

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

# **ИЗВЕСТИЯ**

**Юго-Западного  
государственного  
университета**

**Серия  
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА,  
ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

**№ 3  
2014**

Курск



2014. №3

Научный рецензируемый журнал

Основан в 2010 г.

*Выходит четыре раза в год*

Учредитель: ФГБОУ ВПО «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**

**Редакционный совет**

**С.Г. Емельянов** (председатель, главный редактор),

д-р техн.наук, профессор, ректор ЮЗГУ;

**Л.М. Червяков** (зам. председателя), д-р техн. наук,  
профессор, ЮЗГУ.

**И.А. Асеева**, д-р филос. наук, доцент, ЮЗГУ;

**О.И. Атакишев**, д-р техн.наук, профессор,

ЮЗГУ; **Т. Бертран**, д-р техн.наук, профессор,

ун-т Дортмунда (Германия); **Р.К. Боженкова**,  
академик РАЕН, д-р филос. наук, профессор, МГТУ

им. Баумана, Москва; **Ю.В. Вертакова**, д-р экон.

наук, профессор, ЮЗГУ; **С.В. Дегтярев**,

д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **Л.В. Димитров**,

профессор, д-р наук, технический университет,

София; **В.Э. Дрейзин**, д-р техн. наук,

профессор, ЮЗГУ; **А.В. Киричек**, д-р техн.

наук, профессор, ЮЗГУ; **В.И. Колчунов**,

академик РААСН, д-р техн. наук, профессор,

ЮЗГУ; **Н.А. Корневский**, д-р техн.наук,

профессор, ЮЗГУ; **А.П. Кузьменко**, д-р физ.-мат.

наук, профессор, ЮЗГУ; **О.Г. Локтионова**,

д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ;

**В.Н. Сусликов**, д-р юр. наук, профессор, ЮЗГУ;

**М.Л. Титаренко**, акад. РАН, д-р филос. наук,

профессор, ИДВ РАН, Москва; **В.С. Титов**,

д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **С.Ф. Яцун**,

д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ.

## ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

Серия Управление, вычислительная техника,  
информатика. Медицинское приборостроение

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!</b> .....                                                                                                                                         | 6  |
| <b>УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА,<br/>ИНФОРМАТИКА</b> .....                                                                                                        | 8  |
| <i>Башмаков А.И., Векленко Ю.А., Киселев А.С.</i>                                                                                                                       |    |
| Алгоритм поиска взаимосвязей между сигналами<br>в системах бортового радиоэлектронного оборудования<br>летательного аппарата для обнаружения нештатных<br>ситуаций..... | 8  |
| <i>Машкова А.Л.</i>                                                                                                                                                     |    |
| Интеллектуальный агент в социальной среде:<br>нечеткие оценки и правила принятия решений.....                                                                           | 12 |
| <i>Михайлов С.Н., Чуйкова В.В.</i>                                                                                                                                      |    |
| Способ оценки содержания дисциплин отдельного<br>направления подготовки требуемым компетенциям.....                                                                     | 19 |
| <i>Зотов И.В., Шаршов А.В.</i>                                                                                                                                          |    |
| Алгоритм управления обменом сообщениями<br>в мультипроцессорной вычислительной системе.....                                                                             | 24 |
| <i>Шевелев С.С., Дорошенко Е.Ю.</i>                                                                                                                                     |    |
| Алгоритмы выполнения арифметических операций<br>в троичной системе счисления.....                                                                                       | 30 |
| <i>Борзов Д.Б., Минайлов В.В., Гуляев К.А., Башмаков А.И.</i>                                                                                                           |    |
| Многоитерационное сжатие видеосигнала<br>с использованием RGB-модели.....                                                                                               | 35 |
| <b>МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ</b> .....                                                                                                                                | 41 |
| <i>Снопков В.Н., Кислюк Г.И., Пошибайлова А.В.,<br/>Кириченко С.О.</i>                                                                                                  |    |
| Использование метода альтернативного анализа<br>Вальда для прогноза тугоухости у новорожденных детей..                                                                  | 41 |
| <i>Афанасова Е.А., Азарков Н.М.</i>                                                                                                                                     |    |
| Выделение информативных параметров крови<br>посредством математических методов у больных<br>острым эндометриом.....                                                     | 45 |
| <i>Артеменко М.В., Бойцова Е.А., Лукашов М.И.,<br/>Устинов А.Г.</i>                                                                                                     |    |
| Синтез решающих правил автоматизированной<br>классификации вариантов течения генитального<br>герпеса на основе самоорганизационного<br>моделирования.....               | 53 |

**Редакционная коллегия:**

Главный редактор  
С.Г. Емельянов, д-р техн. наук, профессор

Зам. главного редактора  
В.С. Титов, д-р техн. наук, профессор

**Члены редколлегии:**

В.Н. Гридин, д-р техн. наук, профессор  
И.В. Зотов, д-р техн. наук, профессор  
В.Э. Дрейзин, д-р техн. наук, профессор  
Н.А. Корневский, д-р техн. наук, профессор  
Т.А. Шибакина, канд. техн. наук, профессор

Адрес редакции: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.  
Телефоны: (4712) 50-48-19  
Факс: (4712) 50-48-00. E-mail: rio\_kursk@mail.ru

Оригинал-макет подготовлен А.Е. Серебряковой

Подписано в печать 22.11.14. Формат 60×84/8.  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 14,6.  
Тираж 1000 экз. Заказ 72. 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»

Долженков С.Д., Петров С.В., Чернега М.С.,  
Харьков С.В., Чуклинова Л.Ю.

Прогнозирование послеоперационных осложнений  
при урологических заболеваниях на основе  
комбинированных нечетких правил.....63

Лукашов М.И., Устинов А.Г., Хрипина И.И.,  
Солошенко С.В.

Синтез решающих правил прогнозирования обострения  
заболеваний на примере генитального герпеса.....70

Бурмака А.А., Разумова К.В.

Аналитические модели цифрового преобразования  
визуальной информации статичных изображений  
результатов ультразвуковых и рентгеновских  
исследований в медицине.....80

Лукашов М.И.

Исследование эффективности проведения лечебно-  
оздоровительных мероприятий при генитальном  
герпесе.....85

Афанасова Е.П.

Математическое моделирование и диагностика  
острого эндометрита с использованием  
компьютерных технологий.....94

Шуткин А.Н., Федянин В.В., Хрипина И.И.,  
Корневская С.Н.

Интеллектуальная система поддержки принятия  
решений по оценке состояния меридианных структур  
человека.....100

Чеканов И.В., Коломиец И.В., Азарков Н.М.,  
Макконен К.Ф., Гонтарев С.Н.

Совершенствование нейрохирургической службы  
на основе компьютерных технологий и многомерных  
математических методов в неблагоприятных  
территориях.....106

Долженков С.Д., Петров С.В., Чернега М.С.,  
Серегин С.П., Новиков А.В.

Структура автоматизированной системы поддержки  
принятия решений врача при прогнозировании  
и диагностике урогинекологических заболеваний.....118

**К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ.....126**



2014. №3

Scientific reviewed journal

Published four a year

**PROCEEDINGS**of the SOUTHWEST  
STATE

UNIVERSITY

Management, computer facilities,  
Computer science. Medical instrument making**CONTENS**

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>RESPECTED COLLEQUES!</b>                                                                                                               | 6  |
| <b>INFORMATICS, COMPUTER SCIENCES</b>                                                                                                     | 8  |
| <i>Bashmakov A.I., Veklenko Yu.A., Kiselyov A.S.</i>                                                                                      |    |
| Algorithm of relations detection between signals<br>in aircraft equipment with the purpose to detect<br>contingency situations            | 8  |
| <i>Mashkova A.L.</i>                                                                                                                      |    |
| Intelligent agent in a social environment: Fuzzy estimates<br>and decision making rules                                                   | 12 |
| <i>Mikhaylov S.N., Chuikova V.V.</i>                                                                                                      |    |
| Method of the disciplines contents assessment in<br>the major courses to the required competences                                         | 19 |
| <i>Zotov I.V., Sharshov A.V.</i>                                                                                                          |    |
| The algorithm of the control messages exchanging<br>in the multiprocessor computing system                                                | 24 |
| <i>Shevelev S.S., Doroshenko E.Y.</i>                                                                                                     |    |
| Algorithms of the execution arithmetical operation<br>in ternary system of the numeration(reckoning)                                      | 30 |
| <i>Borzov D.B., Minailov V.V., Gulyaev K.A., Bashmakov A.I.</i>                                                                           |    |
| Multi-step video compression using RGB-models                                                                                             | 35 |
| <b>MEDICAL INSTRUMENT MAKING</b>                                                                                                          | 41 |
| <i>Snopkov V.N., Kislyuk G.I., Poshibaylova A.V.,<br/>Kirichenko S.O.</i>                                                                 |    |
| Using alternative analysis wald for prediction hearing loss<br>in newborns                                                                | 41 |
| <i>Afanasova E.A., Agarkov N.M.</i>                                                                                                       |    |
| The selection of informative parameters of blood<br>by means of mathematical methods in patients<br>with acute eye endometritis           | 45 |
| <i>Artemenko M.V., Boytsova E.A., Lukashov M.I.,<br/>Ustinov A.G.</i>                                                                     |    |
| Synthesis of decision rules automated classification<br>variantsof the course of genital herpes based simulation<br>the self-organization | 53 |

|                                                                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Dolzhenkov S.D., Petrov S.C., Chernega M.S.,<br/>Kharkov S.C., Chuklinova L. Yu.</i>                                                         |            |
| Prognosis of postoperative complications in urological<br>diseases using combined decision rules.....                                           | 63         |
| <i>Lukashov M.I., Ustinov A.G., Khripina I.I.,<br/>Soloshenko S.V.</i>                                                                          |            |
| Synthesis of decision rules of diseases aggravation<br>on example of genital herpes.....                                                        | 70         |
| <i>Burmaka A.A., Razumova K.V.</i>                                                                                                              |            |
| Analytical models of digital conversion of static images<br>for ultrasound and x-ray research in medicine.....                                  | 80         |
| <i>Lukashov M.I.</i>                                                                                                                            |            |
| Study of the effectiveness of study of therapeutic measures<br>at genital herpes.....                                                           | 85         |
| <i>Afanasova E.P.</i>                                                                                                                           |            |
| Mathematical modeling and diagnostics ost-cerned<br>endometritis using computer technologies.....                                               | 94         |
| <i>Shutkin A.N., Fedyanin V.V., Khripina I.I.,<br/>Korenevskaya S.N.</i>                                                                        |            |
| Intelligent decision support system assessment meridian<br>structure of the human.....                                                          | 100        |
| <i>Chekanov I.V., Kolomiets I.V., Agarkov N.M.,<br/>Makkonen K.F., Gontarev S.N.</i>                                                            |            |
| Improving neurosurgical services on the basis of computer<br>technologies and multivariate mathematical methods.....                            | 106        |
| <i>Dolzhenkov S.D., Petrov S.C., Chernega M.S.,<br/>Seregin S.P., Novikov A.V.</i>                                                              |            |
| The structure of automated system of doctor decision<br>support during prognosis and diagnosis of urological<br>and gynecological diseases..... | 118        |
| <b>INFORMATION FOR AUTHORS.....</b>                                                                                                             | <b>126</b> |

## **Уважаемые коллеги!**

В материалах, включенных в новый выпуск научного журнала, освещены актуальные проблемы современного научного знания в области теории управления, вычислительной техники, информатики и медицинского приборостроения.

В разделе «Управление, вычислительная техника, информатика» тематика статей разнообразна, спектр исследуемых проблем широк и включает следующие вопросы: анализ информационных потоков бортового радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов с целью обнаружения и предотвращения возможных нештатных и отказных ситуаций; подход к моделированию правил принятия решения агентом в социальной среде, основанный на бихейвиористической концепции поведения; способ автоматизированной оценки соответствия содержания изучаемых тематик в дисциплинах профессионального учебного цикла требуемым компетенциям; алгоритм управления обменом сообщениями в мультипроцессорной вычислительной системе; алгоритм выполнения арифметических операций в троичной системе счисления; обобщенный алгоритм сжатия, который использует систему RGB-модели, а также подключение дополнительных итераций в виде алгоритма сжатия Хаффмана, что позволяет сократить объем данных для их дистанционной передачи в реальном времени.

В разделе «Медицинское приборостроение» представлен метод альтернативного анализа Вальда для прогноза тугоухости у новорожденных детей, также на основе различных математических методов и численных критериев проведено выделение информативных показателей общего и биохимического анализа крови у больных острым эндометритом, что позволяет рациональнее и в более короткие сроки выполнять диагностику данного заболевания. Представлен метод синтеза нечетких решающих диагностических правил соотнесения обследуемого человека к определенному классу течения болезни с использованием моделирования на базе алгоритмов метода группового учета аргументов. Обобщены результаты различных исследований по использованию математических методов с выбором общего подхода к синтезу комбинированных нечетких математических моделей, способных путем перестройки своих параметров решать задачи оценки риска послеоперационных осложнений. Рассматриваются вопросы синтеза решающих правил для

автоматического прогноза о возможности обострения заболевания с использованием технологий мягких вычислений. Предложено использование нелинейных графоаналитических моделей для алгоритмов преобразования аналоговой информации статичных изображений текущего состояния органов человека в соответствующий цифровой код. Проведен анализ приемов преобразования и обоснованы подходы, оптимизирующие процесс формирования цифровых данных, удовлетворяющих требованиям точности, сжатия и простоты кодирования информации, ее удобства при дальнейшей обработке. Представлены математические модели и компьютерная система поддержки принятия решений для совершенствования диагностики, что позволяет улучшить качество оказания медицинской помощи. Рассматривается интеллектуальная система поддержки принятия решений по оценке состояния меридианных структур человека; компьютерная система по управлению нейрохирургическим отделением; автоматизированная система поддержки принятия решений врача при прогнозировании и диагностике заболеваний.

*С.Г. Емельянов, д-р техн. наук,  
профессор, ректор ЮЗГУ,  
главный редактор журнала*

# УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

---

УДК 004.94

**А.И. Башмаков**, инженер-программист, Курское ОАО «Прибор»  
(e-mail: bashmakov.aleksey@gmail.com)

**Ю.А. Векленко**, канд. техн. наук, начальник отдела стендов и технологических средств контроля, Курское ОАО «Прибор» (тел.: (4712) 57-69-55, e-mail: okb@aviavtom.kursk.ru)

**А.С. Киселев**, инженер-конструктор, ООО «ОКБ «Авиаавтоматика» (тел.: (4712)57-20-77, e-mail: kbavia@fitmail.ru)

## **АЛГОРИТМ ПОИСКА ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ СИГНАЛАМИ В СИСТЕМАХ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ**

*Рассмотрена проблема анализа информационных потоков бортового радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов с целью обнаружения и предотвращения возможных нештатных и отказных ситуаций. Предложен подход и соответствующий алгоритм поиска взаимосвязей между регистрируемыми сигналами в динамическом режиме функционирования.*

**Ключевые слова:** авиационное оборудование, информационный поток, интеллектуальный анализ данных, надежность, алгоритм.

\*\*\*

При разработке авиационного оборудования, в том числе систем регистрации полетной информации, большое внимание уделяется вопросам анализа информационных потоков, создаваемых бортовым радиоэлектронным оборудованием (БРЭО) летательных аппаратов (ЛА), с целью обнаружения и предотвращения потенциальных нештатных и отказных ситуаций как при диагностировании, так и в процессе эксплуатации. Использование эффективных средств анализа данных, поступающих от бортовых систем, позволяет повышать надежность разрабатываемых систем и их отказоустойчивость.

Сложность анализа информационных потоков в динамическом режиме заключается в значительном количестве источников данных (абонентов), использующих различные интерфейсы взаимодействия, в составе БРЭО ЛА и в разнородности формируемой ими информации. В настоящее время при решении задачи анализа больших объемов данных широкое

распространение приобретают технологии интеллектуального анализа (data mining) [1]. Данные технологии сочетают в себе широкий спектр аналитических методов и алгоритмов. Одной из главных трудностей интеллектуального анализа является обнаружение взаимосвязей среди разнородных данных неограниченного объема с неизбежным появлением в процессе анализа ложных выявленных взаимосвязей [2]. Таким образом, для исключения или минимизации обнаружения ложных групп данных требуется использование многоитерационных алгоритмов интеллектуального анализа.

В случае применения сложных информационно-управляющих систем анализ для каждого из внешних информационных потоков по отдельности неприемлем из-за потенциальной взаимосвязанности данных потоков между собой [3].

В общем случае основная задача интеллектуального анализа данных состоит из трех основных стадий [2]:



1) выявление закономерностей (классификация и кластеризация);

2) прогностическое моделирование;

3) анализ исключений.

Предложен алгоритм обнаружения в динамическом режиме взаимосвязей между регистрируемыми сиг-

налами, поступающими от объекта проверки по различным видам информационных каналов, и выделения их в группы. Перечень наиболее часто используемых в БРЭО ЛА интерфейсов взаимодействия приведен на рисунке 1.

