. Sistemnyj analiz. Modeli i metody prinyatiya reshenij i poiskovoj optimizacii. – M.: Izdatel'skij Dom MISiS, 2009. – 608 s.

23. Kas'yanov V. O. Sub"ektivnyj analiz. – M., 2007. – S. 512.

24. Ehlementarnoe vvedenie v tekhnologiyu nejronnyh setej s primerami programm / Tadeusevich Ryshard, Borovik Barbara, Gonchazh Tomash, Lepper Bartosh; perevod I. D. Rudinskogo. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2011. – 408s.

25. Samigulina A. Obrabotka dannyh iskusstvennymi immunnymi setyami v sistemah podderzhki prinyatiya resheniya // Novosti nauki Kazahstana. – 2008. – S. 94–97.

26. Bioinspirirovannye metody v optimizacii: monografiya / L. A. Gladkov, V. V. Kurejchik, V. M. Kurejchik [i dr.]. – M.: Fizmatlit, 2009. – 384 s.

27. Rutkovskaya D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy = Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. – 2-e izd. – M: Goryachaya liniya-Telekom, 2014. – 452 s.

28. Degtyarev S. V., Filist S. A., Dyudin M. V. Mnogoagentnyj podhod postroeniya sistemy intellektual'noj podderzhki prinyatiya reshenij analiza i klassifikacii flyuorogramm // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2014. – № 9. – S. 17–21.

29. Maslak A. A. Teoriya i praktika izmereniya latentnyh peremennyh LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 548 s.

30. Artemenko M. V. Quantitative measures for assessing functional state of the human body during the diagnostic process // Biomedical Engineering. – 2008. – T. 42, № 2. – S. 92–96.

31. Artemenko M. V., Podval'-nyj E. S., Starcev E. A. Metod kompleksnoj ocenki i vyborka sostava informativnyh priznakov v zadachah ocenki sostoyaniya biotekhnicheskih sistem // Biomedicinskaya radioehlektironika. – 2016. – № 9. – S. 38–44.

32. Artemenko M. V., Kalugina N. M., Shutkin A. N. Formirovanie mnozhestva informativnyh pokazatelej na osnovanii approksimiruyushchego polinoma Kolmogorova-Gabora i maksimal'nogo gradienta funkcional'nyh razlichij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstven-nogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 1 (18). – S. 116–123.

33. Ocenka urovnya informativnosti dlya plohoformalizuemyh dannyh v medicine, psihologii i ehkologii / N. A. Korenevskij, A. N. SHutkin, V. N. Nikolaev, V. V. Serebrovskij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 2 (19). – S. 136–142.

34. Artemenko M. V., Dobrovol'skij I. I., Mishustin V. N. Informacionno-analiticheskaya podderzhka avtomatizirovannoj klassifikacii na osnove pryamyh i obratnyh reshayushchih pravil na primere prognoza tromboehmbolii // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2015. – № 12, ch. 2. – S. 199–205.

УДК 519.254

О. А. Трояножко, аспирантка, Санкт-Петербургский государственный университет (e-mail: med_otpor@mail.ru)

И. Д. Колесин, д-р физ.-мат. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет (e-mail: kolesin_id@mail.ru)

ДВУХЭТАПНАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Предлагается экспертная система медицинской диагностики, основанная на двухэтапном подходе: сначала – ранжирование диагностических показателей, затем – проведение диагностики. На первом этапе используется коэффициент перекрытия, определяющий меру сходства между двумя функциями распределения. Результат работы этапа ранжирования – выявление наиболее информативных показателей и вывод их на экран списком по степени уменьшения информативности.

На втором этапе в качестве критериальной используется дискретная функция ошибок, регистрирующая число неверно диагностированных пациентов. Результат работы этапа классификации – вывод на экран характеристик модели классификации с процентными и абсолютными величинами. Экспресс-диагноз для нового пациента выполняется по наиболее информативным показателям в соответствии с моделью классификации. Для вывода на печать формируется отчет Report.xls, содержащий диагностические показатели, степень выраженности симптомов у нового пациента, средние значения по двум группам, общую характеристику качества модели (включая специфичность и безошибочность классификации).

Численно подтверждено высокое качество двухэтапной диагностики, предложенной экспертной системой. В результате обработки баз данных рака молочной железы РМЖ-569, РМЖ-253 и базы данных Аппендицит-103 были выделены наиболее информативные показатели. В итоге процент правильно диагностированных пациентов по трем показателям составил 96,31%, 72,86% и 94,17% соответственно.

Алгоритмы в данной экспертной системе экономически целесообразны и позволяют избежать назначения излишних дорогостоящих процедур, а также сократить трудозатраты на поиск и интерпретацию неинформативных показателей. Сравнительный анализ работы экспертной системы подтвердил, что точность диагностики сопоставима с точностью, полученной другими методами, но при меньшей сложности алгоритмов ранжирования и классификации.

***Ключевые слова**: ранжирование показателей, диагностика, оптимизация, экспертная система диагностики, рак молочной железы, аппендицит.*

***

Введение

Статья посвящена разработке экспертной системы для использования ее в медицинской диагностике. Правильная диагностика – залог успешной борьбы с болезнью. Отнесение больного, например, к группе "болен" или "здоров" по анамнезу представляет собой решение задачи классификации. Решение подобного рода нетривиальных задач требует применения математических подходов, разработанных, например, в [1, 3, 4]. Предлагаемая экспертная система реализована в русле традиционного подхода: сначала – этап ранжирования диагностических показателей и затем – этап проведения диагностики.

Ранжирование реализовано на основе метода фильтрации (упорядочиванию по возрастанию) значений площадей перекрытия функций плотности распределения при аппроксимации распределением Лапласа. По окончании первого этапа работы экспертной системы на экран выводится упорядоченный по степени уменьшения информативности список диагностических показателей [6]. Второй этап классификации реализован на основе построения гиперплоскости $d(x,\alpha)=(x,\alpha)$, разделяющей два множества с наименьшим числом неверно распознанных объектов [7]. Тем самым предлагается экспертная система для ранжирования показателей различных баз данных и построения оптимального классификатора по наиболее информативным показателям.

На практике применение предложенной экспертной системы способствует достаточно точной обработке медицинских данных в сжатые сроки. Экспертные системы диагностики заболеваний для использования врачом-экспертом имеют различную архитектуру, но общая структура их одинакова и логически представлена следующей блок-схемой (рис. 1).

Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы экспертной системы диагностики заболеваний

Блок I позволяет уменьшать число показателей, блок II строит оптимальный классификатор, блок III выдает информацию о качестве диагностики.

Материалы исследования

Работоспособность метода исследовалась на базе данных по онкологии РМЖ-569 [8], содержащей данные о 569 пациентах, имеющих опухоль, и о 30 непрерывных диагностических показателях. По результатам анализа характеристик ядер клеток проводилось разделение по двум группам: доброкачественная опухоль и злокачественная (357 и 212 пациентов). Кроме того, работоспособность метода исследовалась на базе данных РМЖ-253 из того же университета [9], содержащей информацию о 253 пациентах по 39 показателям. Пациенты перенесли операцию по удалению опухоли молочной железы, причем 140 из них далее подверглись химио- или гормональной терапии. Разделение проводилось по двум группам: прожила более 5 лет после операции (61 пациент) и менее 5 лет (79 пациентов).

Также использовалась база данных Аппендицит-103, содержащая информацию по 8 дискретным показателям для 103 пациентов с подозрением на острый аппендицит. Разделение по группам: 79 прооперированных пациентов в связи с острым аппендицитом и 24 неоперированных пациента без симптомов острого аппендицита. Симптомы (диагностические показатели) фиксируются врачом во время первичного обследования. Данные любезно предоставлены ВМедА.

Описание работы экспертной системы (ЭС)

Интерфейс ЭС состоит из четырех модулей:

(I) **Ранжирование** диагностических показателей, выявляющее наиболее информативные диагностические показатели на основании коэффициента перекрытия;

(II) Построение модели **классификации** на основании дискретной функции ошибок, дающее медику точность диагноза;

(III) Постановка **экспресс-диагноза** для нового пациента по выявленным наиболее информативным показателям, дающая медику и графическую интерпретацию результатов;

(IV) Оценка **качества модели** классификации, представленная в отдельном отчете и дающая достоверную информацию об эффективности модели.

В качестве примера на рисунке 2 представлен интерфейс ЭС по завершении всех этапов вычисления при диагностике острого аппендицита.

(I) Для ранжирования диагностических показателей нужно нажать кнопку "**Непрерывные**" или "**Дискретные**" в зависимости от вида показателей. Показатели в порядке уменьшения их информативности выводятся в таблице. В первом столбце "**Диагностический показатель**" выводится название показателя, что соответствует названию столбцов в базе данных. Они выводятся в порядке уменьшения их информативности. Самый информативный показатель стоит на первой строчке. Во втором столбце "N" выводится мера информативности в абсолютной величине. Наиболее информативному показателю соответствует наименьшее число. Наоборот, наименее информативному показателю соответствует наибольшее число. Мера информативности находится в пределах от 0 до 1. После завершения работы модуля подается звуковой сигнал.

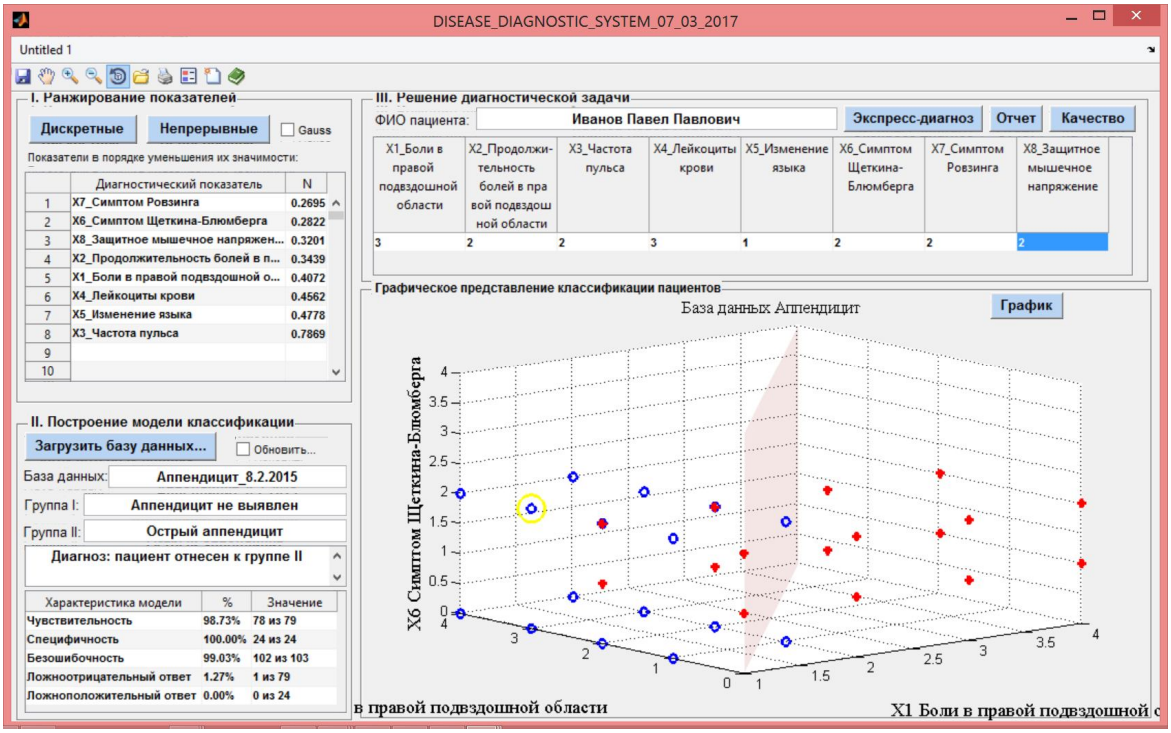


Рис. 2. Интерфейс экспертной системы диагностики заболеваний

(II) Вторым этапом проводится диагностика. Нужно нажать на кнопку "**Загрузить базу данных**". В результате работы ЭС на экран выводится характеристика модели с процентными и абсолютными величинами:

1. Чувствительность – это относительная частота отнесения истинно больного к группе больных;

2. Специфичность – это относительная частота отнесения истинно здорового к группе здоровых;

3. Безошибочность – это относительная частота принятия безошибочных решений, как по отношению к истинно больным, так и истинно здоровым;

4. Ложноотрицательный ответ (ошибка первого рода) – это относительная частота отнесения истинно больного к группе здоровых;

5. Ложноположительный ответ (ошибка второго рода) – это относительная частота отнесения истинно здорового к группе больных.

После завершения работы модуля также подается звуковой сигнал.

(III) Нажатием на кнопку "**Экспресс-диагноз**" программа считывает значения диагностических показателей нового пациента, заданных в раскрывающихся списках, и выдает диагноз в текстовом окне "Диагноз: пациент отнесен к группе I(II)". Также создается отчет для нового пациента. Отчет Report.xls с диагностическими показателями нового пациента, средними значениями по двум группам и другими параметрами доступен для вывода на печать (рис. 3). Также выводится графическое представление классификации пациентов. Синие кружочки соответствуют пациентам из группы I, красные крестики – пациентам из группы II. В пространстве координат x,y,z – значений трех наиболее информативных показателей – отображается территориальная карта двух групп.

(IV) Нажатием кнопки "**Качество**" выполняется оценка **качества модели** классификации методом десятикратной перекрестной проверки, где обучающее множество состоит из 90% от исходных данных. При этом средние значения при каждой проверке дают более достоверную информацию о характеристике модели, нежели использование лишь одного множества для обучения и одного для тестирования.

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования
ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ С. М. КИРОВА
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Министерство обороны Российской Федерации

Военно-медицинская академия

Пациент: **Иванов Павел Павлович**
Отчет создан: **07-Марта-2017 23:47**
Исследование: **Аппендицит-103**
Диагноз: **Аппендицит не выявлен**

№	Диагностический показатель	Степени выраженности симптомов и их коды	Значение	Средние значения для группы I: нет острого аппендицита	Средние значения для группы II: острый аппендицит
1	Боли в правой подвздошной области	1 – незначительные; 2 – выраженные.	1	1,17	1,76
2	Продолжительность болей в правой подвздошной области	1 – свыше двух суток; 2 – 25-48 ч.; 3 – 13-24 ч.; 4 – до 12 ч.	1	1,79	3,13
3	Частота пульса	1 – до 80; 2 – 81-100; 3 – свыше 100 уд/мин.	1	1,17	1,42
4	Лейкоциты крови	1 – до 8; 2 – 8-14; 3 – свыше 14 тыс/мкл.	0	1,29	2,09
5	Изменение языка	0 – не обложен; 1 – обложен.	0	0,25	0,77
6	Симптом Щеткина-Блюмберга	0 – отсутствует; 2 – выражен.	0	0,08	1,52
7	Симптом Ровзинга	0 – отсутствует; 2 – выражен.	0	0,08	1,54
8	Защитное мышечное напряжение	0 – отсутствует; 2 – выражен.	0	0,08	1,44

Характеристика модели		
Чувствительность	98.73%	78 из 79
Специфичность	100.00%	24 из 24
Безошибочность	99.03%	102 из 103
Ложноотрицательный ответ	1.27%	1 из 79
Ложноположительный ответ	0.00%	0 из 24

Коэффициенты	
α_0=	1,4893
α_1=	-0,2834
α_2=	-0,2233
α_3=	-0,0127
α_4=	-0,0292
α_5=	-0,2050
α_6=	-0,2160
α_7=	-0,2404
α_8=	-0,1632

Рис. 3. Отчет о результатах экспресс-диагностики в экспертной системе

(V) Опционально можно выводить в блоке ранжирования цену: название диагностического показателя | информативность | цена анализа в рублях.

Результаты исследования и их обсуждение

Предложенные методы были апробированы на базах данных по онкологии и острому аппендициту. В первом модуле работы ЭС были выбраны наиболее информативные показатели методом фильтрации на основе коэффициента перекрытия. Во втором модуле была проведена диагностика на основе критериальной дискретной функции ошибок, регистрирующей количество неверно диагностированных пациентов. В итоге был построен оптимальный классификатор с наибольшей диагностической точностью.

В результате обработки базы данных РМЖ-569 были выделены наиболее информативные показатели: наихудший показатель текстуры, наибольшая площадь и наибольшая доля вогнутых участков контура (показатели x_{22}, x_{24} и x_{28}). В итоге процент правильно диагностированных пациентов составил 96,31% при ошибке классификации $r = 3,69\%$, что совпадает с результатами [10] и лучше на $1,58\%$, чем результаты [5]. Это хороший результат, учитывая, что точность диагностики по всем показателям составила 96,5%.

В результате обработки базы данных РМЖ-253 были выделены три наиболее информативных показателя: фрактальный размер x_{15}, средняя квадратическая ошибка площади x_{19} и наихудший фрактальный размер x_{35} ядер. Процент правильно диагностированных пациентов составил 72,86% (при проценте ошибок $r(\alpha) = 27,14\%$), что точно совпадает с результатами в [5] и лучше на $2,06\%$, чем результат 70,80% в [2].

В результате обработки базы данных Аппендицит-103 выделены три наиболее информативных показателя: симптом Щеткина-Блюмберга x_6, симптом Розинга x_7, и защитное мышечное напряжение x_8.

По выявленным показателям, применяемым в первые минуты контакта больного с медиками (т.е. без использования элементарных инструментальных исследований), ЭС показала достаточно высокую диагностическую точность (94,17%). При диагностике по пяти наилучшим показателям (к показателям x_6, x_7, x_8 добавили боли в правой подвздошной области x_1 и их продолжительность x_2) качество распознавания достигло максимума и составило 99,03% (или 102 из 103) правильно диагностированных.

Разработанная ЭС может быть полезной при обработке относительно небольших баз данных. При анализе объемных баз данных (например, генетических) объем вычислений возрастает, поэтому предложенные алгоритмы будет уместно модернизировать с учетом особенностей этих баз.

Разработанная ЭС может быть использована в отделениях со скрининг-диагностикой при потоковом обследовании, а также в практике специализированных медицинских учреждений как вспомогательный инструмент обследования, т.к. надежно выявляет группы риска и обеспечивает контроль за динамикой состояния в процессе лечения. Нажатие одной кнопки "Экспресс-диагноз" позволяет получить результаты диагностики, представленные графически, определить степень риска развития патологии и наглядно увидеть расположение пациентов по группам в 2D/3D. При этом на осях отображаются информативные показатели.

В перспективе планируется настройка на применение ЭС не только для смежных нозологических групп заболеваний, но и в других прикладных областях. Преимуществом предложенной ЭС является возможность легкого программирования алгоритмов ранжирования и диагностики при разработке приложений

для всех устройств, поддерживающих работу на таких платформах, как Windows и Android.

Заключение

В заключение можно отметить, что степень сложности реализованных в ЭС алгоритмов намного ниже, чем их аналогов. Были использованы и апробированы простые методы ранжирования, основанные на измерении площади перекрытия подграфиков функции плотности распределения показателей, а также несложный в реализации метод построения разделяющей гиперплоскости, полученной оптимизацией начальной гиперплоскости.

Данная ЭС может быть простым и удобным решением для постановки экспресс-диагноза по малому набору диагностических показателей (например, для принятия оперативного решения при большом одномоментном поступлении пациентов и др.). По отчетам удобно делать выводы о показателях, т.к. наряду с его названием опционально выводится и информативность в численном выражении, и стоимость анализа в рублях. Это, несомненно, представляется экономически целесообразным и позволит избежать назначения излишних дорогостоящих процедур.

Список литературы

1. Бирюлин В. И., Ларин О. М., Хорошилов Н. В. Особенности и методологические принципы разработки человеко-машинных систем энергетического менеджмента на промышленных предприятиях // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – №3. – С. 20–22.

2. Григорьева К. В. Суррогатные функционалы в задачах диагностики // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2009. – № 1. – С. 33–43.

3. Добринова Т. В. Автоматизация управления предприятием: от диагностики финансового состояния до принятия решений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – №1. – С. 216–220.

4. Применение экспертных систем управления при ведении больных с урологическими заболеваниями / Д. А. Зубарев, С. Н. Кореневская, С. В. Петров, С. П. Серегин, А. Г. Коцарь // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – №1(18). – С. 96-103.

5. Кокорина А. В. Оптимизационный подход в задачах математической диагностики: дис. … канд. физ.-мат. наук: защищена 24.11.04. – М.: РГБ, 2005. – 118 с.

6. Трояножко О. А., Колесин И. Д. Анализ влияния выбора вида распределения на точность ранжирования диагностических показателей // Научно-технический вестник Поволжья. –2013. – №6. – С. 457–461.

7. Трояножко О. А., Колесин И. Д. Оптимизация диагностики рака молочной железы на основе дискретной функции ошибок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – №3(20). – С. 125–132.

8. Bache K., Lichman M. UCI Machine Learning Repository. – Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2013. – URL: http://archive.ics.uci.edu/ml.

9. Wisconsin Prognostic Breast Cancer Chemotherapy Database. Computer Science Dept., University of Wisconsin, Madison, 1999. – URL: ftp://ftp.cs.wisc.edu/math–prog/cpo–dataset/machine–learn/cancer/ WPBCC/ (дата обращения: 22.06.2014).

10. Wolberg W. H., Street W. N., Mangasarian O. L. Computerized Diagnosis of Breast Fine-Needle Aspirates // The Breast J. – 1997. – Vol. 3. – P. 77–80.

Получено 15.01.17

O. A. Troyanozhko, Post-Graduate Student, Saint Petersburg State University (e-mail: med_otpor@mail.ru)

I. D. Kolesin, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Saint Petersburg State University (e-mail: kolesin_id@mail.ru)

TWO-STAGE MEDICAL EXPERT SYSTEM

This article is dedicated to the medical expert system implemented in two stages: first – features ranking, then – patients classification. On the first stage an overlapping coefficient is used to measure the similarity between the two distribution functions. The result of the ranking stage is identifying the most informative features and displaying them in a list of informativeness degree reduction. On the second stage as the criterion function, a discrete error function is used, that registers the number of incorrectly recognized patients.

The result of the classification stage is displaying model classification characteristics expressed in percentage and absolute values. Express diagnostics for a new patient is performed based on the most informative features in correspondence with the classification model. Printable Report.xls contains diagnostic features, severity of symptoms of new patients, mean values in two groups and general model characteristics (including classification specificity and accuracy). High quality of introduced medical expert system is numerically confirmed. After data base processing there were revealed the most informative features in the breast cancer and appendicitis data bases Chemo-569, Chemo-253 and Appendicitis-103. As a result, the percentage of correctly classified patients using three most informative features came to 96,31%, 72,86% and 94,17%, respectively.

The algorithms in proposed medical expert system are economically rational and they allow to avoid unnecessary costly procedures appointment, and reduce the efforts required for finding and interpretation of non-informative diagnostic features. Medical expert system work comparative analysis confirmed that diagnostic accuracy is comparable with another methods accuracy but proposed system has less ranking and classification algorithm complexity.

Key words: *feature ranking, diagnostics, optimization methods, medical expert system, breast cancer, appendicitis.*

References

1. Biryulin V. I., Larin O. M., Horoshilov N. V. Osobennosti i metodologicheskie principy razrabotki cheloveko-mashinnyh sistem ehnergeticheskogo menedzhmenta na promyshlennyh predpriyatiyah // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2013. – №3. – S. 20–22.

2. Grigor'eva K. V. Surrogatnye funkcionaly v zadachah diagnostiki // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Processy upravleniya. – 2009. – № 1. – C. 33–43.

3. Dobrinova T. V. Avtomatizaciya upravleniya predpriyatiem: ot diagnostiki finansovogo sostoyaniya do prinyatiya reshenij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2013. – №1. – S. 216–220.

4. Primenenie ehkspertnyh sistem upravleniya pri vedenii bol'nyh s urologicheskimi zabolevaniyami / D. A. Zubarev, S. N. Korenevskaya, S. V. Petrov, S. P. Seregin, A. G. Kocar' // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – №1(18). – S. 96-103.

5. Kokorina A. V. Optimizacionnyj podhod v zadachah matematicheskoj diagnostiki: dis. … kand. fiz.-mat. nauk: zashchishchena 24.11.04. – M.: RGB, 2005. – 118 s.

6. Troyanozhko O. A., Kolesin I. D. Analiz vliyaniya vybora vida raspredeleniya na tochnost' ranzhirovaniya diagnosticheskih pokazatelej // Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya. –2013. – №6. – S. 457–461.

7. Troyanozhko O. A., Kolesin I. D. Optimizaciya diagnostiki raka molochnoj zhelezy na osnove diskretnoj funkcii oshibok // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – №3(20). – S. 125–132.

8. Bache K., Lichman M. UCI Machine Learning Repository. – Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2013. – URL: http://archive.ics.uci.edu/ml.

9. Wisconsin Prognostic Breast Cancer Chemotherapy Database. Computer Science Dept., University of Wisconsin, Madison, 1999. – URL: ftp://ftp.cs.wisc.edu/math–prog/cpo–dataset/machine–learn/cancer/ WPBCC/ (data obrashcheniya: 22.06.2014).

10. Wolberg W. H., Street W. N., Mangasarian O. L. Computerized Diagnosis of Breast Fine-Needle Aspirates // The Breast J. – 1997. – Vol. 3. – P. 77–80.

УДК 615.46/.47

А. О. Позин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.:8 (4712) 22-26-60, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

И. И. Хрипина, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел: 8 (4712) 22-26-60, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Е. С. Шкатова, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.: 8 (4712) 22-26-60, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Е. А. Старцев, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.: 8 (4712) 22-26-60, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

В работе изучаются особенности решения задач управления состоянием здоровья людей, занятых в агропромышленном комплексе. Показывается, что существенную роль в общем процессе оказания медицинских услуг исследуемой категории населения играют качественное решение задач прогнозирования и ранней диагностики заболеваний, вызываемых индивидуальными факторами риска, неблагоприятной экологической обстановкой, и неадекватно выбранные эргономические решения.

Анализ структуры данных, характеризующих состояние здоровья работников агропромышленного комплекса, показал, что исследуемые классы состояний имеют нечеткие сильно пересекающиеся границы. С учетом этого в качестве основного математического аппарата была выбрана методология синтеза коллективов нечетких решающих правил и построена информационная аналитическая модель оценки состояния здоровья людей, занятых в сельскохозяйственном производстве, для сетевой базы знаний, соответствующей интеллектуальной системе поддержки принятия решений.

В ходе изучения заболеваемости работников агропромышленного комплекса было установлено, что среди них наибольшее распространение получили следующие заболевания: вибрационная болезнь, гипотермия, гипергидроз, отечность кистей, цианоз, приступы «белых» пальцев, периферический ангиодистонический синдром, синдром вегетосенсорной полиневропатии, профессиональная тугоухость (кохлеарный неврит), остеохондроз позвоночника, пневмокониоз, синдром запястного канала, вертеброневрологические поражения.

Для заболеваний слуха, системы дыхания и по ряду нервных болезней были получены наборы прогностических и диагностических решающих правил. В ходе статистических испытаний, проведенных на репрезентативных выборках, было показано, что ошибки классификации в задачах прогнозирования не превышают 15%, в задачах ранней диагностики – 10%, в задачах дифференциальной диагностики – 7%.