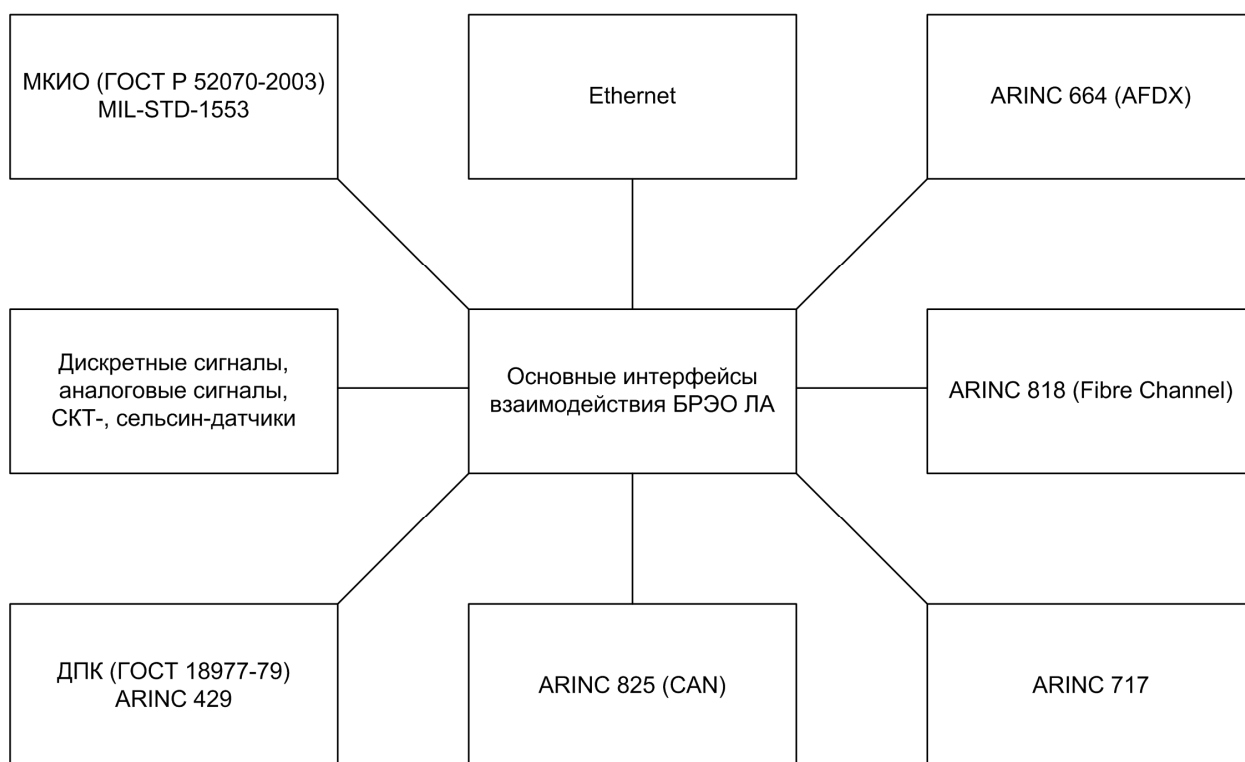


Рис. 1. Интерфейсы взаимодействия, используемые в БРЭО ЛА

Предложенный алгоритм основан на методе поиска ближайших соседей KNN (k-nearest neighbor algorithm) [1], предназначенном для выделения среди  $k$  наблюдений известных объектов тех, что являются схожими по отношению к новому неизвестному ранее объекту.

Информация о выявленных взаимосвязях хранится в структурах данных, именуемых классами.

Определим следующие параметры, используемые алгоритмом:

1.  $k$  – максимальное количество классов сигналов, с которыми может

быть определена взаимосвязь для данного анализируемого сигнала.

2.  $M_{\max}$  – предельное значение регистрируемого количества совпадений для анализируемого сигнала с классом.

3.  $t_{\max}$  – максимально допустимая разница во времени между текущим изменением значения анализируемого сигнала и последним известным изменением сигнала в классе.

Каждый класс предполагает наличие записей двух видов:

1) базовый элемент, определяющий известный ранее сигнал и время

последнего известного изменения его значения  $t_{last}$ ;

2) предполагаемые элементы, определяющие потенциально относящиеся к классу сигналы (каждая запись предполагаемого элемента пред-

ставляет собой пару «сигнал – количество совпадений с базовым элементом»).

Структурная схема класса представлена на рисунке 2.

| Базовый элемент         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Сигнал                  | Время последнего изменения $t_{last}$ |
| Предполагаемые элементы |                                       |
| Сигнал 1                | Количество совпадений для сигнала 1   |
| ...                     |                                       |
| Сигнал N                | Количество совпадений для сигнала N   |

Рис. 2. Структурная схема класса сигнала

Сходство между сигналами в рамках предложенного алгоритма определяется по следующим критериям, именуемым в терминах алгоритма KNN расстояниями:

1. Разница во времени между текущим изменением значения анализируемого сигнала  $t_{cur}$  и  $t_{last}$ .

2. Разница между  $M_{max}$  и количеством  $M_{cur}$  зарегистрированных совпадений анализируемого сигнала с классом.

На каждой итерации анализируются сигналы, значения которых изменились в данный момент времени. Первоначально все регистрируемые в системе сигналы не классифицированы.

Предложенный алгоритм состоит из следующих этапов (рис. 3):

1. При регистрации изменений значений сигналов в данный момент времени  $t_{cur}$  для каждого из ранее не определенных сигналов создается но-

вый класс  $Class_i$ , в который они добавляются в качестве базового элемента с записью значения  $t_{last} = t_{cur}$ .

Для сигналов, ранее определенных в одном из классов, происходит обновление поля  $t_{last} = t_{cur}$ .

2. Для каждого из анализируемых в данный момент времени сигналов определяется евклидово расстояние до базовых элементов зарегистрированных классов:

$$D_E = \sqrt{(t_{cur} - t_{last})^2 + (M_{max} - M_{cur})^2}, \quad (1)$$

причем  $t_{cur} - t_{last} \leq t_{max}$ .

3. Путем простого невзвешенного голосования [4] определяются  $k$  найденных взаимосвязей, имеющих наименьшие расстояния. В случае первого обнаружения взаимосвязей анализируемые сигналы добавляются в найденные классы в качестве предполагаемых элементов со значением

$M_{cur} = 1$ , при повторном обнаружении для предполагаемого элемента значение  $M_{cur}$  увеличивается на 1, если текущее значение не превышает  $M_{max}$ .

4. Этапы 1 – 3 повторяются для каждого анализируемого временного интервала.

5. По окончании регистрации и анализа значений сигналов имеются  $n$  классов сигналов, хранящих информацию об обнаруженных взаимосвязях.

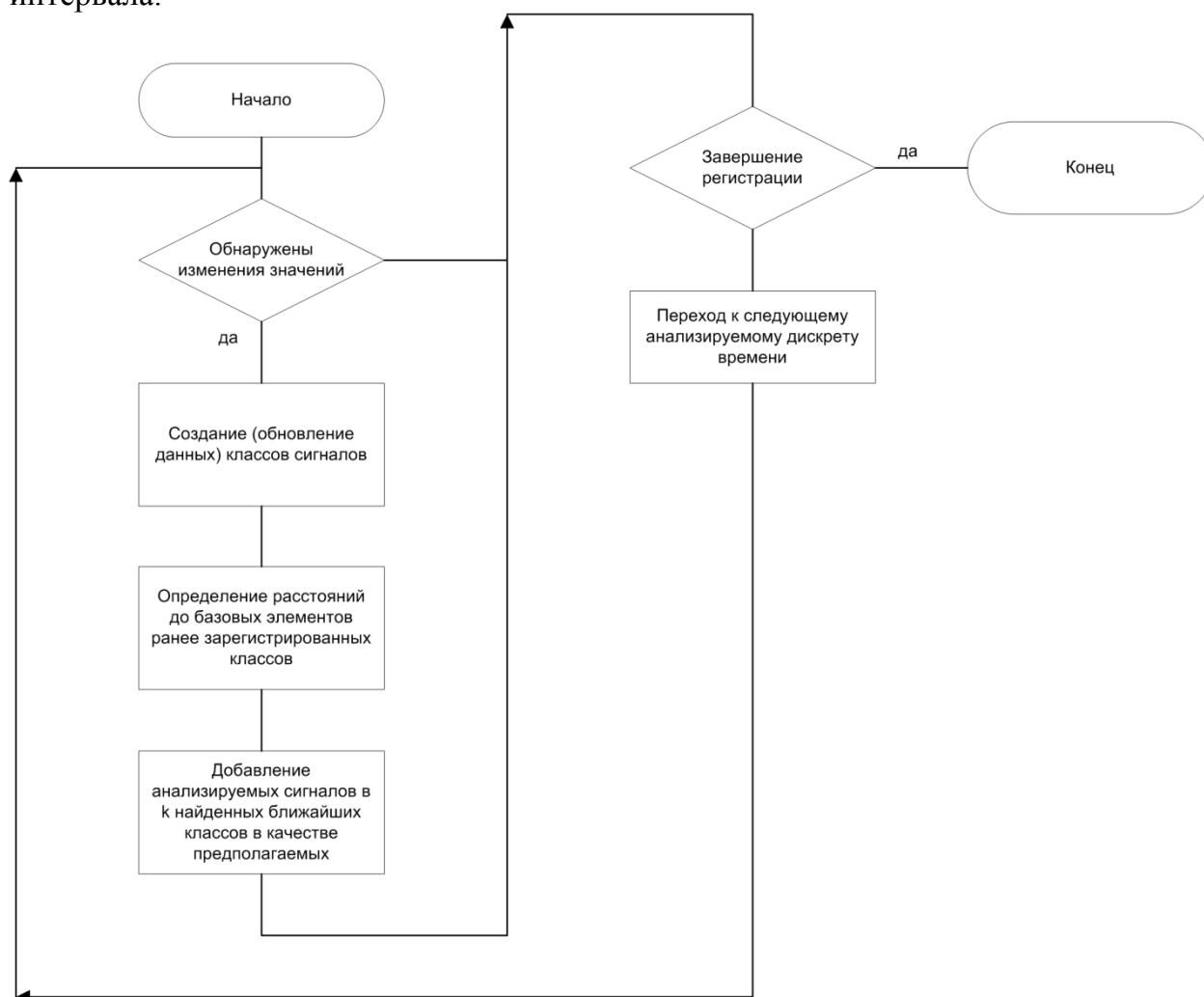


Рис. 3. Обобщенный алгоритм поиска взаимосвязей между сигналами

Таким образом, предложенный алгоритм реализует процессы выявления взаимосвязей между сигналами и анализа информационных потоков, создаваемых БРЭО ЛА, позволяя в динамическом режиме отслеживать взаимосвязи между сигналами вне зависимости от их типов интерфейсов на протяжении всего времени регистрации параметров. Данный алгоритм может использоваться для обнаружения и предотвращения возникно-

вения потенциальных нештатных и отказных ситуаций, способствуя тем самым повышению надежности разрабатываемого авиационного оборудования.

#### Список литературы

1. Дюк В., Самойленко А. Data mining: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 368 с.
2. Чубукова И.А. Data mining. – М.: Бином, 2008. – 384 с.

3. Башмаков А.И., Векленко Ю.А. Программно-аппаратное средство для моделирования информационных потоков при проверке информационно-управляющих систем // Распознавание-2013: сборник материалов XI Между-

народной конференции. – Курск, 2013. – С. 372-374.

4. Громыко Г.Л. Теория статистики: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М, 2008. – 476 с.

Получено 15.07.14

**A.I. Bashmakov**, Engineer, Kursk Joint-stock Company «Pribor»  
(e-mail: bashmakov.aleksey@gmail.com)

**Yu.A. Veklenko**, Candidate of Sciences, Head of Testbed and Technological Control Means Department, Kursk Joint-stock Company «Pribor» (tel.: +7 (4712) 57-69-55,  
e-mail: okb@aviavtom.kursk.ru)

**A.S. Kiselyov**, Engineer, «Aviaavtomatika» Development Labs (Kursk) (tel.: +7 (4712) 57-20-77,  
e-mail: kbavia@fitmail.ru)

#### **ALGORITHM OF RELATIONS DETECTION BETWEEN SIGNALS IN AIRCRAFT EQUIPMENT WITH THE PURPOSE TO DETECT CONTINGENCY SITUATIONS**

*The problem of analysis of information flows in aircraft equipment with the purpose to detect and prevent potential contingency situations is reviewed. The approach and the corresponding algorithm of relations detection between the registered signals in dynamic mode of operation are proposed.*

**Key words:** aircraft equipment, information flow, data mining, reliability, algorithm.

УДК 004.81:004.942

**А.Л. Машкова**, канд. техн. наук, доцент, Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс (Орел) (e-mail: aleks.savina@gmail.com)

#### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АГЕНТ В СОЦИАЛЬНОЙ СРЕДЕ: НЕЧЕТКИЕ ОЦЕНКИ И ПРАВИЛА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

*В статье рассматривается ряд вопросов, связанных с разработкой мультиагентных систем, ориентированных на исследование и прогнозирование социально-экономических процессов. Предлагается подход к моделированию правил принятия решения агентом в социальной среде, основанный на бихейвистической концепции поведения. Для формализации параметров социальной среды, влияющих на решения агента, строятся нечеткие оценки уровня жизни. Формализация процесса принятия решения осуществляется с помощью конечного автомата.*

**Ключевые слова:** мультиагентные системы, принятие решений, нечеткая логика.

\*\*\*

#### **Введение**

Разработка интеллектуальных мультиагентных систем является на сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений информационных технологий и искусственного интеллекта [1]. Мультиагентные системы интегрируют в себе передовые достижения перечисленных областей и способны демонстрировать принципиально новые качества, по-

скольку они состоят из множества интеллектуальных агентов, обладающих собственными знаниями и правилами принятия решений и взаимодействующих для решения задачи [2]. Мультиагентные системы изучаются в рамках многих научных дисциплин, в том числе распределенного искусственного интеллекта, теории игр, теории коллективного поведения автоматов, когнитивного и имитационного моделирования [3].

В данной статье предлагается концепция интеллектуального агента – участника социального процесса. Сферой применения таких агентов являются в первую очередь агентные имитационные модели социальных явлений. Основным требованием к такому агенту является его способность интегрироваться с моделируемой социальной средой, иметь собственные оценки этой среды, правила поведения и принятия решений, а также возможность воздействовать на среду, изменяя ее. Для отражения психологических и когнитивных особенностей индивидов в архитектуре агента предлагается использовать концепцию бихейвиоризма, описывающую взаимодействие со средой и правила поведения в ней.

### Теоретические основы бихейвиористического подхода к моделированию поведения

Теория бихейвиоризма, изучающая процессы принятия решений и различные аспекты поведения, описывает процесс осуществления некоторой целенаправленной деятельности следующим образом. Человек имеет набор потребностей и существует в некоторой среде. Среда воздействует на человека через разнообразные импульсы.

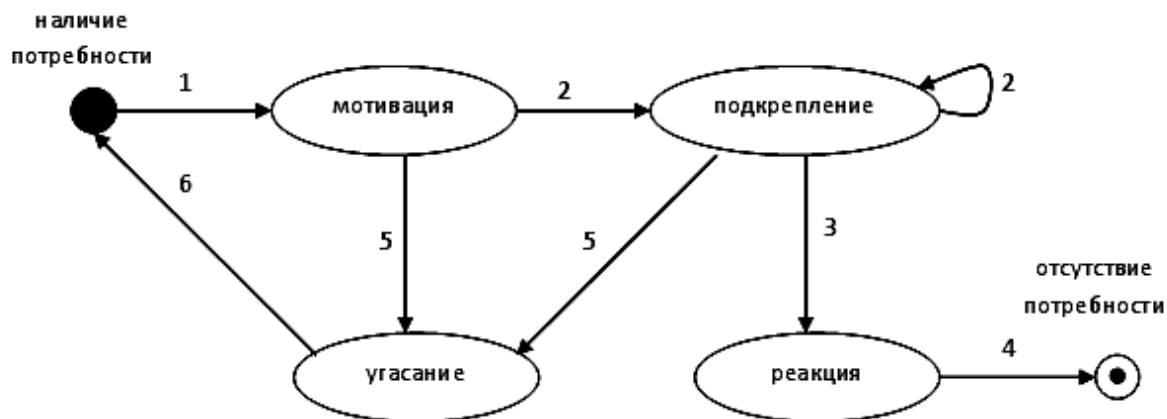


Рис. 1. Общая схема поведения индивида с позиций бихейвиоризма

Результатом столкновения потребности с импульсом, способным удовлетворить эту потребность, является мотивация. В зависимости от частоты и интенсивности поступления импульсов этот эффект может быть либо подкреплён (что с физиологической точки зрения соответствует усилению рецепторно-эффекторных связей между нейронами), либо может угаснуть (связи ослабевают или исчезают) [4].

Следствием усиления связи до определенной степени является вызов реакции. Данный процесс наглядно описывается с помощью конечного автомата, представленного на рисунке 1.