***Ключевые слова**: технология мягких вычислений, нечеткая логика, решающие правила, прогнозирование, диагностика, агропромышленный комплекс.*

***

Несмотря на значительные усилия, затрачиваемые на решение задач повышения качества медицинского обслуживания населения, проблема повышения уровня здоровья жителей России остается весьма далекой от своего решения. Это в значительной мере касается и работников агропромышленного комплекса, состояние здоровья которых для целого ряда сельскохозяйственных профессий зависит от таких специфических факторов риска, как: состояние общего экологического фона места работы и проживания; высокий уровень загрязнения окружающего воздуха, содержащего пыль с микрочастицами удобрений, радиоактивных веществ и тяжелых металлов; наличие во вдыхаемом воздухе газов от низкокачественного топлива сельскохозяйственных машин; нарушение санитарно-гигиенических норм на рабочих местах; неудобные рабочие позы в сочетании с вредными климатическими условиями; низкие эргономические характеристики агрегатов и машин, управляемых сельскохозяйственными рабочими, и т. д.

Низкий уровень состояния здоровья сельскохозяйственных рабочих определяется также недостаточно хорошо организованной медицинской помощью, требуемой квалификацией, соответствующим медико-техническим оснащением в сочетании с индивидуальными факторами риска, определяемыми образом жизни и индивидуальными факторами риска [1, 2].

Одной из важных проблем учреждений здравоохранения, обслуживающих

население, занятое в агропромышленном комплексе, является организация выявления групп риска и определения ранних стадий заболевания у работников, проживающих и работающих на значительных территориях в условиях ограничений на стоимость и мобильность медицинского оборудования, что требует разработки и создания малогабаритных и легко транспортируемых медицинских интерпретирующих приборов.

Успешность проектирования медицинских интерпретирующих приборов, систем и комплексов решающих задачи прогнозирования и диагностики различных типов и стадий заболеваний во многом определяется тем, насколько используемый математический аппарат соответствует структуре и типу решаемой задачи [4–6, 9–11, 15, 16, 26, 32–37].

Многочисленные исследования в рамках теории распознавания образов позволили выявить ряд особенностей, встречающихся в медицинских приложениях, включая задачи прогнозирования и диагностики заболеваний людей, занятых в агропромышленном комплексе.

Исследуемые структуры классов (аттакторы и русла при синергетическом подходе) могут сильно пересекаться в пространстве информативных признаков, особенно если речь идет о прогнозировании и ранней донозологической диагностике. Классы состояний (аттакторы) могут менять свое положение в пространстве признаков. Доступные для измерения признаки измеряются в различных шкалах (порядка, наименований, интервалов), имеют различную природу и фиксируются на различных этапах ведения пациентов (данные опросов, осмотров, инструментальных и лабораторных исследований). В реальных условиях не весь требуемый набор информативных признаков может быть зарегистрирован у конкретного обследуемого. Как исходные признаки, так и принимаемые решения могут иметь нечеткий характер и т. д.

Анализ литературных данных и результаты собственных исследований позволяют сделать вывод о том, что в этих условиях предпочтение следует отдавать двум подходам, принятым в теории принятия решений:

1) на основе технологии мягких вычислений, в частности теории нечеткой логики принятия решений, с сетевыми структурами;

2) на основе аппарата, обеспечивающего изучение структуры классов с выдвижением гипотез о наилучших классификаторах в ходе вычислительного эксперимента (диалоговые системы распознавания образов).

Каждый из этих подходов обладает определенными достоинствами, но при решении практических задач они используются раздельно, что снижает потенциально достижимые возможности проектируемых классификаторов [4–6, 15, 16, 26, 32–34].

С учетом этого для решения задач управления состоянием здоровья работников агропромышленного комплекса (АПК) нами выбран аппарат синтеза колективов гибридных нечетких решающих правил, разработанный на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета [4–6, 9, 10, 16].

Модели и методы

Одной из важных задач, связанных с синтезом решающих правил, является выбор состава информативных признаков.

В контексте решаемой задачи основными факторами риска появления и развития профессиональных заболеваний работников АПК являются:

– эргономика сельскохозяйственных машин;

– экологическая обстановка;

– индивидуальные факторы риска, связанные с состоянием здоровья и образом жизни.

Дополнительно условия труда и личностные факторы могут приводить к длительным психоэмоциональным напряжениям и переутомлению. В качестве меры сопротивляемости организма условиям труда и жизни удобно использовать такую функциональную характеристику организма, как его функциональный резерв [1, 2, 7, 8, 12–14, 20, 21, 23–25, 27–30].

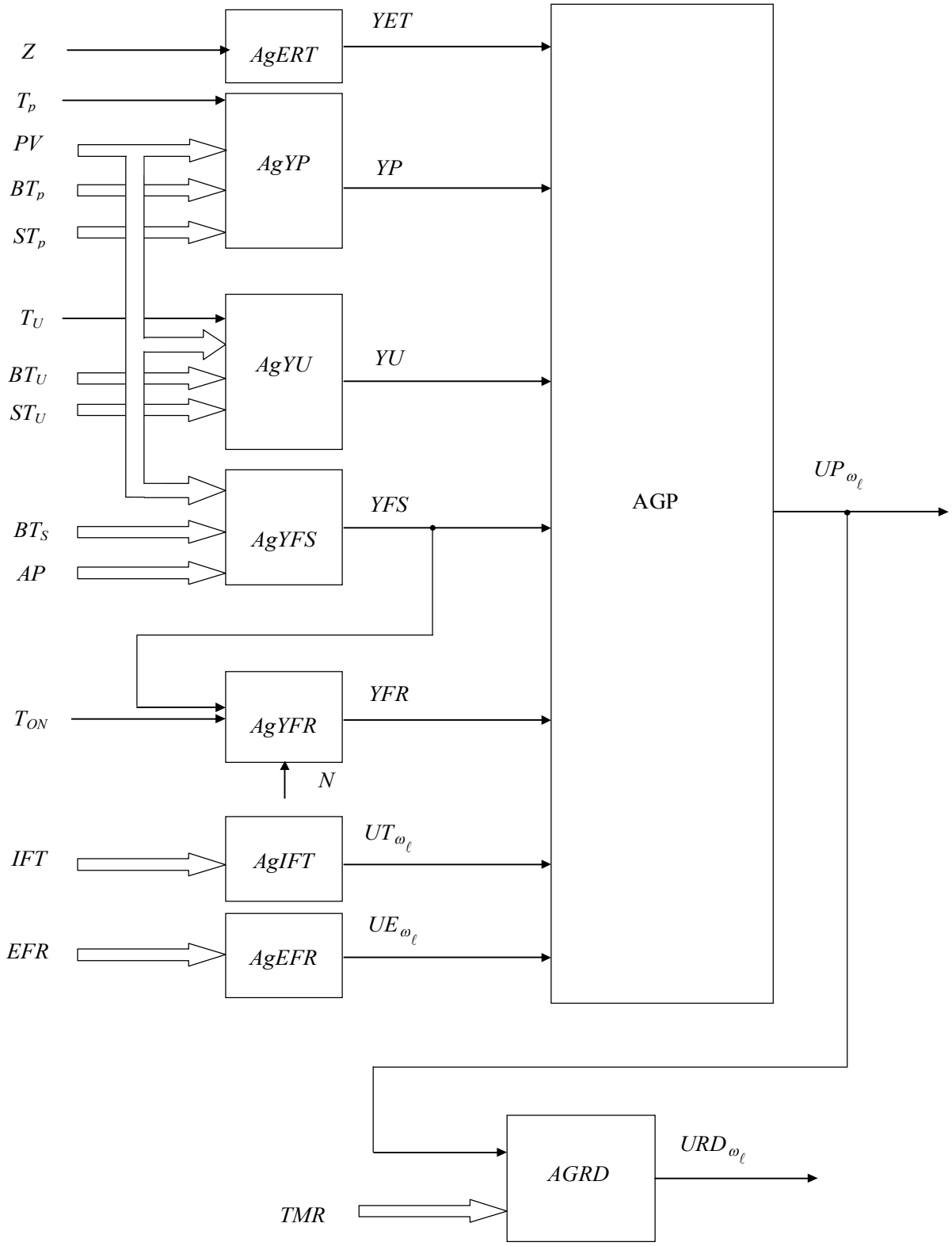


Рис. Информационно-аналитическая модель принятия решений

Учитывая, что синтезируемые в работе решающие правила ориентируются на использование в интеллектуальных системах поддержки принятия решений, удобно на первом этапе синтеза построить информационно-аналитическую модель, определяющую взаимодействие получаемых правил в соответствующей ба-

зе знаний. Предлагаемая структура информационно-аналитической модели приведена на рисунке.

При разработке этой модели были использованы нечеткие решающие правила, разработанные на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета (БМИ ЮЗГУ), по определению уровня психоэмоционального напряжения (YP), уровня утомления (YU), уровня эргономики технического средства (YET) и уровня функционального резерва (YF), определяемого через уровень функционального состояния YFS.

Перечисленные показатели определяются с использованием нечетких математических моделей, подробно описанных в работах [1, 2, 7, 8, 12–14, 20, 21, 23–25, 27–30, 34, 35] с помощью аналитических соотношений следующего вида:

$$YET = F_E(Z); \quad (1)$$

$$YP = F_P(PV, BT_P, ST_P, T_P); \quad (2)$$

$$YU = Fu(PU, BT_u, ST_u, T_u); \quad (3)$$

$$YFR = F_R(YFS_O, YFS_N, T_{ON}), \quad (4)$$

где $YFS = F_S(PV, BT_S, AP)$; F_E, F_P, F_U, F_R и F_S – функции нечеткой агрегации;

Z – показатели, характеризующие эргономику анализируемых сельскохозяйственных машин (температура в кабине, усилия на органы управления, вибрация, эргономика сиденья и др.);

PV – показатели внимания, измеряемые аппаратурой, описанной в работе [16];

BT_P, BT_u, BT_S – электрическое сопротивление биологически активных точек (БАТ), связанных с психоэмоциональной сферой, утомлением и уровнем функционального состояния соответственно;

T_P, T_u – время, в течение которого удерживается психоэмоциональное напряжение и утомление соответственно;

ST_P, ST_u – показатели, рассчитываемые по тестовым опросникам психоэмоционального напряжения и утомления;

AP – адаптационный потенциал;

YFS_O, YFS_N – уровни функционального состояния до и после стандартной нагрузки;

T_{ON} – время восстановления функционального состояния после нагрузки.

В схеме рисунка функции агрегации обозначены идентификатором Ag:

$$AgX_i(X_1 = ERT; X_2 = YP; X_3 = YU; X_4 = YFS; X_5 = YFR; X_6 = TFT; X_7 = EFR).$$

Индивидуальные факторы риска (IFT), получаемые при традиционно принятых в медицинской практике исследованиях, включая электрические характеристики БАТ, «связанные» с исследуемыми заболеваниями, зависят от типа патологии ω_ℓ. Эти факторы объединяются агрегатором $AgIFT$ с расчетом величины частной уверенности в том, что в течение заданного времени у обследуемого появится патология $\omega_\ell - UE_{\omega_\ell}$. Примеры синтеза частных решающих правил для различных заболеваний приведены в работах [3, 6, 11, 17, 18, 22].

Экологические факторы риска EFR объединяются агрегатором $AgEFR$ с расчетом уверенности в появлении патологии ω_ℓ- UE_{ω_ℓ}. Примеры синтеза агрегаторов $AgEFR$ приведены в работах [6, 11, 17, 18, 22].

Синтез агрегатора AGP, объединяющего частные решения в финальный прогноз UP_ω, осуществляется в соответствии с общими рекомендациями по синтезу коллективов гибридных нечетких решающих правил, описанных в работах [4–6, 9, 16].

Уверенность о наличии ранних стадий заболеваний URD_{ω_ℓ} определяется

агрегатором AGRD на основании данных, получаемых традиционными медицинскими исследованиями TMR, с учетом уверенности в прогнозе UP_{ω_ℓ}. Примеры синтеза агрегаторов типа AGRD можно найти в работах [3, 6, 11, 17, 18, 22].

Анализ профессиональных заболеваний работников агропромышленного комплекса по Курской и Брянской областям показал, что наиболее распространенными из них являются следующие классы заболеваний:

1. Профессиональные заболевания, обусловленные воздействием вибрации: вибрационная болезнь, гипотермия, гипергидроз, отечность кистей, цианоз, приступы «белых» пальцев, периферийный ангиодистопический синдром, синдром вегетосенсорной полиневропатии.

2. Профессиональные заболевания, обусловленные воздействием шума: профессиональная тугоухость (кохлеарный неврит).

3. Профессиональные заболевания, обусловленные перенапряжением опорно-двигательного аппарата: остеохондроз позвоночника.

4. Профессиональные заболевания, обусловленные влиянием пыли: пневмокониоз.

5. Профессиональные заболевания периферических отделов нервной системы: синдром запястного канала, вертеброневрологические поражения.

Исходя из особенностей выбранного математического аппарата и структуры данных, характерных для перечисленных классов задач, целесообразно решающие правила реализовать в качестве унифицированных решающих модулей, находящихся в узлах сетевой структуры. Объем задач, решаемых одним модулем, удобно связывать с технологическим этапом общего решения. Например, этап постановки предварительного диагноза по данным опроса и осмотра с запросом дополнительной информации; этап уточнения диагноза с учетом данных специальных инструментальных исследований и т. д. Удобно также договориться, что проход по строке сетевой модели соответствует уточнению гипотезы ω_ℓ, проход по столбцу – смене гипотезы. Для реализации механизмов перехода каждый решающий модуль снабжается механизмами запроса дополнительной уточняющей информации и расчета адресов переходов по узлам сети. Дополнительно для всей сети запоминаются трассы переходов, сравнивающиеся с эталонными трассами, что позволяет реализовать механизмы объяснения причин, принимаемых решений и рекомендаций по рациональным траекториям принятия решений.

В таком варианте построения нечетких решающих сетей их обучение состоит из двух основных этапов: обучения решающих модулей; обучения всей решающей сети, заключающего в построении правил определения адресов переходов, установлении связей между решающими модулями, формировании механизмов объяснения причин принимаемых решений и траекторий рационального ведения пациентов.