Автомат, описывающий общую схему поведения (АОСП), включает набор состояний [5]:

- наличие потребности (начальное состояние);
- мотивация;
- подкрепление;
- угасание;
- реакция;
- отсутствие потребности (финальное состояние).

Переходы осуществляются под воздействием внешних событий, изменений в структуре рецепторно-эффекторных связей (РЭС) или комбинации этих факторов (таб.).

## Переходы в АОСП

| Номер | Внешнее событие            | Изменения в структуре РЭС             |
|-------|----------------------------|---------------------------------------|
| 1     | Первичный импульс          | Формирование РЭС                      |
| 2     | Повторный импульс          | Усиление РЭС                          |
| 3     | —                          | Сила РЭС достигла порогового значения |
| 4     | Удовлетворение потребности | —                                     |
| 5     | Отсутствие импульсов       | Ослабление РЭС                        |
| 6     | —                          | Исчезновение РЭС                      |

Данная схема может быть положена в основу архитектуры интеллектуального агента при условии формализации его потребностей и способов их удовлетворения. Для решения данной задачи строятся нечеткие оценки социальной среды агента, отражающие его субъективную удовлетворенность своим текущим состоянием.

### Нечеткие оценки социальной среды агента

К факторам, влияющим на оценку социальной среды агента, относятся: уровень заработной платы, жилищные условия, уровень развития социальной сферы, возможность получения образования и др. Ни один из этих факторов не поддается простой количе-

ственной оценке. Для формализации параметров социальной среды агента был выбран аппарат нечеткой логики, позволяющий получать оценки на основе неточной информации [6].

Пусть социальная среда агента оценивается набором параметров  $P_1, P_2, \dots, P_n$ . Для каждого параметра зададим нечеткое множество «приемлемое значение», к которому конкретное значение параметра  $P_i$  принадлежит со степенью принадлежности  $\mu_i$ .

Графическое представление функции принадлежности  $\mu(x)$  величины дохода  $x$  множеству «приемлемый уровень дохода» приведено на рисунке 2.

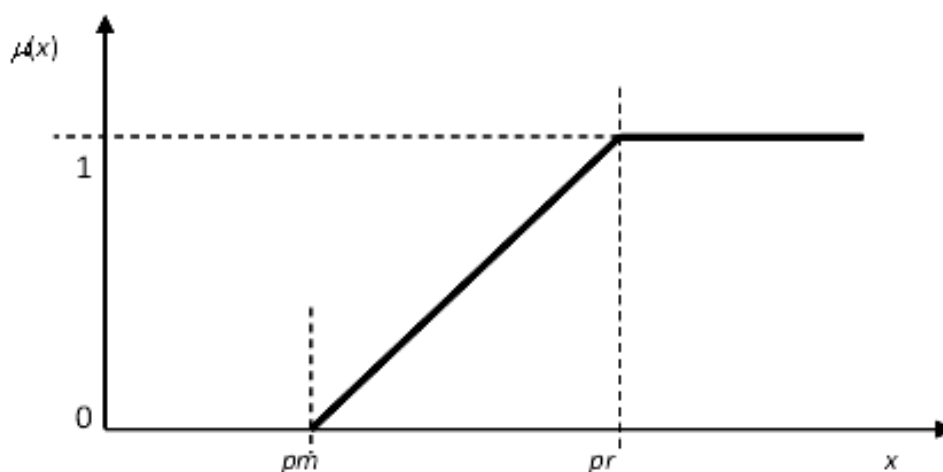


Рис. 2. Графическое представление функции принадлежности  $\mu(x)$

Алгебраически  $\mu(x)$  задается следующим образом [5]:

$$\mu(x) = \begin{cases} w \cdot \left( \frac{x - pm}{pr - pm} \right), & x < pr, \\ 1, & x \geq pr \end{cases} \quad (1)$$

где  $x$  – величина дохода агента;

$pm$  – величина прожиточного минимума в заданной социальной среде;

$pr$  – величина дохода, которую агент-работник соответствующей категории считает приемлемой;

$w$  – нормирующий коэффициент.

При оценке уровня дохода на агента влияют многие факторы.

Во-первых, он будет сравнивать предлагаемую заработную плату с заработной платой, которую получают его знакомые с аналогичным уровнем образования и квалификацией.

Во-вторых, агент примет в расчет уровень жизни в своем домашнем хозяйстве: чем он выше, тем на более высокий доход будет рассчитывать агент.

В-третьих, агент должен учитывать конъюнктуру на рынке труда и знакомства, на которые он может рассчитывать при поиске работы.

Если агенту не удастся найти в своей среде работу, удовлетворяющую всем этим условиям, то высока вероятность того, что он покинет эту среду или предпримет попытки для ее изменения.

### **Параметры социальной активности интеллектуальных агентов**

Возможность агента влиять на среду является неотъемлемой чертой мультиагентных систем и моделей. В случае исследования социальных процессов воздействие агента на среду возможно в двух вариантах:

– покинуть данную среду и искать другую, более подходящую для удовлетворения его потребностей;

– целенаправленно действовать на свою среду для изменения некоторых ее параметров.

Следует также отметить, что при моделировании социальных процессов возможности агента ограничены возможностями человека в реальном мире. Социальные факторы, ограничивающие свободу действия индивида, включают различные семейные и личные обязательства. Наиболее распространенными ограничивающими факторами являются: наличие у агента супруги, детей, престарелых родителей; социальные и финансовые возможности.

Помимо экономических и социальных, необходимо учитывать также психологические причины уровня социальной активности агента, в основе которых лежит его склонность к переменам или, наоборот, природная инертность. Согласно социологическим исследованиям, большая часть людей склонна скорее подстраиваться под обстоятельства, чем пытаться их изменить. Тем не менее, по мере роста недовольства условиями жизни, у агента накапливается энергия, способная по достижении некоторого порога толкнуть его на решительные действия.

Уровень недовольства агента зависит от следующих показателей [5]:

– размаха между имеющимся и ожидаемым уровнем жизни (чем он больше, тем выше недовольство агента);

– времени, в течение которого агент находится в неудовлетворительном состоянии.

Представим описанные зависимости на графике (рис. 3).

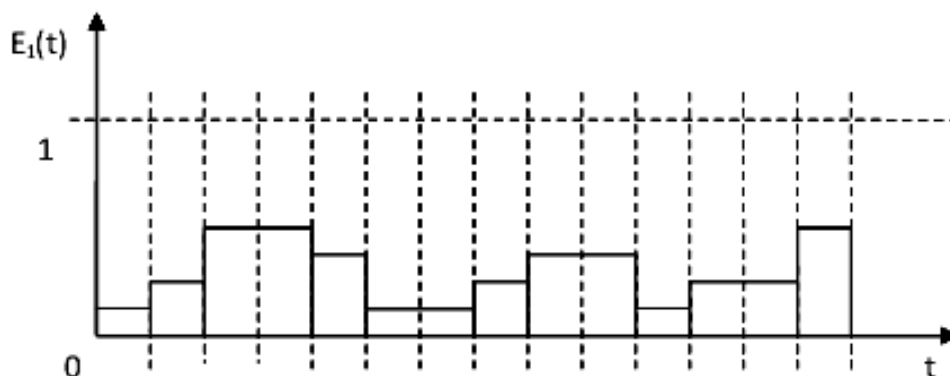


Рис. 3. Динамика уровня недовольства агента социальной средой

По оси абсцисс расположены такты модельного времени  $t$ , по оси ординат – уровень недовольства  $E_1$ , который рассчитывается по следующей формуле:

$$E_1(x, t) = \mu_{\text{ож}}(x, t) - \mu_{\text{уж}}(x, t), \quad (2)$$

где  $\mu_{\text{уж}}(x, t)$  – значение функции принадлежности уровня жизни агента  $x$  в своей социальной среде в такт времени  $t$ ;

$\mu_{\text{ож}}(x, t)$  – значение функции принадлежности оценки уровня жизни агента  $x$  в измененной среде в такт времени  $t$ ;

$E_1$  – уровень недовольства агента  $x$  в такт времени  $t$ .

Накапливание уровня недовольства с течением времени выразим с помощью оператора алгебраической

суммы, сохраняющего нормирование значений оценок от 0 до 1 [6]:

$$S_E(x, t) = S_E(x, t-1) + E_1(x, t) - S_E(t-1, x) \cdot E_1(x, t), \quad (3)$$

где  $t$  – такт модельного времени;

$E_1(x, t)$  – уровень недовольства агента  $x$  в такт времени  $t$ ;

$S_E(t)$  – уровень недовольства, накопленный агентом  $x$  к такту  $t$ ;

$S_E(t-1)$  – уровень недовольства, накопленный агентом  $x$  к такту  $t-1$ .

Перерасчет величины  $S_E$  производится на каждом такте модельного времени.

Накопление уровня недовольства иллюстрирует график, представленный на рисунке 4.

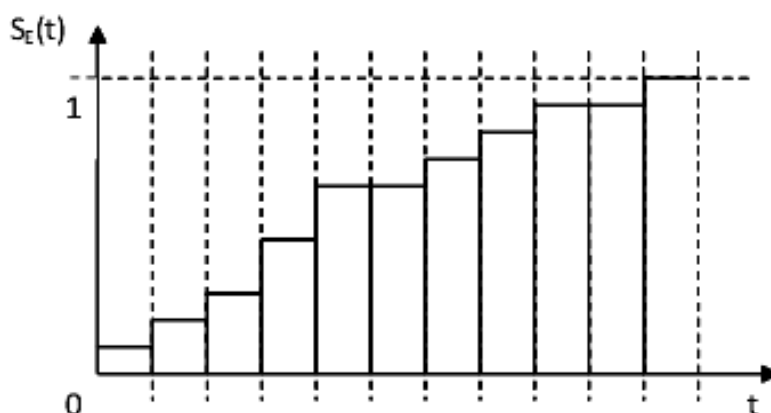


Рис. 4. Динамика уровня накопленного недовольства агента

Порог накопления уровня недовольства нормируется в пределах от 0

до 1 и является индивидуальным для каждого агента. По достижении уров-



нем накопленного недовольства  $УН$  порогового значения  $ПУ$ , агент принимает решение об изменении социальной среды, причем данный параметр описывает лишь готовность агента к действиям, а его способности претворить эти действия в жизнь будут определяться ограничениями конкретной задачи моделирования.

### Правила принятия решений интеллектуальным агентом

Модель принятия решений строится на основе общей схемы поведения, что позволяет придать решениям агента необходимую психологическую обоснованность. Наряду со структурой процесса принятия решения необходимо учитывать качественные и количественные характеристики области принятия решений, то есть перспективы миграции.

Состояние агента описывается набором нечетких переменных [5]:

$УЖ$  – уровень жизни агента в социальной среде;

$ОУЖ$  – ожидаемый уровень жизни в измененной среде;

$УН$  – накопленный уровень недовольства агента;

$ПУ$  – пороговый уровень недовольства.

Наиболее значимыми являются следующие сочетания переменных:

$УЖ \geq ОУЖ$ , то есть условия жизни в текущей социальной среде для агента более благоприятны, чем в измененной, или примерно равны; в этом случае соотношение  $УН$  и  $ПУ$  не имеет значения.

$УЖ < ОУЖ$ , то есть имеющаяся у агента информация позволяет предполагать, что в измененной среде у него будет больше возможностей, и агент начинает задумываться о перспективах перемен. Осуществление активных действий будет зависеть от соотношения переменных  $УН$  и  $ПУ$ .

Если  $УН < ПУ$ , то агент в текущий момент не готов к действиям по изменению среды.

Если  $УН \geq ПУ$ , то агент в ближайшее время осуществит действия по изменению среды.

Алфавит состояний автомата принятия решения об изменении социальной среды (АПРИСС) задается множеством  $Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$ .

Графическое представление АПРИСС приведено на рисунке 5.

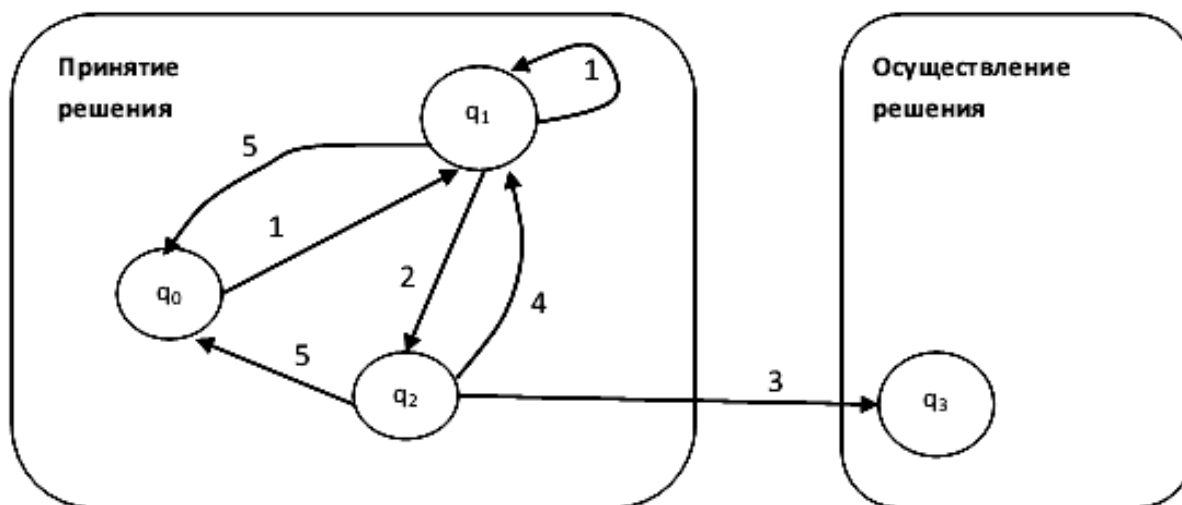


Рис. 5. Схема переходов АПРИСС

Начальное состояние  $q_0$  определяется как сочетание значений управляющих переменных  $УЖ \geq ОУЖ$  и означает, что агент не имеет желания изменять социальную среду. При изменении значений управляющих переменных (снижение  $УЖ$ , повышение  $ОУЖ$ ) агент переходит в состояние  $q_1$ : агент хочет, но не готов изменять социальную среду (наличие потребности). Состояние  $q_2$  означает готовность агента к действиям, направленным на изменение социальной среды; это состояние (реакция) может быть достигнуто за счет повышения уровня недовольства вплоть до порогового значения. Возврат в состояние  $q_1$  (угасание потребности) может произойти под влиянием снижения  $ОУЖ$  или повышения  $УЖ$ . Переход в состояние  $q_3$  не зависит от соотношения субъективных оценок агента; возможность осуществить активные действия (удовлетворить потребность) определяется социальной средой агента.

### Выводы

В статье предпринимается попытка использования бихейвиористического подхода к разработке архитектуры интеллектуального агента. Данный подход является наиболее приемлемым для отражения поведения агента в имитационных моделях социальных процессов, поскольку он позволяет отразить взаимодействие агента со

средой и особенности индивидов, влияющие на принятие решения.

Для формализации субъективных характеристик среды применяется аппарат нечеткой логики; строятся оценки приемлемого для отдельного агента уровня социальных параметров. Правила принятия решения задаются в виде детерминированного конечного автомата, что дает возможность воспроизведения логики поведения агента в компьютерной программе.

### Список литературы

1. Ferber J. Multi-Agent Systems // An Introduction to Artificial Intelligence. Addison-Wesley, 1999.
2. Weiss G. Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. MIT Press, 1999.
3. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 352 с.
4. Халл К. Принципы поведения // История зарубежной психологии. М.: Изд-во МГУ, 1986.
5. Савина А.Л. Математическая модель принятия решений агентами в имитационной модели миграционных потоков // Информационные системы и технологии. 2011. № 6. С. 66-72.
6. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ; Лаборатория знаний, 2009.

Получено 03.07.14

**A.L. Mashkova**, Candidate of Sciences, Associate Professor, State University – Educational-Scientific-Industrial Complex (Orel) (e-mail: [aleks.savina@gmail.com](mailto:aleks.savina@gmail.com))

### INTELLIGENT AGENT IN A SOCIAL ENVIRONMENT: FUZZY ESTIMATES AND DECISION MAKING RULES

*This article discusses a number of issues related to the development of multi-agent systems oriented to research and forecasting of socio-economic processes. An approach to the modeling of decision rules agent in the social environment, based on the behavioristic concept is proposed. To formalize the parameters of the social environment are used fuzzy estimates of the living standards. Formalization of the decision-making process is carried out by a deterministic automaton.*

**Key words:** multi-agent systems, decision making, fuzzy logics.

УДК 004.091

**С. Н. Михайлов**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tk\_kursk@mail.ru)

**В.В. Чуйкова**, преподаватель, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: chuikova\_v\_v@bk.ru)

## **СПОСОБ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИН ОТДЕЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ ТРЕБУЕМЫМ КОМПЕТЕНЦИЯМ**

*Представлен способ автоматизированной оценки соответствия содержания изучаемых тематик в дисциплинах профессионального учебного цикла направления подготовки 210700.62 требуемым компетенциям.*

**Ключевые слова:** инфологическая система, иерархия понятий текста, информационный ресурс, рабочая программа дисциплины, компетенция.