Используя описанный механизм синтеза нечетких решающих правил, решались задачи прогнозирования и диагностики заболеваний органов слуха, заболеваний дыхательной системы, остеохондрозов и др. заболеваний, распространенных среди сельских жителей, обслуживающих агропромышленный комплекс. При этом в задачах прогнозирования достигается уверенность не хуже 0,85, а в задачах диагностики – не хуже 0,9.

Список литературы

1. Бойцова Е. А., Шуткин А. Н., Магеровский М. А. Оценка уровня функциональных резервов организма на основе технологии мягких вычислений и модели Г. Раша // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2015. – Т. 14, № 4. – С. 3–7.

2. Прогнозирование и ранняя диагностика заболеваний на основе оценки функционального резерва человека с помощью гетерогенных нечетких моделей / В. Н. Гадалов, В. А. Иванов, В. И. Снопков, В. В. Серебровский // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 6–9.

3. Прогнозирование возникновения, ранняя и дифференциальная диагностика остеохондрозов поясничного отдела позвоночника на основе нечеткой логики принятия решений / М. А. Ефремов, Н. А. Кореневский, О. В. Родионов, С. А. Филист // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2006. – Т. 5, № 4. – С. 939.

4. Кореневский Н. А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2015. – № 1 (289). – С. 33–35.

5. Кореневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – №2. – С. 99–103.

6. Кореневский Н. А., Башир А. С., Горбатенко С. А. Синтез гибридных нечетких решающих правил для прогнозирования, оценки и управления состоянием здоровья в экологически неблагоприятных регионах // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 4. – С. 69–73.

7. Оценка эргономики транспортных средств на основе нечетких гибридных моделей / Н. А. Кореневский, А. А. Бурмака, Л. В. Стародубцева, С. А. Горбатенко // Биотехносфера. – 2012. – № 1 (14). – С. 50–54.

8. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А., Горбатенко С. А. Оценка эргономики биотехнических систем с помощью нечетких моделей Е. Шортлифа // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 4–6.

9. Кореневский Н. А., Руцкой Р. В., Долженков С. Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах – 2013. – Т. 12, № 4. – С. 905–909.

10. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А., Горбатенко С. А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18–24.

11. Прогнозирование и диагностика заболеваний, вызываемых вредными производственными и экологическими факторами, на основе гетерогенных моделей / Н. А. Кореневский, Н. А. Серебровский, В. И. Коптева, Н. А. Говорухина. – Курск, 2012. – 231 с.

12. Комплексная оценка уровня функциональных резервов организма человека на основе нечетких моделей принятия решений / Н. А. Кореневский, А. Н. Коростелев, В. В. Нечаева, Е. А. Бойцова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – №2. – С. 30–36.

13. Метод оценки функционального резерва человека-оператора на основе комбинированных правил нечеткого вывода / Н. А. Кореневский, А. Н. Коростелев, Л. В. Стародубцева, В. В. Серебровский // Биотехносфера. – 2012. – № 1. – С. 44–49.

14. Использование теории измерения латентных переменных для оценки уровня психоэмоционального напряжения / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, Е. Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 3. – С. 103–118.

15. Кореневский Н. А., Шуткин А. Н., Бойцова Е. А. Оценка и управление состоянием здоровья на основе мо-

делей Г. Раша // Медицинская техника. – 2015. – № 6. – С. 37–40.

16. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, С. А. Горбатенко, В. В. Серебровский. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 472 с.

17. Коцарь А. Г. Разработка и исследование методов и средств управления процессами прогнозирования, диагностики, профилактики и лечения хронического простатита: дис. … канд. мед. наук: 05.13.01. – Воронеж, 2003. – 147 с.

18. Математические модели прогнозирования и профилактики рецидивов инфарктов миокарда в реабилитационном периоде: монография / С. П. Серегин, О. Н. Воробьева, С. Н. Кореневская [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2015. – 166 с.

19. Маслак А. А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах: монография. – М., 2006. – 333 с.

20. Синтез решающих правил для оценки уровня психоэмоционального напряжения и утомления с использованием двумерных классификационных пространств и векторной алгебры / В. И. Серебровский, А. Н. Шуткин, А. В. Бойцов, С. Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – № 5 (56). – С. 58–63.

21. Филатова О.И. Метод, модели и алгоритм анализа и управления функциональным состоянием человека на основе нечётких гетерогенных правил принятия решений: дис. … канд. техн. наук: 05.11.17. – Курск, 2011.

22. Чурсин Г. В., Кореневский Н. А., Бурмака А. А. Прогнозирование, ранняя и дифференциальная диагностика профессиональных заболеваний водителей транспортных средств с использованием нечетких моделей // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – № 2. – С. 54–63.

23. Чурсин Г. В., Кореневский Н. А., Лукашов М. И. Нечеткая оценка роли физического утомления в рецидиве хронических заболеваний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – № 3. – С. 692–697.

24. Чурсин Г. В., Кореневский Н. А., Коростелев А. Н. Комплексная оченка эргономических свойств транспортных средств на основе нечетких моделей и ее использование в задачах прогнозирования и диагностики профессиональных заболеваний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9, № 1. – С. 21–26.

25. Шкатова Е. С., Магеровский М. А., Мухатаев Ю. В. Оценка функционального состояния и функционального резерва организма по энергетической сбалансированности меридианных структур // Современные тенденции резвития техники и технологии: сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции. – Белгород, 2015. – Ч. 2, № 8. – С. 132–135.

26. Шуткин А. Н. Методология синтеза нечетких гибридных решающих правил для решения задач прогнозирования и ранней диагностики заболеваний, провоцируемых образовательным процессом // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2010. – Т. 14, № 3. – С. 593–600.

27. Шуткин А. Н. Оценка уровня психоэмоционального напряжения на основе комбинированных нечетких моделей и модели Г. Раша // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. –№ 6 (314). – С. 122-129.

28. Использование гибридных нечетких моделей для оценки степени утомления / А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, А. В. Бойов, С. Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 2. – С. 107–118.

29. Шуткин А.Н. Оценка функционального состояния и здоровья человека с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13, № 4. – С. 927–932.

30. Шуткин А. Н., Бойцова Е. А., Стародубцева Л. В. Оценка уровня утомления с использованием теории измерения латентных переменных // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 553–561.

31. Getting Started RUMM 2010/ Rasch Unidimensional Measurement Models. – Pert.: RUMM Laboratory Ltd, 2001. – 87 p.

32. Korenevskiy N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision- Making in Medical Expert Systems // Biomedical Engineering. – 2015. – Vol. 49, is. 1. – P 46–49.

33. Asswstment of Ergonomics of Biotechnical Systems Using Shortliffe Fuzzy Models / N. A. Korenevskiy, V. N. Gadalov, E. N. Korovin, V. I. Serebrovskiy // Biomedical Engineering. – 2013. – Vol. 47, is. 4. – P. 173–176.

34. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N. A. Korenevskiy, R. T. Al-Kasasbeh, F.Ionescouc, M.Alshamasin, E.Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – Vol. 40. – P. 213–216.

35. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N. A. Korenevskiy, R. T. Al-Kasasbeh, F. Ionescouc, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A. P. Smith // Mega-Conference on Biomedical Engenering: Proceedings of the 4th-international conference in the development of biomedical engineering. – Ho Chi Minh City (Vietnam), 2012. – P. 354-357.

36. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems / N. A. Korenevsky, S. A. Gorbatenko, R. A. Krupchatnikov, M. I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2009. – Vol. 43, No 4. – P. 187-190.

37. Generation of fuzzy network models taught on basic of data structure for medical expert systems / N. A. Korenevsky, S. A. Gorbatenko, R. A. Krupchatnikov, M. I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2010. – Vol. 42, No 2. – P. 67-72.

Получено 06.02.17

A. O. Pozin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(tel.: 8 (4712) 22-26-60, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

I.I. Khripina, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(tel.: 8 (4712) 22-26-60, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

E. S. Shkatova, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(tel.: 8 (4712) 22-26-60, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

E. A. Startsev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(tel.: 8 (4712) 22-26-60, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

USING TECHNOLOGY OF SOFT COMPUTING IN THE TASKS OF HEALTH WORKERS OF AGRICULTURE

In this paper we study the state of people's health solutions management tasks employed in the agricultural sector. It shows that a significant role in the overall process of providing health services category of the population under study plays a qualitative solution of problems of forecasting and early diagnosis of diseases caused by individual risk factors, adverse environmental conditions and inadequate selected ergonomic solutions.

Analysis of the data structure describing the state of health of workers of agriculture showed that the studied states classes have strongly overlapping fuzzy boundaries. With this in mind, as the main mathematical apparatus was chosen methodology for the synthesis of fuzzy decision rules based groups and information analytical model for evaluating the health status of people engaged in agricultural production for the network knowledge base, appropriate intellectual decision support systems.

During the study of morbidity of workers of agriculture, it was found that among them the most widely used of the following diseases: vibration disease, hypothermia, rash, swelling of the hands, cyanosis, seizures of "white" finger, peripheral angiodistonichesky syndrome vegetosensornoy polyneuropathy syndrome, occupational hearing loss (cochlear neuritis), osteochondrosis, pneumoconiosis, carpal tunnel syndrome, Vertebronevrologichesky defeat.

For hearing disorders, respiratory system and a number of nervous diseases sets of prognostic and diagnostic decision rules were obtained. During the statistical tests performed on representative samples have shown that the classification errors in forecasting tasks do not exceed 15%, and in the early diagnosis of problems - 10%, in the differential diagnosis of problems of 7%.

***Key words**: soft computing technology, fuzzy logic, decision rules, prognosis, diagnostics, agriculture.*

References

1. Bojcova E. A., Shutkin A. N., Magerovskij M. A. Ocenka urovnya funkcional'nyh rezervov organizma na osnove tekhnologii myagkih vychislenij i modeli G.Rasha // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2015. – T. 14, № 4. – S. 3–7.

2. Prognozirovanie i rannyaya diagnostika zabolevanij na osnove ocenki funkcional'nogo rezerva cheloveka s pomoshch'yu geterogennyh nechetkih modelej / V. N. Gadalov, V. A. Ivanov, V. I. Snopkov, V. V. Serebrovskij // Medicinskaya tekhnika. – 2013. – № 4. – S. 6–9.

3. Prognozirovanie vozniknoveniya, rannyaya i differencial'naya diagnostika osteohondrozov poyasnichnogo otdela pozvonochnika na osnove nechetkoj logiki prinyatiya reshenij / M. A. Efremov, N. A. Ko-renevskij, O. V. Rodionov, S. A. Filist // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2006. – T. 5, № 4. – S. 939.

4. Korenevskij N. A. Ispol'zovanie nechetkoj logiki prinyatiya reshenij dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. – 2015. – № 1 (289). – S. 33–35.

5. Korenevskij N. A. Metod sinteza geterogennyh nechetkih pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniem biotekhnicheskih sistem // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2013. – №2. – S. 99–103.

6. Korenevskij N. A., Bashir A. S., Gorbatenko S. A. Sintez gibridnyh nechetkih reshayushchih pravil dlya prognozirovaniya, ocenki i upravleniya sostoyaniem zdorov'ya v ehkologicheski neblagopriyatnyh regionah // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2013. – № 4. – S. 69–73.

7. Ocenka ehrgonomiki transportnyh sredstv na osnove nechetkih gibridnyh modelej / N. A. Korenevskij, A. A. Burmaka, L. V. Starodubceva, S. A. Gorbatenko // Biotekhnosfera. – 2012. – № 1 (14). – S. 50–54.

8. Korenevskij N. A., Krupchatnikov R. A., Gorbatenko S. A. Ocenka ehrgonomiki biotekhnicheskih sistem s pomoshch'yu nechetkih modelej E. Shortlifa // Medicinskaya tekhnika. – 2013. – № 4. – S. 4–6.

9. Korenevskij N. A., Ruckoj R. V., Dolzhenkov S. D. Metod prognozirovaniya i diagnostiki sostoyaniya zdorov'ya na osnove kollektivov nechetkih reshayushchih pravil // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah – 2013. – T. 12, № 4. – S. 905–909.

10. Korenevskij N. A., Krupchatnikov R. A., Gorbatenko S. A. Sintez nechetkih setevyh modelej, obuchaemyh po strukture dannyh dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. – 2008. – № 2. – S. 18–24.

11. Prognozirovanie i diagnostika zabolevanij, vyzyvaemyh vrednymi proizvodstvennymi i ehkologicheskimi faktorami na osnove geterogennyh modelej / N. A. Korenevskij, N. A. Serebrovskij, V. I. Kopteva, N. A. Govoruhina. – Kursk, 2012. – 231 s.

12. Kompleksnaya ocenka urovnya funkcional'nyh rezervov organizma cheloveka na osnove nechetkih modelej prinyatiya reshenij / N. A. Korenevskij, A. N. Korostelev, V. V. Nechaeva, E. A. Bojcova // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2010. – №2. – S. 30–36.

13. Metod ocenki funkcional'nogo rezerva cheloveka-operatora na osnove kombinirovannyh pravil nechetkogo vyvoda / N. A. Korenevskij, A. N. Korostelev, L. V. Starodubceva, V. V. Serebrovskij // Biotekhnosfera. – 2012. – № 1. – S. 44–49.

14. Ispol'zovanie teorii izmereniya latentnyh peremennyh dlya ocenki urovnya psihoehmocional'nogo napryazheniya / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, E. A. Bojcova, E. N. Korenevskaya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 3. – S. 103–118.

15. Korenevskij N. A., Shutkin A. N., Bojcova E. A. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya na osnove modelej G. Rasha // Medicinskaya tekhnika. – 2015. – № 6. – S. 37–40.

16. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya obuchayushchihsya na osnove gibridnyh intellektual'nyh tekhnologij: monografiya / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, S. A. Gorbatenko, V. V. Serebrovskij. – Staryj Oskol: TNT, 2015. – 472 s.