\*\*\*

В настоящее время инфологические системы находят применение в различных областях структурирования знаний. Основной особенностью инфологической системы являются ее возможности в выявлении и наглядном представлении пользователю смыслового содержания документа.

Инфологическая обработка текстового документа в целом представляет собой строго упорядоченную последовательность действий, направленных на выявление семантического содержания выбранных текстов.

На первом этапе выполняется нормализация текста, представляющая собой его преобразование к виду, в котором все слова приведены в базовую форму и исключены союзы, местоимения и другие служебные части речи.

На втором этапе выполняется сегментация текста на синтаксические единицы и определяется рейтинг связей слов с последующим формированием иерархической структуры понятийного окружения текста, представляющей упорядоченную форму хранения в вычислительной среде смыслового отражения исходного документа.

На последующих этапах осуществляется процесс наглядного представления иерархии понятий тек-

ста путем отображения понятийного графа текста, в узлах которого находятся термины; дугами обозначаются связи между ними.

Таким образом, в результате инфологической обработки документа может быть сформирована понятийная иерархия текста, отражающая компактное компьютерное представление семантики текста, строго соответствующее смысловому содержанию исходного документа. Граф понятийной иерархии, представляемый оператору, является аналогом иероглифической записи документа и позволяет воспринимать содержимое текста не последовательно, а одновременно [1].

Предложено описанный процесс инфологической обработки текста положить в основу создания нового способа автоматизированной оценки подбора содержания дисциплин профессионального учебного цикла основной образовательной программы бакалавриата требуемым компетенциям. При этом потребуется обработка рабочих программ дисциплин (РПД) и совокупности общекультурных и профессиональных компетенций, представленных в Федеральном государственном образовательном стандарте (ФГОС ВПО) [2].

В ходе оценки содержания рабочих программ дисциплин на предмет оценки их соответствия требуемым компетенциям направления подготовки требуется проведение последовательного анализа изучаемых тематик по каждой дисциплине с целью выявления реальных знаний, умений и навыков, которые может получить студент в процессе изучения дисциплины. Подобная оценка рабочих программ дисциплин проводится, как правило, на выпускающей кафедре и ввиду значительного объёма таких документов (до 63 РПД) требует достаточно продолжительного времени.

В условиях перехода высших учебных заведений на выполнение требований и стандартов третьего поколения разработка способа оперативной автоматизированной оценки соответствия содержания рабочих программ дисциплин требуемым компетенциям является актуальной и представляет практический интерес.

Основной порядок действий по использованию инфологической системы при реализации предлагаемого способа может быть представлен совокупностью последовательных этапов, выполняемых с текстовыми документами, содержащими выбранные РПД и требуемые компетенции.

На первом этапе осуществляется выбор РПД, соответствующих в данном случае профессиональному учебному циклу и содержанию компетенций из ФГОС ВПО для квалификации «бакалавр».

В ходе второго этапа все текстовые документы приводятся к единому формату, нумеруются РПД, и из них формируется архив документов в базе инфологической системы.

На третьем этапе содержание каждой компетенции используется в качестве тематического запроса к сформированному архиву для выявления семантического подобия содержания запроса в каждом из нумерованных документов.

На заключительном четвёртом этапе проводится последовательный анализ признаков смыслового соответствия содержания изучаемых тем в дисциплинах и требуемых компетенций, результаты которого отображаются пользователям в установленной форме.

Изложенный порядок действий реализован на программном макете инфологической системы в виде строго упорядоченной последовательности отдельных операций, выполняемых на каждом из перечисленных этапов, что позволило экспериментально оценить технологичность и основные достоинства предложенного способа.

В качестве информационного ресурса выбраны рабочие программы дисциплин профессионального учебного цикла направления подготовки 210700.62 – «бакалавр». При этом каждому документу был присвоен идентификационный номер от 1 до 14 для последующего удобства администрирования данных ресурсов ( $N_i, i=1,2...14$ ).

В качестве совокупности тематических запросов использовано содержание компетенций из стандарта образования ФГОС ВПО[2].

В инфологической системе все 14 полученных документов сохранены в едином формате с расширением «doc», что является принципиально необходимым при использовании имеющегося макета.

На рисунке 1 представлен сформированный список.

| Имя                                                                  | Дата изменения   | Тип                                      | Размер |
|----------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|--------|
| 1 Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях.doc  | 01.07.2014 14:17 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 251 КБ |
| 2 Оборудование систем мобильной связи.doc                            | 01.07.2014 14:18 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 131 КБ |
| 3 Общая теория связи.doc                                             | 07.07.2014 12:51 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 376 КБ |
| 4 Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей.doc          | 01.07.2014 14:18 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 142 КБ |
| 5 ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.doc                              | 01.07.2014 14:19 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 144 КБ |
| 6 Радиопередающие устройства смс.doc                                 | 01.07.2014 14:19 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 178 КБ |
| 7 Радиоприемные устройства СМС.doc                                   | 01.07.2014 14:19 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 165 КБ |
| 8 Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства в систе... | 01.07.2014 14:20 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 158 КБ |
| 9 СЕТИ И СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ.doc                                 | 01.07.2014 14:20 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 134 КБ |
| 10 СТАНДАРТЫ И ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ.doc                 | 01.07.2014 14:20 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 105 КБ |
| 11 Физические основы телекоммуникационных систем.doc                 | 06.11.2013 14:55 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 190 КБ |
| 12 Физические основы электроники.doc                                 | 31.03.2014 12:35 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 241 КБ |
| 13 Цифровая обработка сигналов.doc                                   | 01.07.2014 14:20 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 147 КБ |
| 14 Электромагнитные поля и волны.doc                                 | 27.09.2013 12:33 | Документ Microsoft Office Word 97 - 2003 | 255 КБ |
| Компетенции для 210700.62 СМС.doc                                    | 24.06.2014 13:31 | Документ Microsoft Office Word           | 19 КБ  |

Рис. 1. Нумерованный список документов, участвующих в эксперименте

Далее сформирован архив из этих 14 документов, который инфологическая система использует для смысловой обработки.

Затем выполнена инфологическая обработка документов архива как упорядоченная совокупность тематических запросов. В данном случае в качестве запроса принимается одна нумерованная компетенция стандарта образования, а вся последовательность запросов состоит в поочередном выборе всех компетенций стандарта образования. Такой подход обеспечил формирование 34 запросов.

Сформированные запросы последовательно вводились в окно поиска макета инфологической системы, по-

сле чего производилась смысловая обработка всех документов архива на предмет оценки тематического подобия запроса в содержании каждого из документов [3]. Документы, в которых обнаружено семантическое сходство с тематикой запроса, представлялись в виде перечня в окне поиска, как это показано на рисунке 2.

Выполняя последовательный поиск по каждому запросу, пользователь получает возможность определить полный перечень дисциплин, в которых имеется семантическое сходство с конкретной компетенцией. Обобщенные результаты инфологической обработки 14 РПД по 34 компетенциям представлены в таблице.

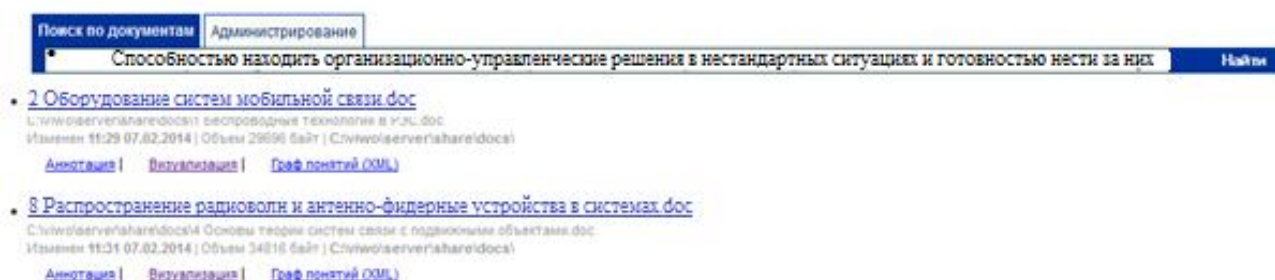


Рис. 2. Результат тематического запроса к документам архива на предмет семантического подобия по компетенции ОК-4

Анализ представленных результатов показывает, что отдельные компетенции (ПК-17, ПК-2, ОК-4) имеют смысловое сходство с подавляющим большинством выбранных дисциплин, вместе с тем обнаружена компетенция

ОК-10, не имеющая смыслового отражения ни в одной дисциплине, а также наглядно отражающая наличие многократных дублирований (до 11 дисциплин). Указанная ситуация наглядно показывает наличие много-

кратных смысловых дублирований конкретной компетенции в разных дисциплинах (рис. 3). В этой ситуации разработка оценочных средств по 20 компетенциям в рамках одной дисциплины является достаточно трудоём-

ким процессом. С другой стороны, оценка уровня приобретённой конкретной компетенции неизбежно ведёт к значительным непроизводительным затратам времени в учебном процессе.

#### Результаты запросов в эксперименте

| № компетенции | Кол-во совпавших | Номера совпавших дисциплин |
|---------------|------------------|----------------------------|
| ОК-1          | 4                | 11,5,14,3                  |
| ОК-2          | 2                | 1,3                        |
| ОК-3          | 1                | 2                          |
| ОК-4          | 2                | 2,8                        |
| ОК-5          | 1                | 3                          |
| ОК-6          | 2                | 6,3                        |
| ОК-7          | 6                | 1,11,12,12,14,4            |
| ОК-8          | 7                | 12,7,9,10,6,5,1            |
| ОК-9          | 11               | 1,7,6,10,9,12,2,11,4,8,3   |
| ОК-10         | 0                | —                          |
| ОК-11         | 1                | 5                          |
| ОК-12         | 10               | 11,13,5,1,8,2,14,7,6,9     |
| ПК-1          | 8                | 11,8,14,5,2,4,3,13         |
| ПК-2          | 11               | 11,9,10,8,5,14,6,7,12,13,3 |
| ПК-3          | 7                | 1,2,7,6,8,5,11             |
| ПК-4          | 10               | 7,6,8,1,12,9,10,14,5,2     |
| ПК-5          | 1                | 8                          |
| ПК-6          | 5                | 8,7,13,6,1                 |
| ПК-7          | 2                | 2,8                        |
| ПК-8          | 3                | 8,2,7                      |
| ПК-9          | 6                | 8,7,6,4,2,1                |
| ПК-10         | 3                | 8,7,2                      |
| ПК-11         | 8                | 8,10,9,6,7,5,4,1           |
| ПК-12         | 3                | 8,5,7                      |
| ПК-13         | 5                | 2,5,6,7,8                  |
| ПК-14         | 10               | 8,14,6,7,9,10,2,4,5,11     |
| ПК-15         | 5                | 8,2,7,6,1                  |
| ПК-16         | 4                | 2,3,5,6                    |
| ПК-17         | 11               | 1,12,11,3,5,2,7,8,9,13,10  |
| ПК-18         | 10               | 8,11,5,12,1,4,7,13,9,2     |
| ПК-19         | 10               | 2,8,5,7,12,6,1,13,4,10     |
| ПК-20         | 4                | 8,2,11,14                  |
| ПК-21         | 5                | 11,7,6,8,14                |
| ПК-22         | 9                | 8,9,4,2,6,1,10,5,14        |

На рисунках 3 и 4 графически представлены обобщенные результаты эксперимента, отражающие количественные и качественные характеристики обнаруженных повторений содержания компетенций по каждой дисциплине.

В соответствии с требованиями п.8.4 ФГОС ВПО для оценки качества освоения ООП необходимо наличие фондов оценочных средств по каждой компетенции, отсюда следует, что отдельным элементом учебно-методического комплекса каждой дисциплины выступает комплекс оценочных средств приобретённых компетенций. С целью повышения качества

оценки знаний, умений и навыков студентов в ходе аттестаций целесообразно ограничить каждую дисциплину отображением не более 4-6 компетенций [2]. Такое ограничение позволит в ходе изучения дисциплины основное внимание концентрировать на глубоком изучении более узкого круга вопросов профессиональной подготовки. С другой стороны, предложенное ограничение позволяет гарантированно обеспечить формирование у студентов требуемого перечня компетенций в рамках изучения дисциплин профессионального цикла подготовки.

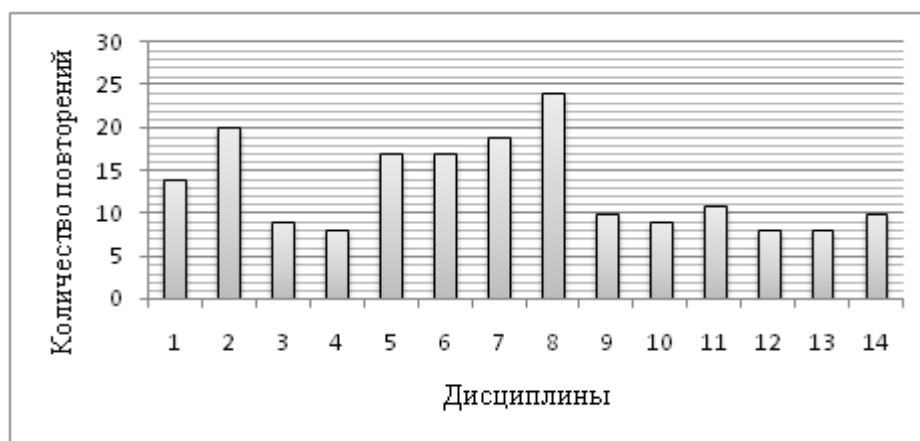


Рис. 3. Отображение количества повторений содержания компетенций по дисциплинам

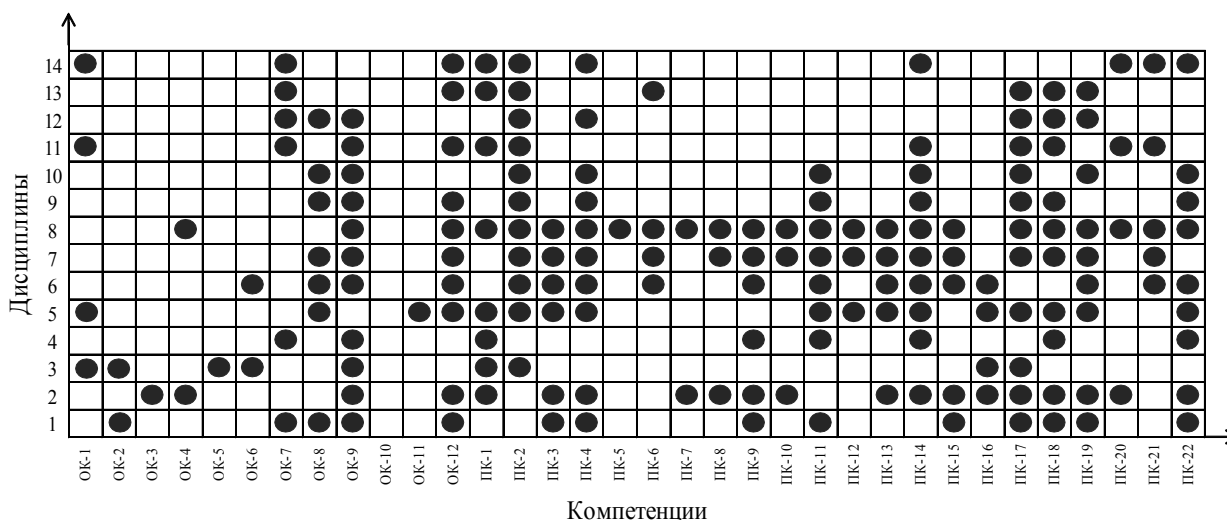


Рис. 4. Отображение наличия содержания конкретной компетенции в каждой дисциплине

В результате проделанной работы очевидны достоинства описанного способа:

1. Возможность использования большого объема информации в качестве информационного ресурса (в рамках данного исследования до 63 дисциплин) для инфологического поиска.

2. Оценка временных затрат, необходимых для проведения анализа подобию компетенций в 14 РПД ручным способом и автоматизированно с применением инфологической системы, показывает, что во втором случае оперативность достижения результата может быть повышена более чем в 5 раз.

3. Предложен наиболее рациональный объем компетенций, приобретенных студентами в рамках одной дисциплины (4-6 компетенций).

### Список литературы

1. Компьютерная лингвистика и перспективные информационные технологии. Теория и практика построения систем автоматической обработки текстовой информации / Г.Г. Белоногов [и др.]. – М.: Русский мир, 2004. – 264 с.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 210700 – Информационные технологии и системы связи, квалификация «бакалавр» [Электронный ресурс]: приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 декабря 2009 г. №785. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Александров В.В., Андреева Н.А., Кулешов С.В. Методы построения информационно-логистических систем. – СПб., 2005. – 107 с.

Получено 18.09.14

**S.N. Mikhaylov**, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tk\_kursk@mail.ru)

**V.V. Chuikova**, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: chuikova\_v\_v@bk.ru)

### METHOD OF THE DISCIPLINES CONTENTS ASSESSMENT IN THE MAJOR COURSES TO THE REQUIRED COMPETENCES

*The method of the disciplines contents assessment in the major courses 210700.62 to the required competences is offered.*

**Key words:** *infological system, the text notions hierarchy, information resource, the major course program, competence.*

---

УДК 004.272.45

**И.В. Зотов**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: zotovigor@yandex.ru)

**А.В. Шаршов**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: sharik\_vm-72@mail.ru)

### АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ОБМЕНОМ СООБЩЕНИЯМИ В МУЛЬТИПРОЦЕССОРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

*Представлен алгоритм работы модуля обмена сообщениями в мультипроцессорной вычислительной системе с возможностью динамической модификации маршрутов сообщений в зависимости от загрузки очередей соседних модулей в заданном секторе, а также модулей, находящихся на расстоянии 2 от текущего.*

**Ключевые слова:** *модуль обмена сообщениями, коммутатор, сектор, виртуальные соседи, очередь.*

\*\*\*



По отношению к высокой пиковой производительности современных мультиконтроллеров их реальная производительность значительно ниже. Одним из факторов, снижающих реальную производительность, является быстродействие процессов коммуникации между контроллерами в системе. Таким образом, повышая скорость коммуникации между модулями в мультиконтроллерах, можно повысить показатель реальной производительности.

Рассматриваемое устройство может применяться при построении коммутационных средств мультипроцессорных вычислительных и управляющих систем, абонентских систем связи с децентрализованным управлением и информационно-измерительных систем. Главным преимуществом данного устройства является возможность динамической модификации маршрутов сообщений в зависимости от загрузки очередей не только соседних модулей матричных коммутаторов, но и модулей, находящихся на расстоянии 2 от текущего (виртуаль-

ных соседей). То есть при коррекции маршрута учитывается загрузка очередей соседних модулей относительно тех модулей, которым возможно будет передано сообщение.

Коммутатор на базе предлагаемого модуля имеет вид 8-регулярной решетки (матрицы) с незамкнутыми границами (каждый модуль имеет связи со своими восемью соседями, а крайние модули в строках и крайние модули в столбцах матрицы не имеют непосредственного соединения) (рис. 1). Обмен сообщениями выполняется в параллельном коде через транзитные модули. Каждый модуль имеет свой адрес, который определяется его координатами относительно других модулей. Перед передачей сообщения транзитный модуль динамически определяет направление в секторе возможных направлений. Сектор определяется исходя из взаимного расположения источника и приемника из 8-ми возможных вариантов. Очередной модуль передает сообщение в направлении, где общая загрузка очередей соседей и виртуальных соседей меньше.

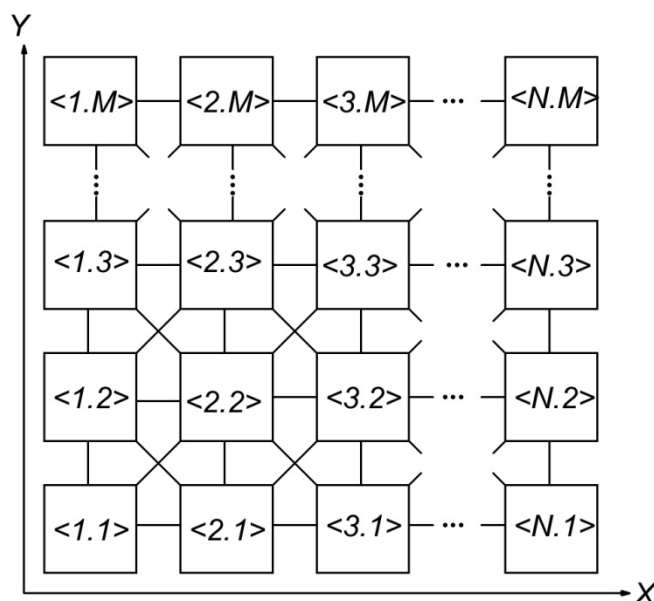


Рис. 1. Структурная схема коммутатора на базе предполагаемого модуля

Адрес каждого модуля задается координатами A.B, где A – номер столбца модуля в матрице, B – номер строки модуля (A – координата модуля по оси X, а B – координата модуля по оси Y). Левый нижний «угол» матрицы имеет координаты 1.1, а правый верхний – координаты N.M (см. рис. 1).

Направление передачи сообщений определяется следующими обозначениями:

R – направление «вправо»;  
L – направление «влево»;  
U – направление «вверх»;

D – направление «вниз»;  
RU – «вправо-вверх»;  
RD – «вправо-вниз»;  
LU – «влево-вверх»;  
LD – «влево-вниз».

Направление передачи сообщения выбирается в зависимости от взаимного расположения источника и приемника. Если адрес модуля-приемника A.B, а адрес текущего модуля (который в данный момент должен передавать сообщение) A1.B1, то направление передачи сообщения в модуле X1.Y1 можно определить по таблице.

Выбор направления выдачи сообщения

| Соотношение A.B и A1.B1 | Основное направление выдачи сообщения |
|-------------------------|---------------------------------------|
| A>A1, B>B1              | RU                                    |
| A>A1, B=B1              | R                                     |
| A>A1, B<B1              | RD                                    |
| A<A1, B<B1              | LU                                    |
| A<A1, B>B1              | L                                     |
| A<A1, B=B1              | LD                                    |
| A=A1, B>B1              | U                                     |
| A=A1, B<B1              | D                                     |
| A=A1, B=B1              | Прием сообщения                       |

Чтобы задать маршрут передачи сообщения между модулями с учетом его возможной динамической модификации, пространство коммутатора (см. рис. 1) разбивается на секторы. Сектор – это группа направлений, в которых возможна передача сообщения на приемник. В каждом секторе три направления: одно из них основное, а два других – второстепенные. Маршрутизация в основном направлении идет согласно таблице.

Сектор можно определить так. Основное направление «вправо» (R), второстепенные – «вправо-вниз» (RD) и «вправо-вверх» (RU). Тогда, если

сообщение должно передаваться вправо, то в зависимости от загрузки очередей сообщений возможна его модификация на направления RU и RD.

Точно так же можно задать и другие секторы и направления передачи:

RU.R.RD – сектор направлений RU, R (основное направление), RD;

R.RD.D – сектор направлений R, RD (основное направление), R;

RD.D.LD – сектор направлений RD, D (основное направление), LD;

D.LD.L – сектор направлений D, LD (основное направление), L;

LD.L.U – сектор направлений  
LD, L (основное направление), LU;

L.L.U – сектор направлений L,  
LU (основное направление), U;

LU.U.RU – сектор направлений  
LU, U (основное направление), RU;

U.RU.R – сектор направлений U,  
RU (основное направление), R.

Получение информации о загруженности очередей от модулей в секторе направлений возможной передачи сообщения происходит следующим образом. Код длины очереди хранится в специальном регистре и увеличивается на единицу с каждым поступлением сообщения в очередь и уменьшается при передаче очередного сообщения. Передаются коды длин очередей соседним модулям так же, как и сообщения, в виде параллельных слов по тактовому импульсу – по тем же каналам связи, но в мультиплексном режиме. В первом такте передается сообщение, во втором – коды длин очередей. Коды длин очередей выда-

ются одновременно: каждому соседу код длины соответствующей ему очереди.

Для того чтобы передать не только длины очередей соседей в секторе, но и коды длин очередей виртуальных соседей, используются основные каналы связи в режиме мультиплексирования. В первом такте передается сообщение, во втором – коды длин очередей соседей, в третьем – коды длин очередей виртуальных соседей.

Так как направление выдачи сообщения выбирается только из трех вариантов (основное и два второстепенных), но надо учитывать загруженность большего числа очередей, коды длин очередей каждого соседа суммируются с кодами длин соответствующих ему виртуальных соседей. Тогда каждому из трех направлений соответствует суммарный код загруженности, по которому и производится выбор направления (рис. 2).

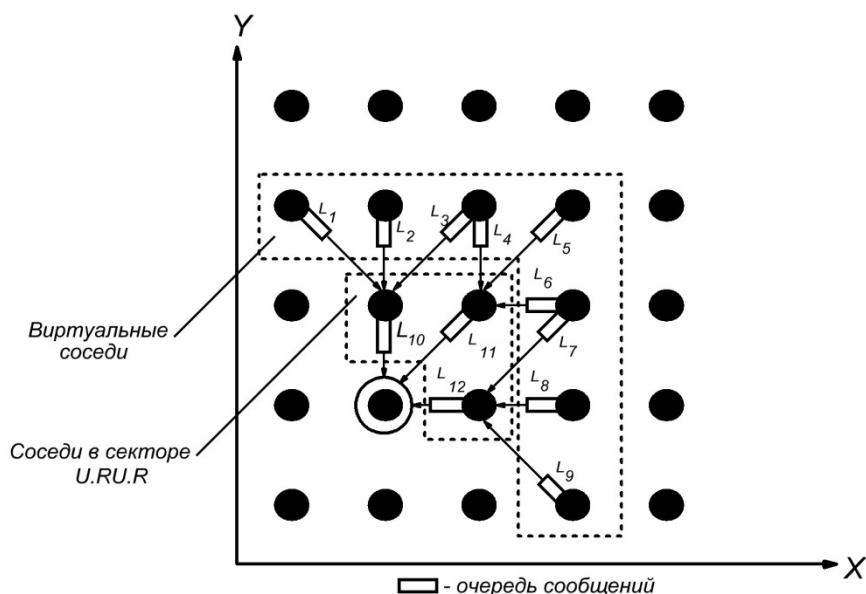


Рис. 2. Процесс формирования кодов длин очередей

На рисунке 2 длины очередей сообщений виртуальных и непосредственных соседей обозначены как

$L_1 - L_{12}$ . Модуль 2.2 на основании этих длин вычисляет 3 суммарных кода длин очередей: для направления U

( $L_U$ ), для направления RU ( $L_{RU}$ ) и для направления R ( $L_U$ ).

Формулы для вычисления этих кодов выглядят следующим образом:

$$L_U = L_1 + L_2 + L_3 + L_{10};$$

$$L_{RU} = L_4 + L_5 + L_6 + L_{11};$$

$$L_U = L_7 + L_8 + L_9 + L_{12}.$$

Точно так же вычисляются суммарные коды длин очередей для других секторов.

На основе вычисленных суммарных кодов длин очередей происходит динамическая модификация выбранного направления передачи сообщений в секторе. С помощью маршрутизации, учитывающей длины очередей виртуальных соседей, помимо соседей в секторе можно заранее определить наиболее загруженные сообщениями фрагменты коммутатора и оптимизировать время передачи сообщений, динамически изменяя ее направление. Если рассматривать весь трафик коммутатора, то можно обеспечить хороший баланс загрузки очередей и тем самым снизить требования к их предельной длине, что расширит области применения устройства.

Алгоритм обработки сообщений модулем включает следующие этапы:

1. Считывание сообщения из очереди.
2. Формирование кода основного направления выдачи сообщения.
3. Коррекция кода направления выдачи сообщения.
4. Выдача сообщения на нужный выход.

Считывание сообщения из очереди включает выбор одной из очередей (всего 9 очередей по числу входов у модуля). Формирование кода направ-

ления происходит (согласно таблице) в зависимости от соотношения адресов текущего модуля и приемника сообщения. Коррекция кода направления включает расчет суммарных кодов длин очередей ( $L_U$ ,  $L_{RU}$  и т.д.) и изменение кодов направлений с учетом результатов расчета (по минимуму суммарной длины). Выдача сообщения включает передачу информационной части или всего сообщения в скорректированном направлении (на нужный выход). Чтобы обеспечить корректность доставки сообщения приемнику, коррекция направления выдачи запрещается, когда до приемника остался лишь один шаг передачи, т.е.  $|A-B0|=1$  и/или  $|B-B0|=1$ . В противном случае сообщение может передаваться по кругу и не дойти до приемника.

Граф-схема алгоритма обработки сообщения показана на рисунке 3.

Условие  $A=B1$  и  $B=B1$  в алгоритме проверяет, доставлено ли сообщение в приемник или нет. Если нет, то сообщение следует передать соседу текущего модуля, иначе информационная часть сообщения принимается модулем для передачи в обслуживаемое им операционное устройство.

Условие  $|A-A1|=1$  или  $|B-B1|=1$  позволяет определить необходимость коррекции направления передачи сообщения. Если условие выполняется, то коррекция не нужна, так как между модулем-приемником и текущим больше нет транзитных модулей, и сообщение будет передано ему непосредственно. В противном случае осуществляется коррекция направления по суммарным кодам длин очередей, описанная выше.

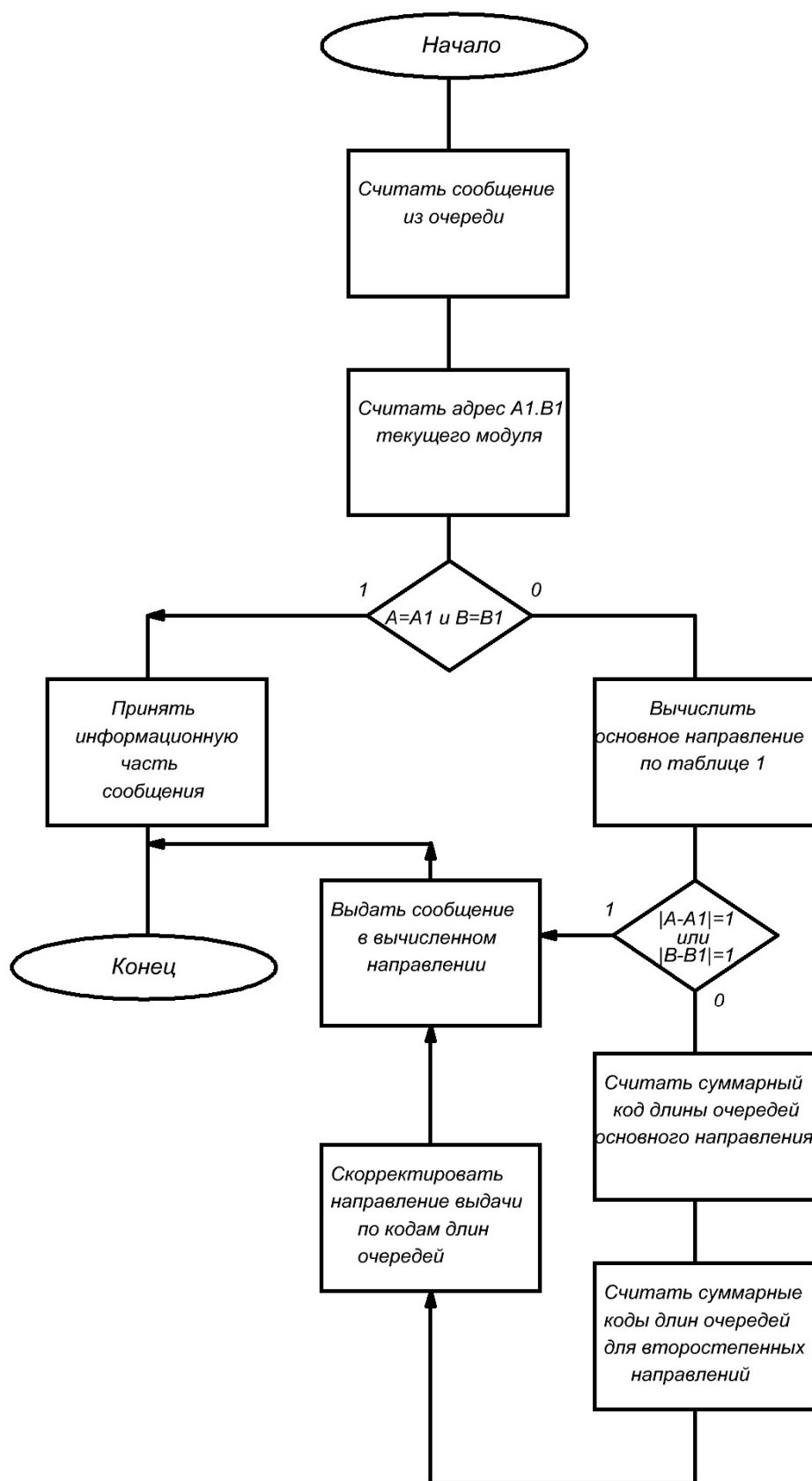


Рис. 3. Граф-схема алгоритма обработки сообщения

Таким образом, данный алгоритм, учитывая состояние очередей виртуальных соседей, позволяет перенаправить сообщения по оптимальным маршрутам и снизить общую нагрузку на коммутатор, что расширит области применения устройства.

### Список литературы

1. Пат. 2249849 Рос. Федерация. Модуль обмена сообщениями. – № 2003129963/09; заявл. 08.10.03; опубл. 10.04.05, Бюл. № 10.
2. Пат. 1575167 СССР. Модуль мат-ричного коммутатора. –

№ 4486837/24; заявл. 16.09.88; опубл. 30.06.90, Бюл. № 24.

3. Пат. 1287172 СССР. Устройство формирования маршрута сообщения в однородной вычислительной системе. – № 3959066/24; заявл. 26.09.85; опубл. 30.01.87, Бюл. № 24.