17. Kocar' A. G. Razrabotka i issledovanie metodov i sredstv upravleniya processami prognozirovaniya, diagnostiki, profilaktiki i lecheniya hronicheskogo prostatita: dis. … kand. med. nauk: 05.13.01. – Voronezh, 2003. – 147 s.

18. Matematicheskie modeli prognozirovaniya i profilaktiki recidivov infarktov miokarda v reabilitacionnom periode: monografiya / S. P. Seregin, O. N. Vorob'eva, S. N. Korenevskaya [i dr.]; Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2015. – 166 s.

19. Maslak A. A. Izmerenie latentnyh peremennyh v social'no-ehkonomicheskih sistemah: monografiya. – M., 2006. – 333 s.

20. Sintez reshayushchih pravil dlya ocenki urovnya psihoehmocional'nogo napryazheniya i utomleniya s ispol'zovaniem dvumernyh klassifikacionnyh prostranstv i vektornoj algebry / V. I. Serebrovskij, A. N. Shutkin, A. V. Bojcov, S. N. Korenevskaya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 5 (56). – S. 58–63.

21. Filatova O.I. Metod, modeli i algoritm analiza i upravleniya funkcional'nym sostoyaniem cheloveka na osnove nechyotkih geterogennyh pravil prinyatiya reshenij: dis. … kand. tekhn. nauk: 05.11.17. – Kursk, 2011.

22. Chursin G. V., Korenevskij N. A., Burmaka A. A. Prognozirovanie rannyaya i differencial'naya diagnostika professional'nyh zabolevanij voditelej transportnyh sredstv s ispol'zovaniem nechetkih modelej // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2010. – № 2. – S. 54–63.

23. Chursin G. V., Korenevskij N. A., Lukashov M. I. Nechetkaya ocenka roli fizicheskogo utomleniya v recidive hronicheskih zabolevanij // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2009. – № 3. – S. 692–697.

24. Chursin G. V., Korenevskij N. A., Korostelev A. N. Kompleksnaya ochenka ehrgonomicheskih svojstv transportnyh sredstv na osnove nechetkih modelej i ee ispol'zovanie v zadachah prognozirovaniya i diagnostiki professional'nyh zabolevanij // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2010. – T. 9, № 1. – S. 21–26.

25. Shkatova E. S., Magerovskij M. A., Muhataev Yu. V. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya i funkcional'nogo rezerva organizma po ehnergeticheskoj sbalansirovannosti meridiannyh struktur // Sovremennye tendencii rezvitiya tekhniki i tekhnologii: sbornik nauchnyh trudov po materialam VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj

konferencii. – Belgorod, 2015. –№ 8, ch. 2. – S. 132–135.

26. Shutkin A. N. Metodologiya sinteza nechetkih gibridnyh reshayushchih pravil dlya resheniya zadach prognozirova-niya i rannej diagnostiki zabolevanij, provociruemyh obrazovatel'nym processom // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2010. – T. 14, № 3. – S. 593–600.

27. Shutkin A. N. Ocenka urovnya psihoehmocional'nogo napryazheniya na osnove kombinirovannyh nechetkih modelej i modeli G. Rasha // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2015. –№ 6 (314). – S. 122-129.

28. Ispol'zovanie gibridnyh nechetkih modelej dlya ocenki stepeni utomleniya / A. N. Shutkin, E. A. Bojcova, A. V. Bojov, S. N. Korenevskaya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 2. – S. 107–118.

29. Shutkin A. N. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya i zdorov'ya cheloveka s ispol'zovaniem teorii izmereniya latentnyh peremennyh na osnove modelej G. Rasha // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2014. – T. 13, № 4. – S. 927–932.

30. Shutkin A. N., Bojcova E. A., Starodubceva L. V. Ocenka urovnya utomleniya s ispol'zovaniem teorii izmereniya latentnyh peremennyh // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2014. – T. 14, № 3. – S. 553–561.

31. Getting Started RUMM 2010/ Rasch Unidimensional Measurement Models. – Pert.: RUMM Laboratory Ltd, 2001. – 87 p.

32. Korenevskiy N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision- Making in Medical Expert Systems // Biomedical Engineering. – 2015. – Vol. 49, is. 1. – P 46–49.

33. Asswstment of Ergonomics of Biotechnical Systems Using Shortliffe Fuzzy Models / N. A. Korenevskiy, V. N. Gadalov, E. N. Korovin, V. I. Serebrovskiy // Biomedical Engineering. – 2013. – Vol. 47, is. 4. – P. 173–176.

34. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N. A. Korenevskiy, R. T. Al-Kasasbeh, F.Ionescouc, M.Alshamasin, E.Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – Vol. 40. – P. 213–216.

35. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N. A. Korenevskiy, R. T. Al-Kasasbeh, F. Ionescouc, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A. P. Smith // Mega-Conference on Biomedical Engenering: Proceedings of the 4th-international conference in the development of biomedical engineering. – Ho Chi Minh City (Vietnam), 2012. – P. 354–357.

36. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems / N. A. Korenevsky, S. A. Gorbatenko, R. A. Krupchatnikov, M. I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2009. – Vol. 43, No 4. – P. 187–190.

37. Generation of fuzzy network models taught on basic of data structure for medical expert systems / N. A. Korenevsky, S. A. Gorbatenko, R. A. Krupchatnikov, M. I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2010. – Vol. 42, No 2. – P. 67–72.

УДК 615.47

А. В. Быков, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург, Консультативная поликлиника БМУ КОКБ (Курск) (e-mail: bikov-av@yandex.ru)

Н. А. Кореневский, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

Е. А. Бойцова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: elena-boitcova@mail.ru)

О. И. Филатова, канд. техн. наук, ведущий экономист, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail snab@kstu.kursk.ru)

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМ ЛЕЧЕНИЯ СОЧЕТАННЫХ ИШЕМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ВЕДУЩЕЙ ПАТОЛОГИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЯ ЛАТЕНТНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Статья посвящена вопросам выбора и исследования эффективности схем лечения для большого числа заболеваний, включая ишемическую патологию различных органов с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша. В связи со значительными социальными последствиями, вызываемыми ишемическими патологиями различных органов, и достаточно низкой эффективностью лечения этих заболеваний задача поиска рациональных схем лечения исследуемой патологии является весьма актуальной. Показывается, что в задачах со сложной структурой данных, к которым относятся задачи выбора эффективных схем лечения при ограниченном количестве схем лечения, может быть применена теория измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша.

Гибкость анализа системы индикаторных переменных на основе модели Г. Раша позволяет рекомендовать её как один из основных механизмов проведения разведочного анализа при решении общих задач синтеза моделей вычисления латентной переменной для исследуемых типов решающих правилах, включая математические модели выбора различных схем профилактики и лечения.

Полученные результаты исследования показали, что наиболее эффективное лечение достигается при различных комбинациях таких лекарственных средств, как вессел-дуэф, этоксидол, фраксипарин, алпростан, неотон, прадакса, вобэнзим, рефортан, цитофлавин, рефортан, актовегин.

Выбранные схемы лечения были применены к более чем двадцати пациентам с различной степенью тяжести хронической ишемии нижних конечностей (ХИНК) и сочетанных ишемических заболеваний сердца и головного мозга.

Использование предложенной системы лечения для различных стадий течения ишемического процесса нижних конечностей, сердца и головного мозга позволяет повысить качество оказания медицинских услуг больным, страдающим ишемической патологией различных органов.

***Ключевые слова**: схема лечения, модель Г. Раша, латентные переменные, характеристические кривые, ишемическая болезнь сердца, ишемическая болезнь нижних конечностей.*

***

Введение

Решение задачи выбора схем лечения, позволяющих добиваться наилучших результатов для большого числа заболеваний, включая ишемическую патологию различных органов, с точки зрения математической оптимизации является достаточно сложной, поскольку целевая функция эффективности лечения в зависимости от различных их схем не имеет чётких аналитических взаимосвязей, и для их получения необходимо проведение сложных и дорогостоящих статистических исследований [1, 6].

В то же время с точки зрения теории измерения латентных переменных (IRT) показатель эффективности лечения является типичной латентной (скрытой) переменной, имеющей косвенную (неявно) выраженную связь с различными, в том числе и наилучшими схемами лечения, которые называются индикаторными переменными.

С методической точки зрения одной из основных задач теории измерения латентных переменных является определение списка индикаторных переменных, наилучшим образом (с точки зрения выбранной модели) описывающих латентную переменную. Таким образом, формально задачи выбора различных схем лечения совпадают с основной задачей теории измерения латентных переменных, это создаёт предпосылки использо-

вания этой теории при выборе и оценке схем лечения для различных типов заболеваний, включая ишемические заболевания нижних конечностей, сердца и головного мозга.

Метод исследования

Основным механизмом теории *IRT* является механизм установления связи между двумя множествами значений латентных переменных.

Первое множество – значения латентных переменных, характеризующих уровень качества объектов θ_i, где i – номер объекта (i=1, 2,…,n).

Второе множество – значения латентных переменных, определяющих значимость j-го индикатора β_j (j=1,2, …, m) [8,12,14,15].

Георг Раш предложил разместить на одной шкале уровень качества объектов θ_i и уровень значимости индикаторов β_j и измерять их в одних и тех же единицах, называемых логитами. За аргумент функции «успеха» или достижения данного уровня качества объекта принята разность θ_i- β_j. Если данная разность положительна и велика, то высока и вероятность достижения «успеха», то есть высокого значения латентного показателя i-го объекта при j-м индикаторе. Если же данная разность отрицательна и велика по модулю, то будет низкой и вероятность достижения «успеха».

В теории измерения латентных переменных, основанной на модели Г. Раша, основной математической зависимостью является логистическая модель [4,5,9–11], которая для медицинских приложений имеет следующий вид:

$$P_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}}, \qquad (1)$$

где P_{ij} – вероятность достижения медицинской цели (прогноз, диагноз, эффективное лечение) у пациента с номером i при использовании индикаторных переменных S_{ij} (информационные признаки, составляющие схему лечения, и т. д.);

θ_i, – эффективности достигаемой цели у пациента i;

β_j – информативность (эффективность) использования j-го признака (воздействия) при решении поставленной задачи.

Исследование роли индикаторных переменных в измерении латентных переменных удобно производить с помощью стандартного пакета диалоговых прикладных программ RUMM 2020 (*Rasch Unidimensional Measurement Models*) [8,12].

В ходе реализации этого пакета формируется семейство графиков теоретических кривых Г. Раша (характеристических кривых), осью абсцисс, которой является шкала логитов латентной переменной, а осью ординат является шкала логитов индикаторных переменных.

Относительно теоретической кривой по обучающей выборке формируются три примерно равные группы – с низким, средним и высоким уровнем исследуемых состояний человека, для которых определяются координаты их средних значений. Считается, что если индикатор (схема лечения, информативный признак) хорошо соответствует общему набору индикаторов, то точки, соответствующие «слабым», «средним» и «сильным» уровням, близко располагаются относительно характеристической кривой.

В ходе реализации пакета RUMM 2020 рассчитываются: степень соответствия индикаторных переменных модели измерения (латентной переменной – *ChiSq Prob* ($\chi^2_{\text{критич.}} \Pr ob$); местоположение индикаторной переменной, измеряемой в логитах (*Location*); погрешность измерения местоположения индикаторной переменной, измеряемой в логитах (*SE*); величина, характеризующая суммарное отклонение значений данного индикатора от ожидаемых значений на основе модели (*FitResid*).

Если для каждой индикаторной переменной $\chi^2_{\text{критич.}} \Pr ob \geq 0{,}05$ (при доверительной вероятности 0,95), то прини-

мается решение о том, что все выбранные исходные индикаторы совместимы между собой и определяют одну и ту же латентную переменную.

Индикаторные переменные, для которых $\chi^2_{\text{критич.}}\,\Pr ob < 0{,}05$, корректируются или исключаются из списка информативных признаков.

Для откорректированного набора индикаторов проводится новый анализ степени соответствия индикаторных переменных модели измерения по критерию *ChiSq Prob* ($\chi^2_{\text{критич.}}\,\Pr ob$).

Перечисленные процедуры повторяются до тех пор, пока для всех индикаторных переменных не будет выполняться условие $\chi^2_{критич.}\,\Pr ob > 0{,}05$.

На заключительном этапе выбора схем лечебно-профилактических мероприятий реализуется контрольная проверка с использованием графиков соответствия между уровнем интегрального показателя латентной переменной и значимостью индикаторных переменных (рис. 1).

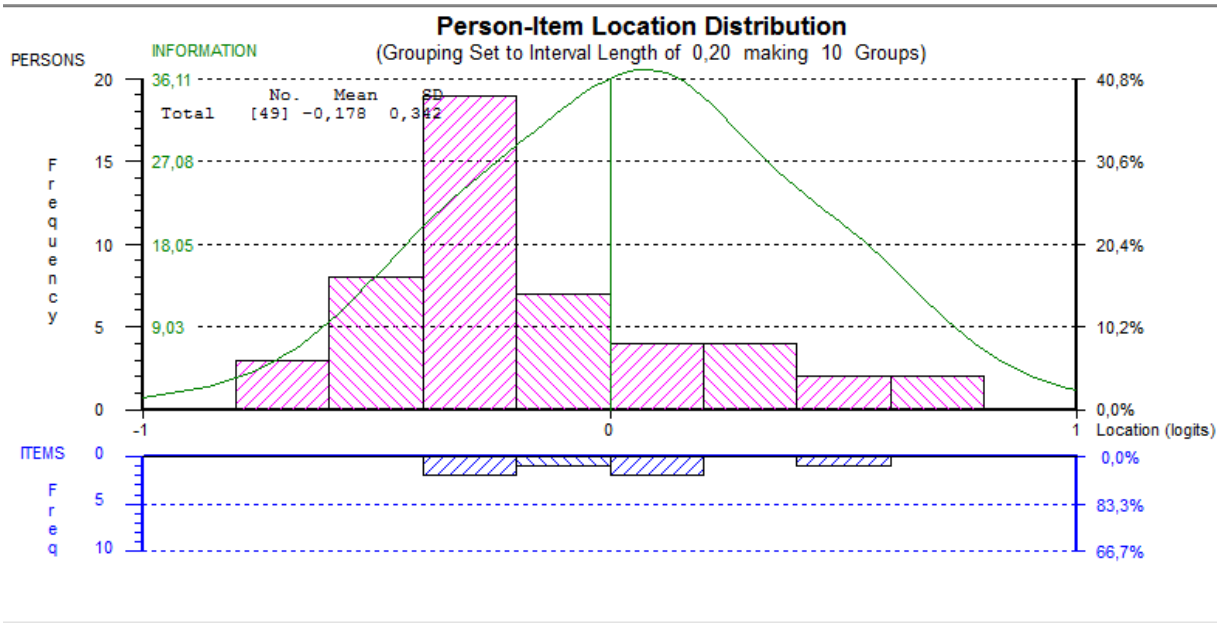


Рис. 1. График соответствия между уровнем интегрального показателя латентной переменной (вверху) и местоположением индикаторных переменных (внизу)

На рисунке 1 осью абсцисс является шкала исследуемой латентной переменной L. По оси ординат в верхней части рисунка 1 откладывается число объектов (людей из обучающей выборки), попадающих в полученные интервалы латентной переменной. То есть фактически этот рисунок представляет собой гистограмму распределения объектов наблюдения по шкале L. По оси ординат нижнего рисунка откладывается число информативных переменных, приходящихся на выделенные интервалы латентной переменной.

Средняя значимость информативных признаков (индикаторов) не должна отличаться от среднего уровня интегрального показателя более чем на 0,5 логит [8]. Если это условие выполняется, то можно сделать вывод о том, что система индикаторных переменных соответствует измеряемой латентной переменной и набор предлагаемых схем лечения является эффективным.

Используя теорию измерения латентных переменных с моделью Г. Раша, можно не только получить число, обозначающее лечебную ценность и (или)

информативность той или иной латентной переменной, но и дать развёрнутое описание ряда его качественных свойств: способность дифференцировать шкалы принимаемых решений (уверенность в выбранной схеме лечения); способность индикаторной переменной дифференцировать исследуемую латентную переменную в противоположность ожидаемой ситуации; определять индикаторные переменные со сверхвысокой и сверхнизкой дискриминирующей способностью, переменные с «неупорядоченным» ответом и т. д. [8].

Такая гибкость анализа системы индикаторных переменных на основе модели Г. Раша позволяет рекомендовать её как один из основных механизмов проведения разведочного анализа при решении общих задач синтеза моделей вычисления латентной переменной для исследуемых типов решающих правилах, включая математические модели выбора различных схем профилактики и лечения [2, 3, 6, 7, 13].

Результаты исследования

На предварительных этапах исследования формировалась экспертная группа, ориентированная на отбор различных схем лечения ишемического процесса нижних конечностей, сердца и головного мозга. На решении схожих эталонных задач было отобрано три высококвалифицированных эксперта, у которых коэффициент конкордации (согласованности действий) превысил величину 0,85, что позволило сделать выводы о доверии к ним в решении поставленной задачи.

С использованием технологии Делфи эксперты отобрали семь наилучших, на их взгляд, схем лечения больных с ишемическими заболеваниями нижних конечностей, у которых дополнительно отмечалась ишемия сердца и головного мозга:

Q1 – вессел-дуэф, этоксидол;

Q2 – фраксипарин, вессел-дуэф, этоксидол;

Q3 – фраксипарин, алпростан, этоксидол;

Q4 – фраксипарин, алпростан, неотон;

Q5 – прадакса, этоксидол, вобэнзим;

Q6 – рефортан, вессел-дуэф, цитофлавин;

Q7 – фраксипарин, рефортан, актовегин.

По результатам наблюдения за 33 пациентами с сочетанной ишемической патологией экспертам было предложено оценить эффективность каждого из применяемых препаратов по десятибалльной шкале от нуля до десяти. Результаты оценки приведены в таблице.

Результаты оценки эффективности применения схем лечения Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7

Пациент	Эксперт	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
1	1	8	7	6	9	6	7	6
1	2	7	8	7	9	9	9	5
1	3	7	9	8	8	8	7	5
2	1	9	8	7	8	8	7	7
2	2	7	7	7	7	8	6	5
2	3	9	9	7	7	8	7	5
3	1	8	8	7	8	9	8	6
3	2	8	8	8	8	7	9	5
3	3	6	9	7	7	9	7	6
4	1	9	9	5	8	8	8	6
4	2	9	8	7	8	8	7	8
4	3	9	9	8	7	9	7	7

Продолжение табл.

Пациент	Эксперт	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
5	1	7	7	6	7	8	6	6
5	2	8	9	7	9	9	7	7
5	3	7	8	7	8	6	7	6
6	1	6	8	6	8	7	8	6
6	2	9	7	7	6	9	6	7
6	3	8	9	6	8	8	5	7
7	1	9	9	7	8	8	7	6
7	2	7	8	7	7	9	8	5
7	3	6	7	5	7	7	7	5
8	1	8	9	7	9	9	6	7
8	2	9	9	6	8	9	6	5
8	3	6	8	6	7	8	8	6
9	1	9	8	7	6	8	7	8
9	2	7	9	7	8	9	7	6
9	3	8	9	7	8	7	5	5
10	1	7	7	8	6	8	8	5
10	2	9	8	8	7	9	7	5
10	3	6	8	8	9	8	6	5
11	1	9	8	8	7	7	5	7
11	2	8	8	9	6	8	6	6
11	3	7	8	6	8	7	7	5
12	1	8	8	9	7	7	8	7
12	2	9	8	8	6	8	7	7
12	3	7	7	8	9	6	6	8
13	1	9	8	7	8	6	7	7
13	2	7	8	6	7	8	6	6
13	3	8	8	7	8	8	5	7
14	1	9	9	6	8	7	8	8
14	2	8	7	7	6	8	7	7
14	3	7	8	7	9	9	6	6
15	1	8	8	7	9	8	5	5
15	2	8	8	7	9	7	7	7
15	3	7	8	6	7	7	7	5
16	1	8	8	7	8	6	7	5
16	2	9	8	8	7	9	6	6
16	3	7	8	7	7	8	7	6
17	1	9	9	8	7	7	5	7
17	2	8	8	8	9	6	8	7
17	3	7	7	7	8	8	8	5
18	1	7	9	7	9	9	7	6
18	2	9	9	7	7	9	8	5
18	3	8	7	6	7	7	6	5
19	1	7	8	7	6	9	7	8
19	2	6	8	7	9	8	8	7

Окончание табл.

Пациент	Эксперт	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
19	3	8	7	8	8	8	5	6
20	1	8	7	5	8	7	7	7
20	2	9	8	7	7	9	5	7
20	3	7	8	7	7	7	7	6
21	1	8	9	5	9	9	8	7
21	2	9	8	7	7	8	6	9
21	3	7	8	6	8	8	6	9
22	1	8	8	9	7	8	9	7
22	2	7	8	8	8	9	5	7
22	3	9	7	8	8	8	6	5
23	1	9	9	7	9	8	7	6
23	2	7	8	8	7	8	8	8
23	3	8	9	7	8	7	8	8
24	1	9	7	7	7	9	8	5
24	2	8	8	8	7	8	7	7
24	3	7	8	8	8	7	7	7
25	1	9	9	6	6	9	9	6
25	2	7	7	8	8	8	5	8
25	3	8	8	7	8	8	6	7
26	1	9	8	7	7	9	9	5
26	2	7	8	6	9	7	6	9
26	3	8	7	7	7	7	6	7
27	1	9	7	7	9	9	9	9
27	2	8	8	6	7	8	7	7
27	3	7	8	7	7	7	8	7
28	1	8	9	8	8	7	8	6
28	2	9	8	7	7	9	7	8
28	3	7	7	7	8	8	7	9
29	1	9	9	9	6	8	6	7
29	2	7	7	7	9	8	5	7
29	3	8	7	7	9	7	7	8
30	1	7	8	8	8	9	8	6
30	2	9	8	7	7	7	8	9
30	3	8	8	6	7	6	6	8
31	1	9	8	8	8	9	7	7
31	2	8	8	8	8	7	7	7
31	3	7	9	7	8	7	8	8
32	1	9	7	8	9	6	9	7
32	2	9	8	8	6	9	7	6
32	3	7	8	7	7	7	7	7
33	1	9	8	9	8	9	8	9
33	2	8	7	8	9	8	9	7
33	3	7	8	8	6	7	7	7

В ходе обработки таблицы пакетом RUMM 2020 были получены результаты, приведённые на рисунке 2.

Анализ результатов работы программы RUMM 2020 показал, что шесть из семи схем лечения имеют $\chi^2_{\text{критич.}}$ $\Pr ob$>0,05. Следовательно, с точки зрения модели Г. Раша эти схемы достаточно надёжно характеризуют латентную переменную эффективности лечения. Для схемы лечения Q6 (рефортан, вессел-дуэф, цитофлавин) $\chi^2_{\text{критич.}}$ $\Pr ob$= =0,03, что свидетельствует о более низкой эффективности этой схемы по сравнению с остальными. Однако величина 0,03 достаточно близка к граничному значению 0,05, и поэтому полностью отказываться от схемы Q6 нецелесообразно. Это подтверждает и анализ графика соответствия между уровнем интегрального показателя латентной переменной и значимостью индикаторов (рис. 3).

INDIVIDUAL ITEM-FIT for Analysis Name F1 - Chi Square Probability Order

	Seq	Item	Type	Location	SE	FitResid	DF	ChiSq	DF	Prob
5	5	I0005	Poly	-0,234	0,078	0,696	81,00	0,488	2	0,783424
7	7	I0007	Poly	0,352	0,089	0,682	81,00	1,287	2	0,525524
4	4	I0004	Poly	-0,074	0,077	1,382	81,00	2,018	2	0,364575
1	1	I0001	Poly	-0,356	0,079	-0,032	81,00	2,111	2	0,348062
2	2	I0002	Poly	0,103	0,078	0,355	81,00	3,079	2	0,214502
3	3	I0003	Poly	0,013	0,115	0,643	81,00	4,560	2	0,102305
6	6	I0006	Poly	0,195	0,094	0,851	81,00	6,950	2	0,030958

Рис. 2. Скриншот работы программы RUMM 2020
по оценке эффективности выбранных схем лечения

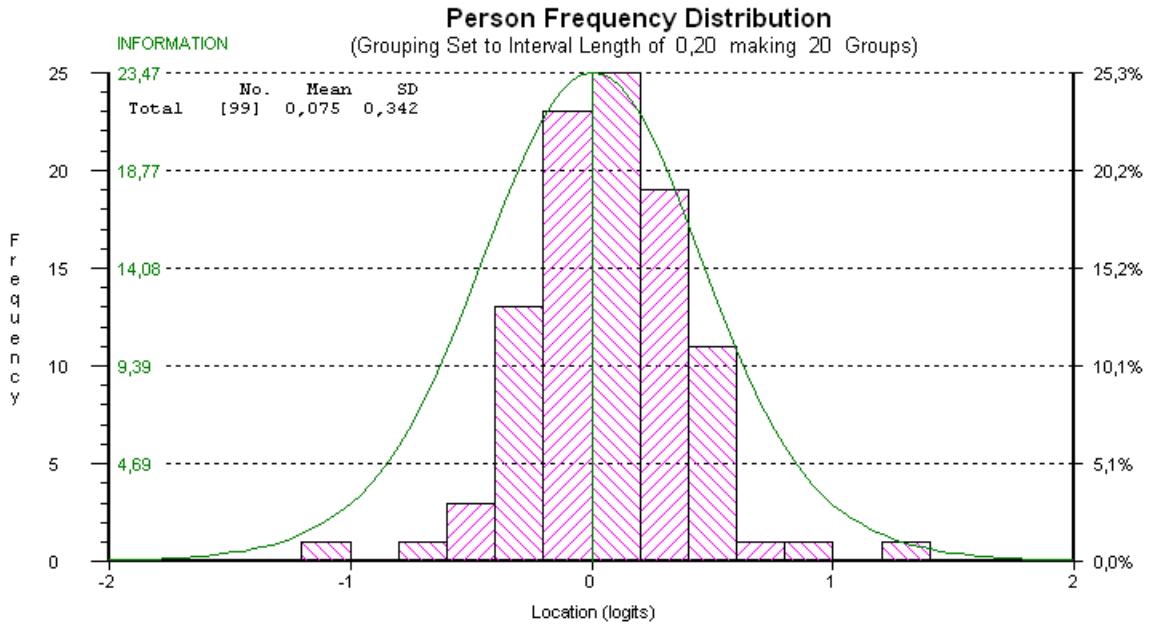


Рис. 3. График соответствия уровня интегрального показателя
латентной переменной набору индикаторных переменных

Анализ графика (см. рис. 3) показывает, что все семь схем не отличаются от среднего уровня интегрального показателя более чем на 0,5 логит, что позволяет оставить схему Q6 со специальными комментариями её использования.

На следующем этапе исследования изучалась связь предлагаемых схем лечения с латентной переменной «эффективность лечения» без схемы Q6.

Результат работы программы RUMM 2020 без Q6 представлен на рисунке 4.

Данная комбинация схем лечения для всех индикаторных переменных обеспечивает $\chi^2_{\text{критич.}}$ $\Pr ob$>0,05. Этот факт подтверждается графиками характеристических кривых, приведённых на рисунках 5–7.

Целесообразность использования схем лечения Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q7 подтверждается и графиком их соответствия, приведённым на рисунке 8.