4. Организация и синтез микропрограммных мультимикроконтроллеров / И.В. Зотов, В.С. Титов, В.А. Колосков [и др.]. – Курск: Изд-во «Курск», 1999.

Получено 22.09.14

**I.V. Zotov**, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: zotovigor@yandex.ru)

**A.V. Sharshov**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: sharik\_vm-72@mail.ru)

### THE ALGORITHM OF THE CONTROL MESSAGES EXCHANGING IN THE MULTIPROCESSOR COMPUTING SYSTEM

*Here is shown the algorithm of the work of the messages exchanging unit in the multiprocessor computing system with the possibility of the dynamic modification of routes of the message depending on loading level neighbor units in the define sector and also units which is situated at the distance of 2 from the current unit.*

**Key words:** the messages exchanging unit, switch, sector, virtual neighbors, queue.

УДК 681.3

**С.С. Шевелев**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: schewelew@mail.ru)

**Е.Ю. Дорошенко**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: metallbublick@mail.ru)

### АЛГОРИТМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В ТРОИЧНОЙ СИСТЕМЕ СЧИСЛЕНИЯ

*Разработана блок-схема алгоритма выполнения основных арифметических операций в троичной системе счисления, вычисление суммы, разности, произведения и частного чисел выполняется по правилам троичной системы счисления.*

**Ключевые слова:** трит, трайт, троичная несимметричная система счисления, округление результата, арифметические операции, троичные вычислительные машины.

\*\*\*

В троичных вычислительных системах информация измеряется в триах и трайтах, что позволяет вмещать больший диапазон чисел. Троичная система счисления наиболее эконо-

мична и обладает большим запасом. В системе при равном количестве используемых знаков можно записать большее количество чисел, потому что она существует в двух вариантах:

несимметричный – цифры 0, 1, 2 и симметричный – цифры -1, 0, 1. Результат округляется простым обнулением младших разрядов.

Следует отметить простоту выполнения арифметических операций в троичной системе, в частности умножения, потому что таблица операции примерно в четыре раза короче. Знак числа определяется комбинацией двоичных разрядов старшей цифры. Логические операции выполняются аналогично двоичной логике с известными значениями и дают те же результаты. Достоинство троичной системы счисления заключается в том, что усеменение длины числа в нем равносильно правильному округлению [1].

$$\begin{aligned}
 S_{10} = & S_0 \oplus (S_0 \cdot S_1) V \left[ ((A_1 \cdot \bar{A}_0) \& (B_1 \cdot \bar{B}_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot \bar{P}_{01})) V \right. \\
 & V \left( (\bar{A}_1 \cdot A_0) (B_1 \cdot \bar{B}_0) \& (P_{00} \cdot \bar{P}_{01}) \right) V \left( (A_1 \cdot \bar{A}_0) \& (\bar{B}_1 \cdot B_0) \& (P_{00} \cdot \bar{P}_{01}) \right) V \\
 & V \left( (\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_0) \& (B_1 \cdot \bar{B}_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot P_{01}) \right) V \left( (\bar{A}_1 \cdot A_0) \& (\bar{B}_1 \cdot B_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot P_{01}) \right) V \\
 & V \left( (A_1 \cdot \bar{A}_0) \& (\bar{B}_1 \cdot \bar{B}_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot P_{01}) \right) V \left( (A_1 \cdot \bar{A}_0) \& (B_1 \cdot \bar{B}_0) \& (\bar{P}_{01} \cdot P_{00}) \right) V \\
 & \left. V \left( (\bar{A}_1 \cdot A_0) 0 \& (B_1 \cdot \bar{B}_0) \& (P_{01} \cdot \bar{P}_{00}) \right) V \left( (A_1 \cdot \bar{A}_0) \& (\bar{B}_1 \cdot B_0) \& (P_{01} \cdot \bar{P}_{00}) \right) \right]. \quad (1)
 \end{aligned}$$

Старший разряд окончательного результата  $S_{11}$  вычисляется по формуле:

$$S_{11} = P_1 \oplus S_1 \oplus (A_1 \cdot \bar{A}_0 \cdot B_1 \cdot \bar{B}_0 \cdot P_{01} \cdot \bar{P}_{00}). \quad (2)$$

Младший разряд переноса  $P_{10}$  вычисляется по формуле

$$\begin{aligned}
 P_{10} = & \left[ (A_1 \cdot \bar{A}_0) \& (B_1 \cdot \bar{B}_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot \bar{P}_{01}) \right] V \\
 & V \left[ (\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_0) \& (B_1 \cdot \bar{B}_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot P_{01}) \right] V \\
 & V \left[ (A_1 \cdot \bar{A}_0) \& (\bar{B}_1 \cdot \bar{B}_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot P_{01}) \right] V \\
 & V \left[ (A_1 \cdot \bar{A}_0) \& (B_1 \cdot \bar{B}_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot P_{01}) \right]. \quad (3)
 \end{aligned}$$

Двоичные разряды чисел будут представлены в прямом коде, если входные числа имеют положительные знаки. Если входные числа имеют отрицательные знаки, то двоичные разряды чисел переводятся в обратный код, при этом код 01 преобразуется в код 10, код 10 переводится в 01, двоичный набор 00 остается без изменения.

Алгоритм сложения двоичных чисел заключается в вычислении младшего и старшего разрядов суммы, а также в определении младшего и старшего разрядов переносов [2].

Младший разряд окончательного результата  $S_{10}$  вычисляется по формуле

Старший разряд переноса  $P_{11}$  вычисляется по формуле

$$\begin{aligned}
 P_{11} = & \left[ (\bar{A}_1 \cdot A_0) \& (\bar{B}_1 \cdot B_0) \& (\bar{P}_{00} \cdot \bar{P}_{01}) \right] V \\
 & V \left[ (\bar{A}_1 \cdot \bar{A}_0) \& (\bar{B}_1 \cdot B_0) \& (P_{00} \cdot \bar{P}_{01}) \right] V \\
 & V \left[ (\bar{A}_1 \cdot A_0) \& (\bar{B}_1 \cdot \bar{B}_0) \& (P_{00} \cdot \bar{P}_{01}) \right] V \\
 & V \left[ (\bar{A}_1 \cdot A_0) \& (\bar{B}_1 \cdot B_0) \& (P_{00} \cdot \bar{P}_{01}) \right], \quad (4)
 \end{aligned}$$

где  $A_0$  и  $B_0$  – младшие разряды чисел;

$A_1$  и  $B_1$  – старшие разряды чисел;

$P_{00}$  – младший разряд переноса;

$P_{01}$  – старший разряд переноса;

$S_0$  – результат суммирования входных сигналов  $P_{00}$ ;

$A_0$  и  $B_0$ ,  $S_1$  – результат суммирования входных сигналов  $P_{01}$ ,  $A_1$  и  $B_1$ .

Операция сложения выполняется в прямом коде. Знак числа – это кодовая комбинация двоичных разрядов 10 или 01 старшей цифры числа. Знак плюс будет представлен как код старшей цифры числа 10, знак минус как 01. Складываются двоичные разряды по правилам сложения чисел в троичной системе счисления. При сложении чисел в троичной системе счисления необходимо учесть перенос из младшего разряда в старший.

Для получения доступных кодовых комбинаций в троичной системе счисления необходимо ввести коррекцию результата суммы: сложение с кодом 01 или 10. При сложении чисел необходимо определить разряды переносов в старшие разряды. При сложении троичных чисел, каждый разряд которых представлен двумя двоичными разрядами, необходимо учитывать младший и старший разряды переноса из младших разрядов в

старшие. Окончательная сумма в одном разряде троичного числа равна сумме младших и старших разрядов входных чисел, младшего и старшего разрядов переноса и коррекции предварительного результата.

### Моделирование работы многоразрядного сумматора

Подпрограмма `adder` реализует N-разрядный троичный сумматор. На вход процедуры подаются троичные числа *addend1* и *addend2*. Троичное N-разрядное число описано в виде класса `TTernary`. Класс позволяет работать с разрядами числа как с массивом из N элементов типа `TTrit`, при этом младший разряд имеет индекс 0, старший – (N-1). Выходным значением является значение суммы *summa*, вычисление которого заключается в последовательном применении функции `sum1`, начиная с младшего разряда числа.

```
void adder(const TTernary&addend1, const TTernary&addend2,
          TTernary&summa) {
    TTrit carry0, carry1;
    for(int cnt = 0; cnt < N; cnt++) {
        carry0 = carry1;
        sum1(addend1[cnt], addend2[cnt], carry0, summa[cnt], carry1);
    }
}
```

Троичное симметричное вычитание чисел сводится к сложению чисел, но вычитаемое будет представлено в троичной инверсии, т.е. будет переведено в обратный код. Операция вычитания выполняется вычислителем при инвертировании одного из слагаемых.

Подпрограмма `subtractor` реализует N-разрядный троичный вычитатель. На вход процедуры подаются троич-

ные числа *minuend* – уменьшаемое и *subtrahend* – вычитаемое. Выходное значение – разность *difference* – является результатом сложения уменьшаемого (*minuend*) и троичной инверсии вычитаемого (*subtrahend\_inv*). Троичная инверсия числа получается перестановкой двоичных разрядов в каждом троичном разряде.

```
void subtractor(const TTernary&minuend, const TTernary&subtrahend,
               TTernary&difference) {
    TTernary subtrahend_inv;
```



```

    for(intcnt = 0; cnt< N; cnt++) {
        if(subtrahend[cnt] == "10") subtrahend_inv[cnt] = "01";
        else if(subtrahend[cnt] == "01") subtrahend_inv[cnt] = "10";
    }
    adder(minuend, subtrahend_inv, difference);
}

```

Операция умножения выполняется по алгоритму. Анализируется трит множителя. Возможны три комбинации двоичных разрядов множителя: 00, 01, 10. Если комбинация равна 00, то необходимо выполнить операции сдвига. Разряды множимого сдвигаются влево на два разряда, а разряды множителя сдвигаются вправо на два разряда. Если набор двоичных чисел равен 01, то разряды множимого преобразуются в обратный код, 01 заменяется на 10, комбинация 10 заменяется на 01, набор 00 остается неизменным. После преобразований разрядов множителя блок суммирования выполняет операцию сложения множимого с ранее накопленной суммой. После выполнения операции суммирования необходимо выполнить коррекцию результата.

Затем выполняются сдвиговые операции множимого и множителя на два разряда соответственно влево и вправо. При комбинации множителя 10 множимое представляется в прямом коде, преобразований разрядов

множимого не происходит. Вычисление суммы чисел выполняется сложением множимого с ранее накопленной суммой. Затем необходимо выполнить операции сдвига сомножителей.

Операция умножения выполняется в цикле. При наличии разрядов множителя операции анализа, преобразования, суммирования, коррекции промежуточного результата, сдвиговые операции продолжаются. Если все разряды множителя проанализированы, то происходит выдача результата блоком суммирования в виде произведения чисел.

Подпрограмма *multiplier* реализует троичный умножитель. На вход процедуры подаются троичные числа *multiplicand* – множимое, *multiplier* – множитель. Выходным значением процедуры является произведение *product*. При вычислении выходного значения используются переменные – *a* и *b*, инициализируемые значениями множимого и множителя соответственно.

```

void multiplier(const TTernary&multiplicand, const TTernary&multiplier,
               TTernary&product)
{
    TTernary a = TTernary(multiplicand), b = TTernary(multiplier);
    product = 0;
    while(b != 0) {
        if(b[0] == "10") adder(product, a, product);
        else if(b[0] == "01") subtractor(product, a, product);
        a<<= 1;
        b>>= 1;
    }
}

```

Операция деления сводится к сдвигу делителя и его вычитанию из удвоенного делимого. На каждом шаге значения удвоенного делимого и остатка сдвигаются на один разряд влево, при этом старший разряд удвоенного делимого становится младшим разрядом остатка. Затем из значения остатка вычитается делитель, при этом очередной разряд частного будет отличен от нуля и равен знаку остатка в случае, если знак полученного в результате вычитания значения совпадет со знаком остатка, либо, если результат вычитания равен нулю и знак текущего значения удвоенного делимо-

го равен знаку остатка. В этом случае из полученного результата еще раз вычитают значение делителя, и полученное число становится новым значением остатка.

Подпрограмма *divider* реализует деление троичных чисел. На вход процедуры поступают троичные числа: *dividend* – делимое, *divider* – положительный делитель. Выходным значением процедуры является частное *quotient*. При вычислении выходного значения используются переменные: *dividend2* – удвоенное делимое, *rem2* – удвоенный остаток, *tmp* – временная переменная.

```
void divider(const TTernary&dividend, const TTernary&divider,
TTernary&quotient) {
    TTernary dividend2, rem2, tmp;
    adder(dividend, dividend, dividend2); quotient = 0;
    for(int cnt = N-1; cnt >= 0; cnt--) {
        rem2 <<= 1;
        rem2[0] = dividend2[N-1]; dividend2 <<= 1;
        if( rem2 >= 0 ) {
            subtractor(rem2, divider, tmp);
            if( (tmp > 0) || ((tmp == 0) && (dividend2 > 0)) ) {
                quotient[cnt] = "10";
                subtractor(tmp, divider, rem2);
            }
        }
        else
        {
            adder(rem2, divider, tmp);
            if( (tmp < 0) || ((tmp == 0) && (dividend2 < 0)) ) {
                quotient[cnt] = "01";
                adder(tmp, divider, rem2);
            }
        }
    }
}
```

Троичные вычислительные машины обладают рядом преимуществ по сравнению с двоичными. Знак числа определяется старшей значащей цифрой троичного представления.

Округление чисел и результата выполняется простым отбрасыванием младших разрядов. Большей удельной ёмкостью памяти и большей удельной производительностью процессора об-

ладают троичные вычислительные машины, чем двоичные. В троичной системе счисления эффективнее решена задача представления отрицательных чисел. Троичная система самая экономичная среди целочисленных позиционных систем. Особенность троичной симметричной системы состоит в наличии знака числа в самом алфавите, так как знак числа однозначно определяется по самому числу. Выполнение арифметических операций в троичной системе счисления осуществляется проще, чем в двоичной системе.

1. Гашков С. Б. Системы счисления и их применение. – М.: МЦНМО, 2004. – 52 с.: ил.

2. Пат. 2453900 Российская Федерация, МПК G 06 F 7/505, G 06 F 7/49, G 06 N 7/00. Параллельный сумматор-вычитатель в троичной системе счисления на нейронах / Шевелев С.С.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010108106/08; заявл. 10.09.2011; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 17. – 40 с.

Получено 25.09.14

**S.S. Shevelev**, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: schewelew@mail.ru)

**E.Y. Doroshenko**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: metallbublick@mail.ru)

#### **ALGORITHMS OF THE EXECUTION ARITHMETICAL OPERATION IN TERNARY SYSTEM OF THE NUMERATION(RECKONING)**

*The Designed block diagram of the algorithm of the execution main arithmetical operation in ternary system of the numeration(reckoning), calculation of the amount, differences, product and quotient operand is executed by the rules ternary system of the numeration(reckoning).*

**Key words:** rubs, traytakh, ternary asymmetrical system of the numeration(reckoning), truncation of the result, arithmetical operations, ternary computing machines.

УДК 681.3

**Д.Б. Борзов**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: borzovdb@kursknet.ru)

**В.В. Минайлов**, канд. техн. наук, преподаватель, Курский государственный политехнический колледж (e-mail: kgkptu2@mail.ru)

**К.А. Гуляев**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tumbler06@mail.ru)

**А.И. Башмаков**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ziggy.str@yandex.ru)

#### **МНОГОИТЕРАЦИОННОЕ СЖАТИЕ ВИДЕОСИГНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RGB-МОДЕЛИ**

*Приведены основные понятия и методы сжатия данных. Описан обобщенный алгоритм сжатия, который использует систему RGB-модели, а также подключение дополнительных итераций в виде алгоритма сжатия Хаффмана. Это позволяет сократить объем данных для дистанционной передачи данных в реальном времени (видеочат, удаленные видеоконференции и т.д.).*

**Ключевые слова:** сжатие видео, алгоритм Хаффмана, сжатие видеопотока в реальном времени, сжатие с использованием RGB-модели.

В современном обществе управление различными проектами требует оперативного управления подчинёнными и подразделениями, находящимися как в близлежащих, так и удалённых регионах Российской Федерации. Инструментом управления и контроля являются корпоративные видеоконференции [1]. Используя современные технологии, каждый участник конференции в режиме реального времени может проводить беседу с сотрудниками, расположенными в любой точке планеты и в различных часовых поясах [2]. Исходя из этого разработка программно-аппаратного обеспечения для сжатия потоковых данных в режиме реального времени является одним из перспективных

направлений, обусловленных развитием сети Интернет и современных линий связи.