INDIVIDUAL ITEM-FIT for Analysis Name F2 - Chi Square Probability Order

	Seq	Item	Type	Location	SE	FitResid	DF	ChiSq	DF	Prob
6	7	I0007	Poly	0,386	0,089	0,695	78,67	0,680	2	0,711914
4	4	I0004	Poly	-0,036	0,077	1,570	78,67	1,154	2	0,561663
5	5	I0005	Poly	-0,203	0,079	0,590	78,67	2,159	2	0,339823
2	2	I0002	Poly	0,145	0,078	0,220	78,67	3,372	2	0,185278
1	1	I0001	Poly	-0,322	0,079	-0,019	78,67	4,042	2	0,132542
3	3	I0003	Poly	0,030	0,115	0,722	78,67	5,790	2	0,055300

Рис. 4.Скриншот работы программы RUMM 2020 без схемы Q6

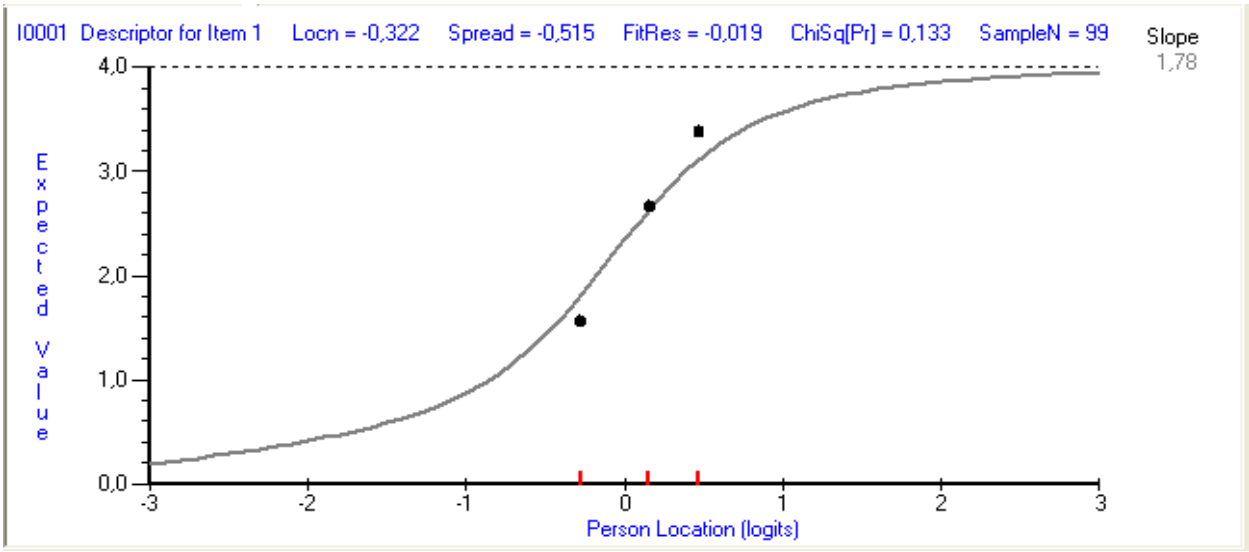


Рис. 5. График характеристических кривых Q1

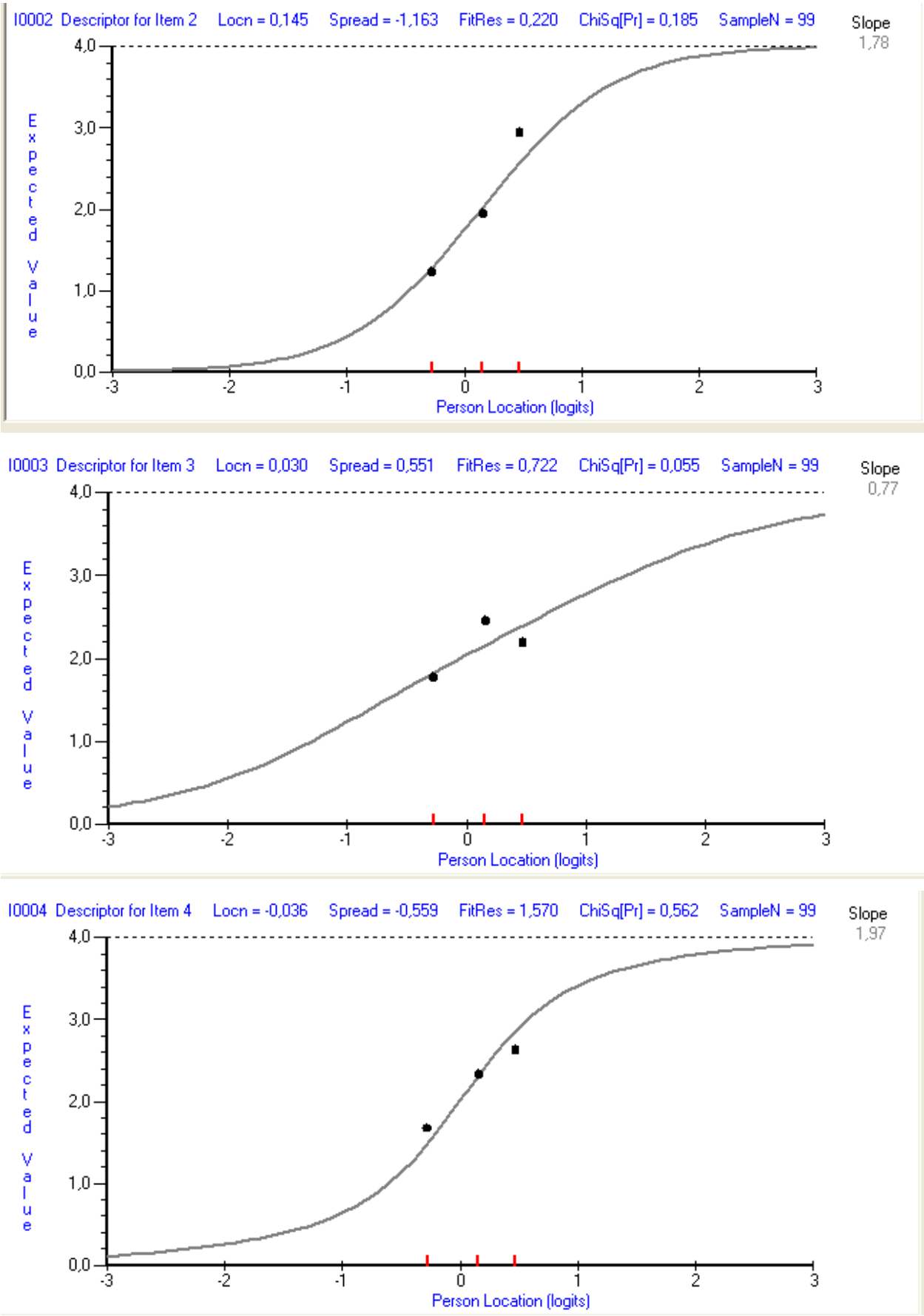


Рис. 6. Графики характеристических кривых Q2, Q3, Q4

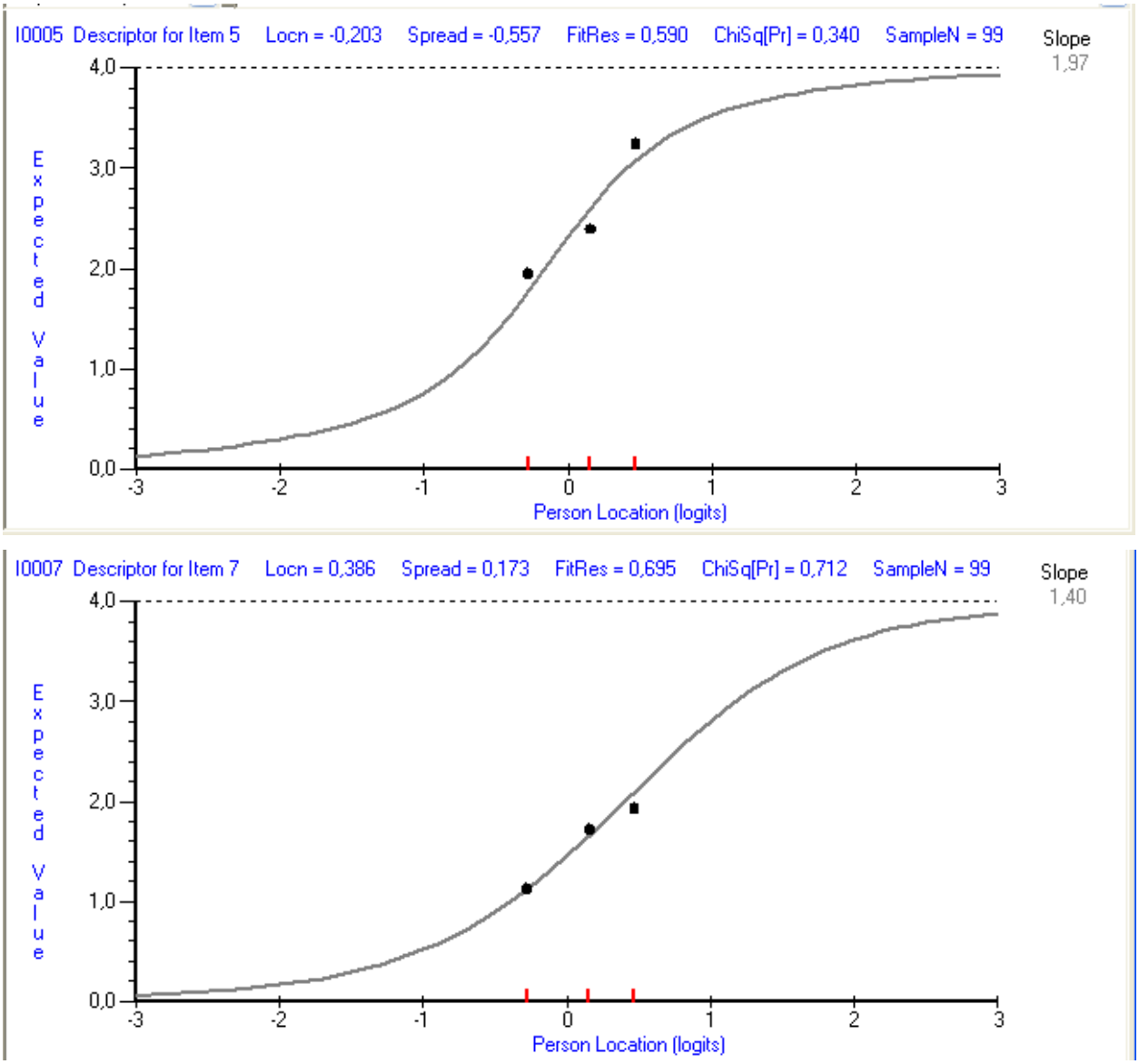


Рис. 7. Графики характеристических кривых Q5, Q7

Результаты клинических испытаний

Отобранные схемы лечения были опробованы более чем на двадцати пациентах с различной степенью тяжести хронической ишемии нижних конечностей (ХИНК) и сочетанных ишемических заболеваний сердца и головного мозга. В качестве примера рассмотрим ведение двух пациентов с результатами применения обсуждаемых схем лечения.

Больная А. 78 лет, страдающая ХОЗАНК. Периферические сегменты, ХИНК III а ст., ИБС: ССН III ФК ХСН III ФК. Атеросклероз сонных артерий. Стеноз правой ВСА 70%, левой ВСА – 40%, ТИА ХСМН III ст.

Для купирования болей покоя была применена схема лечения Q1:

1. Вессел-дуэф (парентерально) по 2,0 № 20.

2. Этоксидол (парентерально) по 2,0 № 20 и peros – в течение 1 месяца.

3. Стандартная кардиотропная терапия (β-адреноблокаторы, нитраты, ингибиторы АПФ, кардиомагнил 75 мг/сутки).

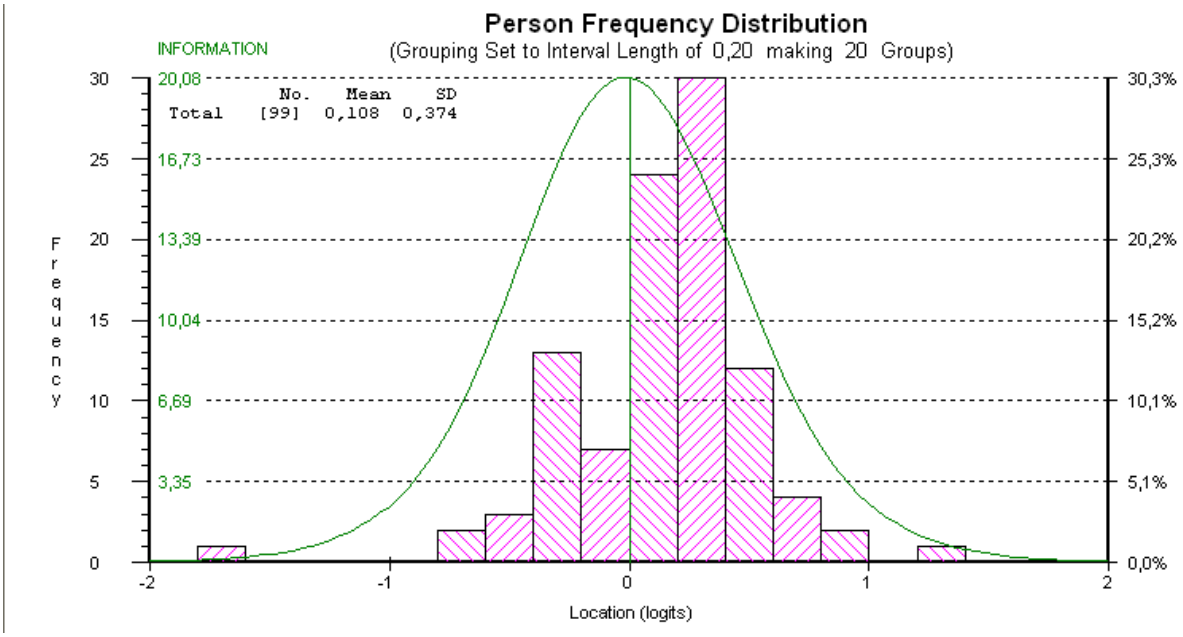


Рис. 8. График соответствия уровня интегрального показателя латентной переменной набору индикаторных переменных

Начальные показатели пациента:

1. Одышка, боль за грудиной при незначительной физической нагрузке (утренний туалет).