В опубликованной ранее статье авторами был рассмотрен алгоритм сжатия видеопотока с использованием RGB-модели в контексте «Теории цвета» (Инженер: студенческий научно-технический журнал (Донецк). 2013. № 14. С. 83-86). Суть данного алгоритма заключалась в преобразовании RGB-кода так, чтобы сократить объем передаваемых данных с 24 бит исходного кода до 12 бит «усеченного» кода путем удаления четырех младших бит каждого из трех октетов исходного кода, отвечающих за оттенки области цвета. Наглядно это изображено на рисунке 1.

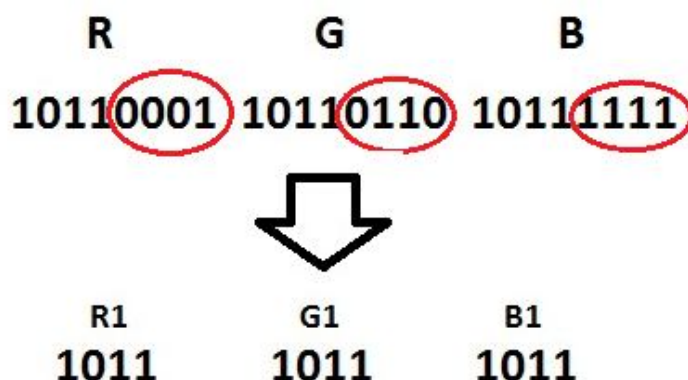


Рис. 1. Преобразования кода при использовании алгоритма сжатия видеопотока с использованием RGB-модели

На рисунке 1 обведены разряды исходного кода, подлежащие удалению. В результате таких преобразований сохраняется целостность изображения, уменьшается в 2 раза объем передаваемых данных, а потери происходят исключительно в градиентной области спектра, что практически не влияет на качество и целостность передаваемого изображения.

В данной статье авторами предлагается подход, способный увеличить коэффициент сжатия данных путем динамического подключения еще од-

ного алгоритма сжатия – метода Хаффмана.

Алгоритм Хаффмана (англ. Huffman) – адаптивный, «жадный» алгоритм оптимального префиксного кодирования алфавита с минимальной избыточностью.

Идея, лежащая в основе кода Хаффмана, достаточно проста. Вместо того чтобы кодировать все символы одинаковым числом бит (как это сделано, например, в ASCII-кодировке, где на каждый символ отводится ровно по 8 бит), будем кодировать символы,

которые встречаются чаще, меньшим числом бит, чем те, которые встречаются реже. Более того, потребуем, чтобы код был оптимален или, другими словами, минимально-избыточен.

Рассмотрим принцип работы алгоритма Хаффмана. Сжимая файл по алгоритму Хаффмана, первое, что мы должны сделать, – это прочитать файл полностью и подсчитать, сколько раз встречается каждый символ из расширенного набора ASCII. Если мы будем учитывать все 256 символов, то для нас не будет разницы в сжатии текстового и EXE-файла.

После подсчета частоты вхождения каждого символа необходимо просмотреть таблицу кодов ASCII и сформировать мнимую компоновку между кодами по убыванию. То есть, не меняя местонахождения каждого символа из таблицы в памяти, отсортировать таблицу ссылок на них по убыванию. Каждую ссылку из последней таблицы назовем «узлом». В дальнейшем (в дереве) мы будем размещать указатели, которые будут указывать на этот «узел» [3]. Для ясности рассмотрим следующий пример.

Файл длиной в 100 байт имеем 6 различных символов в себе. Подсчитаем вхождение каждого из символов в файл (табл. 1).

Возьмем из таблицы 1 символы с наименьшей частотой, в нашем случае это D (5), и какой-либо символ из F или A (10), можно взять любой из них, например A.

Сформируем из «узлов» D и A новый «узел», частота вхождения для которого будет равна сумме частот D и A (рис. 2)

Номер в рамке – это сумма частот символов D и A. Теперь мы снова ищем два символа с самыми низкими частотами вхождения, исключая из просмотра D и A и рассматривая вместо них новый «узел» с суммарной частотой вхождения. Самая низкая частота теперь у F и нового «узла». Снова сделаем операцию слияния узлов (рис. 3).

Далее рассмотрим таблицу 1 для следующих двух символов (B и E), и так продолжаем, пока все «дерево» не будет сформировано, т.е. все не сведется к одному узлу (рис. 4).

Таблица 1

Таблица числа символов и вхождений для применения алгоритма Хаффмана

| Символ          | A  | B  | C  | D | E  | F  |
|-----------------|----|----|----|---|----|----|
| Число вхождений | 10 | 20 | 30 | 5 | 25 | 10 |

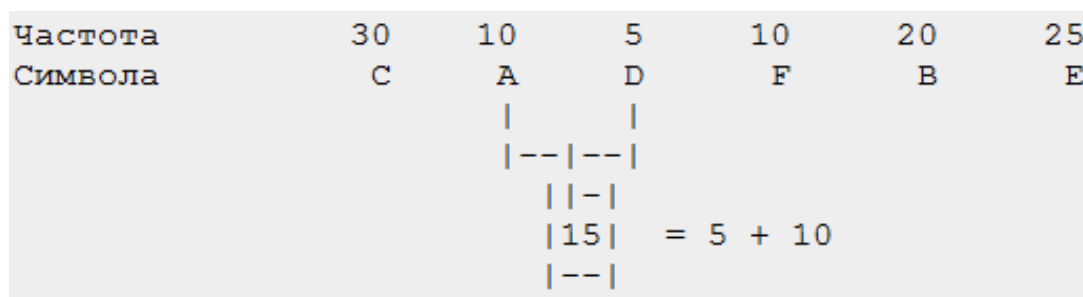


Рис. 2. Частота вхождения объединения символов для применения алгоритма Хаффмана



Таблица 2

## Сравнение объема входных и выходных данных

| Частота | Первоначально       | Уплотнение биты    | Уменьшено на |
|---------|---------------------|--------------------|--------------|
| С 30    | $30 \times 8 = 240$ | $30 \times 2 = 60$ | 180          |
| А 10    | $10 \times 8 = 80$  | $10 \times 3 = 30$ | 50           |
| Д 5     | $5 \times 8 = 40$   | $5 \times 4 = 20$  | 20           |
| F 10    | $10 \times 8 = 80$  | $10 \times 4 = 40$ | 40           |
| В 20    | $20 \times 8 = 160$ | $20 \times 2 = 40$ | 120          |
| Е 25    | $25 \times 8 = 200$ | $25 \times 2 = 50$ | 150          |

Сжатие складывается следующим образом.

Первоначальный размер файла: 100 байт – 800 бит;

Размер сжатого файла: 30 байт – 240 бит;

240 – 30% из 800, так что мы сжали этот файл на 70% [5].

Для подключения алгоритма Хаффмана к вышеописанному методу сжатия с использованием RGB-модели необходимо дополнительно ввести 3 бита «схожести», назовем их  $h_1, h_2$  и  $h_3$  соответственно, все они по умолчанию равны нулю [4].

В случае, если первая тетрада сжатого кода равна второй, бит  $h_1$  бу-

дет равен 1, если вторая тетрада равна третьей, тогда бит  $h_2$  станет равным 1, а если первая и третья тетрады окажутся равными, то  $h_3$  примет значение, равное 1, после чего из исходного кода удаляется одна из равных тетрад, а на выдачу передается только признак равенства и только одна из одинаковых тетрад.

Таким образом, когда приемник на вход получает единицу в признаке равенства, он заполняет недостающую часть кода последовательности из «равной» тетрады и восстанавливает код, полученный на первом этапе сжатия. Суть подхода, описанного выше, представлена на рисунке 2.

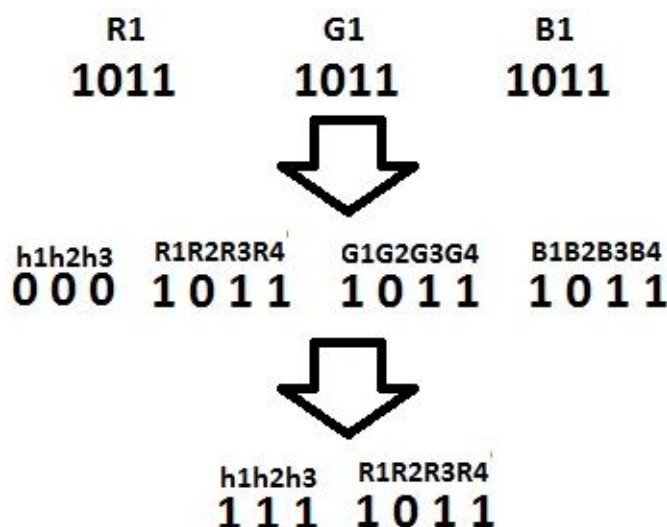


Рис. 5. Реализация второй ступени сжатия с использованием метода Хаффмана

В случае, когда все 3 тетрады кода равны, нам необходимо передать только 3 бита равенства и 4 бита кода, что сокращает объем данных на 7 бит относительно исходного 12-битного «усеченного» кода (см. рис. 5).

Основываясь на анализе проблемной области, можно сделать вывод, что предложенный нами подход может являться решением рассмотренной задачи. Таким образом удастся достичь большего коэффициента сжатия данных при относительно небольшом увеличении исходного кода, а так как процесс вещания происходит в реальном времени, то необходимо применение альтернативных аппаратных средств, потому что существующие программно-аппаратные реализации не подходят или не способны полностью обеспечить необходимый результат.

#### Список литературы

1. Борзов Д.Б., Гуляев К.А. Видеоконференц-связь: общая организация, метод сжатия с использованием словаря // Инженер: студенческий

научно-технический журнал (Дон-НТУ). – 2013. – № 14. – С. 83–86.

2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: [пер. с англ.]. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2003.

3. Теория информации и кодирование / Б.Б. Самсонов, Е.М. Плохов, А.И. Филоненков, Т.В. Кречет. – М.: Феникс, 2002.

4. Балашов К.Ю. Сжатие информации: анализ методов и подходов: учебное пособие для вузов. – СПб.: Питер, 2004.

5. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. – 2-е изд. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2007.

6. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: Диалог-МИФИ, 2003.

7. Балашов К.Ю. Сжатие информации: анализ методов и подходов: учебное пособие для вузов. – СПб.: Питер, 2004.

*Получено 26.09.14*

**D.B. Borzov**, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: borzovdb@kursknet.ru)

**V.V. Minailov**, Candidate of Sciences, Lecturer, Kursk State Polytechnic College  
(e-mail: kgkptu2@mail.ru)

**K.A. Gulyaev**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: tumbler06@mail.ru)

**A.I. Bashmakov**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: ziggy.str@yandex.ru)

#### MULTI-STEP VIDEO COMPRESSION USING RGB-MODELS

*The basic concepts and methods of data compression. Describes a generic compression algorithm, which uses the RGB-model as well as the connection of additional iterations in the form of Huffman compression algorithm. This reduces the amount of data for remote transmission of data in real time (chat, remote videoconferencing, etc.).*

**Key words:** video compression, Huffman compression in real-time video compression using RGB- model.



# МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

---

УДК 616.36-002-036.12-037

**В.Н. Снопков**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**Г.И. Кислюк**, канд. мед. наук, доцент, ФПО «Курский государственный медицинский университет» (e-mail: galina-kislyuk@mail.ru)

**А.В. Пошибайлова**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**С.О. Кириченко**, врач-неонатолог, Областной перинатальный центр (Курск) (e-mail: svetulia-kir@mail.ru)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АЛЬТЕРНАТИВНОГО АНАЛИЗА ВАЛЬДА ДЛЯ ПРОГНОЗА ТУГОУХОСТИ У НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ

*У 203 новорожденных детей проведен аудиологический скрининг и ретроспективное клинико-анамнестическое исследование. Определены прогностические критерии развития тугоухости у новорожденных детей.*

**Ключевые слова:** аудиологический скрининг, тугоухость, новорожденные дети, прогноз.

\*\*\*

Судьба ребенка с нарушенным слухом во многом определяется сроком обнаружения дефекта. Успех скринирующих программ на раннюю диагностику нарушений слуха в значительной мере определяется наличием тесного взаимодействия и преемственности в работе неонатолога, детского отоларинголога и сурдолога. Исследованиями последних лет показана важная роль факторов риска развития тугоухости у детей (отягощенная наследственность, внутриутробные инфекции, токсикозы беременности, гипоксия плода и асфиксия новорожденного, глубокая недоношенность и проч.) [1].

В современных литературных источниках отсутствуют данные о методах прогноза развития тугоухости у детей. Это явилось основанием для изучения клинико-анамнестических показателей с целью определения возможности их комплексного использования в разработке индивидуального прогноза развития тугоухости у новорожденных детей. Изучение интегральных клинических показателей

имеет большое значение в прогнозе формирования различной патологии, в комплексном анализе и диагностике [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Нами проведено клинико-анамнестическое исследование 203 детей, рожденных в областном перинатальном центре (ОБУЗ ОПЦ) города Курска. Из них 111 младенцев имели отрицательные результаты аудиологического скрининга, группу контроля составили 92 ребенка с положительными результатами скрининга.

Ретроспективный сравнительный анализ ряда анамнестических и клинических показателей в указанных группах больных позволил определить прогностические критерии тугоухости у новорожденных детей.

Для количественных признаков, которые предполагалось использовать с прогностической целью, были определены их критические значения.

В анамнезе детей с отрицательным результатом аудиологического скрининга в абсолютном большинстве случаев (81,5%) регистрировалась угроза прерывания беременности в

сочетании с другими патологическими состояниями (преэклампсия, анемия и многоводие). Обращают на себя внимание значимые различия в частоте внутриутробных инфекций (сифилиса, хламидиоза, токсоплазмоза, уреаплазмоза и кандидоза) у детей основной группы.

Проведенные исследования позволили выявить в сравниваемых группах отличия в количественном уровне ряда показателей заболеваемости в периоде новорожденности. Нами установлена взаимосвязь ряда патологических состояний у детей в периоде новорожденности с развитием тугоухости. При этом наиболее значимыми были внутрижелудочковые патологии, врожденные аномалии развития, пневмония и анемия новорожденных.

К числу признаков, определяющих неблагоприятный прогноз, также было отнесено использование инотропной терапии в периоде ранней неонатальной адаптации и массивная пролонгированная антибактериальная терапия с использованием комбинации антибиотиков резерва.

Полученные данные легли в основу разработанной нами шкалы прогноза тугоухости у новорожденных детей (табл.). С этой целью был применен метод альтернативного последовательного анализа Вальда, с по-

мощью которого путем суммирования условных величин, характеризующих информативность отдельных показателей, можно получить конкретную информацию для получения индивидуального прогноза.

Расчет величины прогностического коэффициента (ПК) осуществляли по формуле

$$ПК = 10 \times \lg(A : B),$$

где ПК – прогностический коэффициент;

A – частота признака у пациентов с неблагоприятным течением ХГС;

B – частота признака у пациента с благоприятным течением ХГС.

Значения величины ПК могут иметь как положительный, так и отрицательный знак.

По достижении в результате последовательного алгебраического суммирования значений ПК пороговой суммы  $\pm 13$  баллов процедура завершается, и с уровнем надежности 95,5% прогнозируется либо благоприятное течение заболевания (-13 баллов), либо неблагоприятное, т.е. развитие тяжелого фиброза или цирроза печени (+13 баллов).

Если суммарный показатель ПК составляет +20 или +30 баллов, то вероятность точного прогноза достигает соответственно 99 и 99,9%.