2. Выраженное головокружение, шаткость, слабость походки.

3. УЗИ артерий нижних конечностей (сегментарная окклюзия артерий голени, ЛПИ=0, d=5).

4. РВГ нижних конечностей (РИ, d=0,1s; s=0,08 на стопах).

5. Боли в левой ноге в покое (сон 3-4 часа).

После лечения:

1. Боли покоя купированы полностью, дистанция ходьбы без боли в ногах до 100 м, при этом загрудинных болей также не отмечала.

2. Значительно уменьшилось головокружение, шаткость походки.

3. УЗИ артерий нижних конечностей (ЛПИ – увеличение: 0→0,3(s), 0,35(s)).

4. РВГ нижних конечностей (РИ=0,35(s), 0,4(d)).

Больной В. 72 года. Страдает ХОЗАНК. Бедренно-подколенный сегмент справа. Периферический сегмент – слева. ХИНК III а. ИБС:ССН IIФК АГIIст. ХСН IIIФК. Церебральный атеросклероз. ХСМН III ст. Для купирования болевого синдрома в нижних конечностях применена следующая схема Q2:

1. Фраксипарин подкожно в течение 2-х недель.

2. Вессел-дуэф (парентерально) по 2,0 № 20.

3. Этоксидол (парентерально) по 2,0 № 20 и peros – в течение 1 месяца.

4. Стандартная кардиотропная терапия в соответствии с сопутствующей кардиологической патологией (β-адреноблокаторы, антагонисты Ca^{2+}, нитраты, ингибиторы АПФ, диуретики тромбо-асс 100 мг/сутки, аторис).

Начальные показатели у пациента:

1. Одышка при незначительной физической нагрузке на фоне боли покоя в правой ноге.

2. Боли покоя в правой ноге (сочный сон 2-4 часа).

3. Выраженное головокружение.

4. УЗИ артерий нижних конечностей (окклюзия ПБА, ПкА, коллатеральный кровоток с высокой диагностической скоростью ЛПИ, d=0, s=0,21).

5. РВГ нижних конечностей (РИ, 0.025(d); 0,25(s)).

После лечения:

1. Боли покоя купированы полностью.

2. Дистанция безболевой ходьбы – 50-100 м.

3. Одышка при физических нагрузках уменьшилась и не возникает при ходьбе.

4. Уменьшилось головокружение.

5. УЗИ артерий нижних конечностей (ЛПИ, d=0,4; s=0,55).

6. РВГ нижних конечностей (РИ, d=0,25; s=0,38).

Эти и другие результаты лечения с использованием предлагаемых схем терапии позволяют рекомендовать полученные результаты к широкому практическому внедрению.

Список литературы

1. Емельянов С. Г., Быков А. В., Кореневский Н. А. Прогнозирование снятия тяжести развития ишемического процесса в сердце, головном мозге и нижних конечностях на основе нечётких моделей // Биомедицинская радиоэлектроника. − 2016. − № 9. − С. 4−9.

2. Кореневский Н. А. Использование нечёткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. − 2015. − № 1. − С. 33−35.

3. Кореневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечётких правил для анализа и управления состоянием биологических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. − 2015. − № 3. – С. 103−118.

4. Использование теории измерения латентных переменных для оценки уровня псохоэмоционального напряжения / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, Е. Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. − 2013. − №2. – С. 99−103.

5. Кореневский Н. А., Шуткин А. Н., Бойцова Е. А. Оценка и управление состоянием здоровья на основе моделей Г.Раша // Медицинская техника. − 2015. − №6. − С. 37−40.

6. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, С.А. Горбатенко, В.В. Серебровский. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. −472 с.

7. Метод синтеза гибридных нечётких моделей принятия решений по оценке состояния и управления биотехническими системами / Н. А. Кореневский, В. В. Серебровский, К. В. Разумова, И. И. Хрипина // Биомедицинская радиоэлектроника. − 2016. − №9. − С. 68−74.

8. Маслак А. А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах: монография. – Славянск-на-Кубани: Изд. центр СГПИ, 2006. – 333 с.

9. Шуткин А. Н. Оценка уровня психоэмоционального напряжения на основе комбинированния нечётких моделей и модели Г. Раша // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. − № 6 (314). − С. 122−129.

10. Шуткин А. Н. Оценка функционального состояния и здоровья человека с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13, №4. − С. 927−932.

11. Шуткин А. Н., Бойцова Е. А., Стародубцева Л. В. Оценка уровня утомления с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша // Системный анализ и

управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 553-561.

12. Getting Started RUMM 2010. Rasch Unidimensional Measurement Models. – Pert: RUMM Laboratory Ltd, 2001. – 87 p.

13. Korenevskiy N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert System // Biomedical Engineering. – 2015. – Vol. 49, is. 1. – P. 46-49.

14. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence anent tests (Expanded edition, with foreword and afterword by Benjamin D. Wright). – Chicago: University of Chicago Press, 1980. – 199p.

15. Smith E.V., Smith M.S. Introduction to Rasch Measurement Theory, Models and Applications. – Maple Grove, Minnesota: JAM Press, 2004. – 689 p.

Получено 7.02.17

A.V. Bikov, Candidate of Medical Sciences, Cardiovascular Surgery, Advisory Clinic (Kursk) (e-mail: bikov-av@yandex.ru)

N.A. Korenevsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

E. A. Boitcova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: elena-boitcova@mail.ru)

O. I. Filatova, Candidate of Engineering Sciences, Chief Economist, Southwest State University (Kursk) (e-mail: snab@kstu.kursk.ru)

JUSTIFICATION OF TREATMENT OF COMBINED ISCHEMIC PROCESSES LEADING TO THE PATHOLOGY OF THE LOWER EXTREMITIES WITH THE USE OF THE THEORY OF MEASUREMENT OF LATENT VARIABLES

The article is devoted to the study of the effectiveness of treatment regimens for a large number of diseases, including ischemic pathology of different organs by using the theory of measurement of latent variables based on the models G. Rasch. In connection with significant social impacts, ishemicski pathologies of various organs and relatively low efficiency of treatment of these diseases, the problem of search of rational treatment regimens of the studied pathology is very important. It is shown that in problems with complex data structure, which include the problem of choosing effective treatments for a limited number of treatment regimens can be applied measurement theory of latent variables based on the models G. Rasch.

The flexibility of the analysis system indicator variables on the basis of G. Rasch model allows to recommend it as one of the main mechanisms for exploratory analysis in solving General problems of synthesis models calculate latent variable for the studied types of crucial rules, including mathematical models of the selection of various schemes of prevention and treatment.

The obtained results showed that the most effective treatment is achieved with various combinations of such medicines as Wessel-duef, amoxidal, fraxiparin, alprostan, Neoton, pradaxa, Wobenzym, refortan, cytoflavin, refortan, Actovegin.

The selected treatment scheme was applied to more than twenty patients with different severity of chronic lower limb ischemia (CLLI) and associated ischemic diseases of the heart and brain.

The use of the proposed system of treatment for various stages of the process flow of the ischemic lower limbs, heart and brain can improve the quality of medical services for patients suffering from ischemic pathology of different organs.

***Key words**: treatment, G. Rasch model, latent variables, characteristic curves, ischemic heart disease, ischemic disease of the lower extremities.*

References

1. Emel'yanov S. G., Bykov A. V., Korenevskij N. A. Prognozirovanie snyatiya tyazhesti razvitiya ishemicheskogo processa v serdce, golovnom mozge i nizhnih konechnostyah na osnove nechyotkih modelej // Biomedicinskaya radioehlektronika. – 2016. – № 9. – S. 4–9.

2. Korenevskij N. A. Ispol'zovanie nechyotkoj logiki prinyatiya reshenij dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Me-

dicinskaya tekhnika. − 2015. − № 1. − S. 33−35.

3. Korenevskij N. A. Metod sinteza geterogennyh nechyotkih pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniem biologicheskih sistem // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. − 2015. − № 3. – S. 103−118.

4. Ispol'zovanie teorii izmereniya latentnyh peremennyh dlya ocenki urovnya psohoehmocional'nogo napryazheniya / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, E. A. Bojcova, E. N. Korenevskaya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. − 2013. − №2. – S. 99−103.

5. Korenevskij N. A., Shutkin A. N., Bojcova E. A. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya na osnove modelej G.Rasha // Medicinskaya tekhnika. − 2015. − №6. − S. 37−40.

6. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya obuchayushchihsya na osnove gibridnyh intellektual'nyh tekhnologij: monografiya / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, S. A. Gorbatenko, V. V. Serebrovskij. – Staryj Oskol: TNT, 2015. −472 s.

7. Metod sinteza gibridnyh nechyotkih modelej prinyatiya reshenij po ocenke sostoyaniya i upravleniya biotekhnicheskimi sistemami / N. A. Korenevskij, V. V. Serebrovskij, K. V. Razumova, I. I. Hripina // Biomedicinskaya radioehlektronika. − 2016. − №9. − S.68−74.

8. Maslak A. A. Izmerenie latent-nyh peremennyh v social'no-ehkonomicheskih sistemah: monografiya. – Slavyansk-na-Kubani: Izd. Centr SGPI, 2006. – 333 s.

9. Shutkin A. N. Ocenka urovnya psihoehmocional'nogo napryazheniya na osnove kombinirovanniya nechyotkih modelej i modeli G. Rasha // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2015. − № 6 (314). − S. 122−129.

10. Shutkin A. N. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya i zdorov'ya cheloveka s ispol'zovaniem teorii izmereniya latentnyh peremennyh na osnove modelej G. Rasha // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2014. – T. 13, №4. − S. 927−932.

11. Shutkin A. N., Bojcova E. A., Starodubceva L. V. Ocenka urovnya utomleniyas ispol'zovaniem teorii izmere-niya latentnyh peremennyh na osnove modelej G. Rasha // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2014. – T. 14, № 3. – S. 553-561.

12. Getting Started RUMM 2010. Rasch Unidimensional Measurement Models. – Pert: RUMM Laboratory Ltd, 2001. – 87 p.

13. Korenevskiy N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert System // Biomedical Engineering. – 2015. – Vol. 49, is. 1, – P. 46-49.

14. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence anent tests (Expanded edition, with foreword and afterword by Benjamin D. Wright). – Chicago: University of Chicago Press, 1980. – 199p.

15. Smith E.V., Smith M.S. Introduction to Rasch Measurement Theory, Models and Applications. – Maple Grove, Minnesota: JAM Press, 2004. – 689 p.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. К публикации в «Известиях ЮЗГУ» принимаются актуальные материалы, содержащие новые результаты научных и практических исследований, соответствующие профилю журнала, не опубликованные ранее и не переданные в редакции других журналов.

2. Объем статьи не должен превышать 8 страниц печатного текста, включая иллюстрации и таблицы.

3 Авторы статей должны представить в редакцию журнала:

– статью, оформленную в соответствии с правилами оформления статей, представляемых для публикации в журнале;

– рекомендацию кафедры или научно-исследовательского отдела учреждения, в котором выполнена данная работа;

– разрешение на опубликование в открытой печати статьи от учреждения, в котором выполнена работа (обязательно для статей по техническим специальностям, по экономическим – по требованию редколлегии);

– сведения об авторах (фамилия, имя отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, почтовый адрес, телефон, e-mail);

– электронный носитель (CD-диск).

4. Бумажный вариант статьи подписывается всеми авторами, что означает их согласие на передачу Университету прав на распространение материалов статьи с помощью печатных и электронных носителей информации.

5. Редакция не принимает к рассмотрению рукописи, оформленные не по правилам.

6. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается (если автор один и им представлена справка с места учебы).**

7. Основной текст рукописи статьи (кроме аннотации и ключевых слов) набирают в текстовом редакторе MS WORD шрифтом «Times New Roman» размером 14 пт с одинарным интервалом, выравнивание по ширине. Поля с левой стороны листа, сверху и снизу – 2,5 см, с правой стороны – 2 см. Абзацный отступ – 1,5 см.

8. Схема построения публикации: УДК (индекс по универсальной десятичной классификации), фамилия и инициалы автора(ов) с указанием ученой степени, звания, места работы (полностью), электронного адреса (телефона), название (полужирный, прописные), аннотация и ключевые слова, текст с рисунками и таблицами, литература. Авторы, название, аннотация и ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

Перед основным текстом печатается краткая аннотация курсивом, отражающая краткое содержание статьи.

Например:

УДК 004.9:519.8

А.Л. Иванов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: ivanov@gmail.com)

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАДРАМИ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассматривается агентная модель прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия, основанная на структуризации поведения агента и определения влияния его внутреннего представления об окружающем мире на его деятельность.

Ключевые слова: агентное моделирование, градообразующее предприятие, событие.

9. При формировании текста не допускается применение стилей, а также внесение изменения в шаблон или создание собственного шаблона. Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.

10. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный – 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс – 5 пт; крупный символ – 18 пт; мелкий символ – 12 пт.

Необходимо учитывать, что **полоса набора – 75 мм**. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**

Все русские и греческие буквы (Ω, η, β, μ, ω, υ и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций (sin, cos, tg и т.д.) – прямым шрифтом. Латинские буквы – прямым шрифтом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

11. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

12. Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 *dpi* и публикуются в черно-белом (градации серого) варианте. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы**.

Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания **не допускаются.**

13. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

14. В материале для публикации следует использовать только общепринятые сокращения.

Все материалы направлять по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94. ЮЗГУ, редакционно-издательский отдел.

Тел.(4712) 50-48-19, тел/факс (4712) 50-48-00.

E-mail: rio_kursk@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей и информацию об опубликованных номерах можно посмотреть на официальном сайте журнала: **http://www.swsu.ru/izvestiya/index.php.**