Шкала определения риска развития тугоухости у новорожденных детей

| Прогностический признак        | Характеристика признака | Дети с отрицательным результатом ВОАЭ(%) | Здоровые дети – контрольная группа (%) | ПК (в усл. баллах) |
|--------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
| Угроза прерывания беременности | Есть                    | 81,3                                     | 62,4                                   | +1,1               |
|                                | Нет                     | 34,7                                     | 47,6                                   | -1,3               |
| Токсикоз                       | Есть                    | 65,3                                     | 25,3                                   | +4,1               |
|                                | Нет                     | 34,7                                     | 74,7                                   | -3,3               |

Продолжение табл.

| Прогностический признак                                   | Характеристика признака | Дети с отрицательным результатом ВОАЭ(%) | Здоровые дети – контрольная группа (%) | ПК (в усл. баллах) |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
| Кольпит                                                   | Есть                    | 6,5                                      | 2,8                                    | +3,6               |
|                                                           | Нет                     | 93,5                                     | 97,2                                   | -0,1               |
| ХВУГ                                                      | Есть                    | 28                                       | 25,9                                   | +0,3               |
|                                                           | Нет                     | 72                                       | 74,1                                   | -0,1               |
| Анемия                                                    | Есть                    | 20,6                                     | 9,6                                    | +3,3               |
|                                                           | Нет                     | 79,4                                     | 90,4                                   | -0,6               |
| Многоводие                                                | Есть                    | 19,7                                     | 9,7                                    | +3,1               |
|                                                           | Нет                     | 71,3                                     | 90,3                                   | -1,0               |
| Хламидиоз                                                 | Есть                    | 23,7                                     | 12,9                                   | +2,6               |
|                                                           | Нет                     | 76,3                                     | 87,1                                   | -0,6               |
| Сифилис                                                   | Есть                    | 15,4                                     | 6,5                                    | +3,8               |
|                                                           | Нет                     | 84,6                                     | 93,5                                   | -0,4               |
| Токсоплазмоз                                              | Есть                    | 7,7                                      | 3,2                                    | +3,8               |
|                                                           | Нет                     | 92,3                                     | 98,8                                   | -0,3               |
| Церебральная ишемия                                       | Есть                    | 65,9                                     | 56,5                                   | +0,7               |
|                                                           | Нет                     | 34,1                                     | 43,5                                   | -1,0               |
| Внутрижелудочковые кровоизлияния                          | Есть                    | 34,2                                     | 11,8                                   | +4,6               |
|                                                           | Нет                     | 65,8                                     | 88,2                                   | -1,3               |
| Врожденные аномалии развития                              | Есть                    | 27,2                                     | 17,9                                   | +1,8               |
|                                                           | Нет                     | 72,8                                     | 82,1                                   | -0,5               |
| Пневмония                                                 | Есть                    | 16,9                                     | 10,0                                   | +2,3               |
|                                                           | Нет                     | 83,1                                     | 90                                     | -0,3               |
| Анемия                                                    | Есть                    | 5,8                                      | 3,2                                    | +2,6               |
|                                                           | Нет                     | 94,2                                     | 96,8                                   | -0,1               |
| Инотропная терапия                                        | Есть                    | 23,1                                     | 15,0                                   | +1,9               |
|                                                           | Нет                     | 76,9                                     | 75,0                                   | -0,1               |
| Респираторная терапия                                     | Есть                    | 46,3                                     | 42                                     | +0,4               |
|                                                           | Нет                     | 53,8                                     | 58,0                                   | -0,3               |
| Антибактериальная терапия                                 | Есть                    | 87                                       | 71,3                                   | +0,9               |
|                                                           | Нет                     | 13                                       | 28,7                                   | -3,3               |
| Повторные курсы комбинированной антибактериальной терапии | Есть                    | 56,1                                     | 20,4                                   | +4,4               |
|                                                           | Нет                     | 43,9                                     | 79,6                                   | -2,6               |

Нами определено, что наиболее надежными прогностическими критериями развития тугоухости у новорожденных детей можно считать сочетание таких показателей, как неблагоприятное течение беременности у матери (угроза прерывания, токсикоз,

многоводие, анемия, внутриутробные инфекции), наличие у новорожденного ребенка признаков внутрижелудочковых кровоизлияний, пневмонии, анемии, а также потребность в проведении инотропной и массивной анти-

бактериальной терапии в периоде неонатальной адаптации.

Разработанная нами система прогноза развития тугоухости у новорожденных детей может быть рекомендована к использованию в клинической практике врачей неонатологов и педиатров, детских сурдологов для выбора адекватной тактики ведения данной категории пациентов.

### Список литературы

1. Эпидемиологический анализ эффективности аудиологического скринингового обследования новорожденных и детей первого года жизни / А.И. Вялков, И.Н. Ильченко, Н.А. Дайхес [и др.] // Проблемы управления здравоохранением. – 2009. – № 2 (45). – С. 62–72.

2. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, В.Н. Снопков, Л.В. Шульга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 122–126.

3. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В.Н. Снопков, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, Г.И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 168–171.

4. Снопков В.Н. Оценка диагностической и прогностической значимости показателей микробиоценологии кишечника при аллерго- и иммунопатологии // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-2. – С. 194–197.

5. Снопков В.Н. Корреляционная взаимосвязь иммунологических пока-

зателей у детей с хроническим пиелонефритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-3. – С. 306–309.

6. Снопков В.Н., Иванов А.В., Серегин С.П. Математические модели и численные методы прогнозирования мочекаменной болезни // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 344–346.

7. Прогноз развития нарушений периода ранней неонатальной адаптации у детей от матерей с табакозависимостью / В.Н. Снопков, Г.И. Кислюк, В.А. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 195–198.

8. Структура внебольничных инфекций у новорожденных детей / В.Н. Снопков, Е.Н. Хохлова, Л.В. Никитина, Кислюк Г.И. // Журнал инфектологии. – 2010. – Т. 2. – № 3. – С. 98–99.

9. Исследование количественных интегральных показателей физиологического состояния у больных генитальным герпесом / В.Н. Снопков, М.И. Лукашев, Т.В. Бабишева, М.В. Артеменко // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9. – № 1. – С. 214–219.

10. Снопков В.Н., Насер А.А., Иванов А.В. Нейросетевое моделирование и математические алгоритмы в дифференциальной диагностике диабетической ретинопатии // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – Ч. 1-2 (41). – С. 35–42.

11. Снопков В.Н., Шульга Л.В., Будник И.В. Математическое обоснование базовой медикаментозной терапии у больных острым сальпингофо-

ритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2 (41)-1. – С. 42–50.

12. Снопков В.Н., Гадалов В.Н., Корневский Н.А. Математические модели, рефлекторные системы организма человека и их использование

для прогнозирования и диагностики заболеваний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 515–521.

Получено 20.08.14

**V.N. Snopkov**, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**G.I. Kislyuk**, Associate Professor, Kursk State Medical University (e-mail: galina-kislyuk@mail.ru)

**A.V. Poshibaylova**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**S.O. Kirichenko**, Neonatologists, Regional Perinatal Center (Kursk) (e-mail: svetulia-kir@mail.ru)

#### **USING ALTERNATIVE ANALYSIS WALD FOR PREDICTION HEARING LOSS IN NEWBORNS**

*In 203 newborns conducted hearing screening and retro-spective clinicoanamnestic study. Defined prognostic criteria of hearing loss in newborns.*

**Key words:** hearing screening, hearing loss, newborn babies forecast.

---

УДК 614.8:446.72(351)+457.62:31.071

**Е.А. Афанасова**, канд. мед. наук, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

**Н.М. Агарков**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

#### **ВЫДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРОВИ ПОСРЕДСТВОМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ У БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ ЭНДОМЕТРИТОМ**

*На основе различных математических методов и численных критериев проведено выделение информативных показателей общего и биохимического анализа крови у больных острым эндометритом, что позволяет рациональнее и в более короткие сроки выполнять диагностику данного заболевания.*

**Ключевые слова:** острый эндометрит, многомерные математические методы.

\*\*\*

В настоящее время при диагностике различной соматической патологии показана эффективность применения многомерных математических методов [1, 8, 16, 17, 18, 19, 21]. При воспалительных заболеваниях органов малого таза данные методы используются редко, что снижает результативность выявления острого сальпингоофорита и эндометрита, являющихся наиболее распространен-

ными заболеваниями в этой группе болезней [3, 5, 10, 11, 12, 20]. Кроме того, для анализа результатов диагностических исследований целесообразно применять компьютерные технологии [2, 4, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 20].

Развитие острого эндометрита вызывает определенные отклонения гематологических параметров (табл. 1).

Установлены изменения как среди параметров красной крови, так и

показателей белой крови. В частности, у пациенток основной группы достоверно снизилось содержание гемоглобина и эритроцитов. Одновременно произошло значительное увеличение количества лейкоцитов, палочкоядерных нейтрофилов, сегментоядерных нейтрофилов ( $P < 0,01$ ). Существенно при развитии острого эндометрита повысилась СОЭ ( $P < 0,001$ ). Напротив, удельный вес лимфоцитов репрезен-

тативно снизился. Содержание эозинофилов в периферической крови достоверно понизилось. Не произошло значимых отклонений в содержании тромбоцитов и моноцитов ( $P > 0,05$ ).

Частота встречаемости патологических отклонений среди рассмотренных показателей крови достаточно высокая для СОЭ и повышения палочкоядерных нейтрофилов (табл. 2).

Таблица 1

Изменения общего анализа крови у больных острым эндометритом ( $M \pm m$ )

| Параметр крови, единица измерения | Основная группа  | Контрольная группа |
|-----------------------------------|------------------|--------------------|
| Гемоглобин, г/л                   | 112,1 $\pm$ 2,1* | 127,2 $\pm$ 1,8*   |
| Эритроциты, $\times 10^{12}/л$    | 3,6 $\pm$ 0,5*   | 4,8 $\pm$ 0,3*     |
| Лейкоциты, $\times 10^9/л$        | 10,8 $\pm$ 0,5*  | 6,1 $\pm$ 0,3*     |
| Палочкоядерные, %                 | 7,1 $\pm$ 0,2*   | 1,3 $\pm$ 0,1*     |
| Сегментоядерные, %                | 64,5 $\pm$ 2,1*  | 50,4 $\pm$ 2,0*    |
| Лимфоциты, %                      | 19,4 $\pm$ 1,3*  | 35,6 $\pm$ 1,5*    |
| Моноциты, %                       | 6,7 $\pm$ 0,4    | 7,2 $\pm$ 0,2      |
| Эозинофилы, %                     | 2,3 $\pm$ 0,5*   | 5,5 $\pm$ 0,4*     |
| Тромбоциты, $\times 10^9/л$       | 3,7 $\pm$ 0,6    | 4,2 $\pm$ 0,3      |
| СОЭ, мм/ч                         | 23,5 $\pm$ 1,9*  | 8,2 $\pm$ 1,7*     |

\*Статистически значимая разница по отношению к контролю.

Таблица 2

Частота отклонений и информативность параметров общего анализа крови при остром эндометрите

| Параметр крови, единица измерения       | Частота отклонений |                    | Информативность |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
|                                         | основная группа    | контрольная группа |                 |
| Гемоглобин ниже 118,0 г/л               | 13,8 $\pm$ 2,8     | 4,0 $\pm$ 1,9      | 26,4            |
| Эритроциты менее 3,6 $\times 10^{12}/л$ | 12,5 $\pm$ 2,7     | 3,9 $\pm$ 1,9      | 21,8            |
| Лейкоциты более 9,5 $\times 10^9/л$     | 29,3 $\pm$ 3,7     | 2,3 $\pm$ 1,5      | 149,2           |
| Палочкоядерные более 4,0%               | 35,3 $\pm$ 3,9     | 1,1 $\pm$ 1,0      | 257,6           |
| Сегментоядерные более 55,0 %            | 26,4 $\pm$ 3,6     | 1,5 $\pm$ 1,2      | 155,1           |
| Лимфоциты менее 25,0 %                  | 27,8 $\pm$ 3,6     | 1,7 $\pm$ 1,3      | 158,3           |
| Моноциты менее 5,0 %                    | 3,2 $\pm$ 1,4      | 0,4 $\pm$ 0,6      | 12,6            |
| Эозинофилы менее 3,0 %                  | 2,1 $\pm$ 1,2      | 1,2 $\pm$ 1,1      | 1,1             |
| Тромбоциты менее 4,0 $\times 10^9/л$    | 3,5 $\pm$ 1,5      | 2,7 $\pm$ 1,6      | 0,5             |
| СОЭ более 15,0 мм/ч                     | 45,2 $\pm$ 4,0     | 1,1 $\pm$ 1,0      | 355,8           |

Значительный процент отклонений у гематологических показателей приходится на повышение лейкоцитов свыше  $9,5 \times 10^9/\text{л}$ , сегментоядерных нейтрофилов более 55,0 % и снижение лимфоцитов менее 25,0 %. Максимальная величина информативности в данной группе параметров соответствует СОЭ.

На второй позиции по величине информативности находятся палочкоядерные нейтрофилы. Близкие по значению меры информативности установлены для лейкоцитов, сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов. Очень низкая информативность отмечается для эозинофилов и тромбоцитов.

Использование других численных критериев для оценки диагностической значимости показателей крови выявило, что показатели сдвига и дезинтеграции у больных острым эндометритом менялись неодинаково (табл. 3).

Особенно отличается величина сдвига палочкоядерных нейтрофилов, являющаяся самой существенной.

Значительно ниже палочкоядерных нейтрофилов, но достаточно высокую величину сдвига имеет СОЭ, занимающая второе ранговое место. Существенные величины сдвига отмечены для лейкоцитов, лимфоцитов и эозинофилов. Показатель дезинтеграции достиг максимального значения среди параметров периферической крови для палочкоядерных нейтрофилов. Как и в случае показателей сдвига, второе место по величине параметров дезинтеграции занимает СОЭ. Приблизительно равные величины дезинтеграции установлены для лимфоцитов и эозинофилов, тромбоцитов и гемоглобина. К стабильным параметрам крови по величинам сдвига и дезинтеграции следует отнести содержание моноцитов, гемоглобина и тромбоцитов.

Изменение параметров крови вследствие острого эндометрита сопровождается различием степени сопряженности данных показателей по отношению к контрольной группе (рис. 1).

Таблица 3

Изменения общего анализа крови у больных острым эндометритом ( $M \pm m$ )

| Параметр крови,<br>единица измерения  | Показатель сдвига,<br>% | Показатель<br>дезинтеграции |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Гемоглобин, г/л                       | -11,9                   | 2,2                         |
| Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$ | -25,0                   | 0,4                         |
| Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$     | +77,0                   | 1,6                         |
| Палочкоядерные, %                     | +546,2                  | 7,1                         |
| Сегментоядерные, %                    | +27,9                   | 2,5                         |
| Лимфоциты, %                          | -54,5                   | 3,1                         |
| Моноциты, %                           | -7,0                    | 0,9                         |
| Эозинофилы, %                         | -41,8                   | 3,3                         |
| Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$    | -12,0                   | 2,1                         |
| СОЭ, мм/ч                             | +286,6                  | 5,0                         |
| Сумма                                 | +785,5                  | 28,2                        |

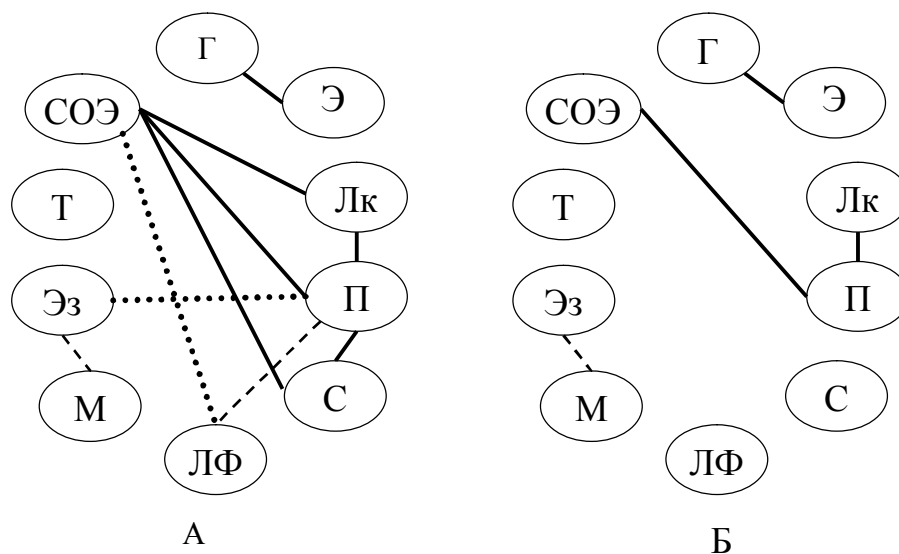


Рис. 1. Корреляционные модели показателей периферической крови в основной (А) и контрольной группах (Б): Г – гемоглобин; Э – эритроциты; Лк – лейкоциты; П – палочкоядерные; С – сегментоядерные; Лф – лимфоциты; М – моноциты; Эз – эозинофилы; Т – тромбоциты; СОЭ – скорость оседания эритроцитов; ————— прямая достоверная связь; - - - - - обратная достоверная связь; ..... криволинейная достоверная связь

Корреляционная модель гематологических показателей у больных острым эндометритом представлена преимущественно выраженной сопряженностью палочкоядерных нейтрофилов и СОЭ. При этом наибольшее число достоверных корреляционных связей выявлено для палочкоядерных нейтрофилов, имеющих три прямые связи, одну криволинейную связь с эозинофилами и одну обратную связь с лимфоцитами. В прямой зависимости палочкоядерные нейтрофилы находятся с лейкоцитами, сегментоядерными нейтрофилами и СОЭ. В контроле палочкоядерные нейтрофилы имели две прямые связи.

При остром эндометрите повысилась сопряженность СОЭ с форменными элементами крови, представленная тремя прямыми и одной криволинейной достоверной связью. Отмечается также усиление сопряженности лейкоцитов, лимфоцитов с другими гематологическими показателями. Корреляционный метод показывает

важное диагностическое значение палочкоядерных нейтрофилов, лимфоцитов, СОЭ и лейкоцитов.

Применение кластерного анализа для выделения информативных показателей общего анализа крови свидетельствует о значительной сопряженности палочкоядерных нейтрофилов и СОЭ, представленных 1-м кластером (рис. 2).

Через последний интегрированы лейкоциты и сегментоядерные нейтрофилы. Моноциты взаимодействуют с тромбоцитами и образуют 5-й кластер при достаточно низком уровне объединения. Низкой является интеграция эритроцитов и гемоглобина, образующих 7-й кластер. Крайне низкой интеграцией характеризуются эозинофилы.

Диагностическое исследование биохимических показателей крови у пациенток с острым эндометритом выявило значимые различия для большинства изученных показателей в сравнении с контролем (табл. 4).



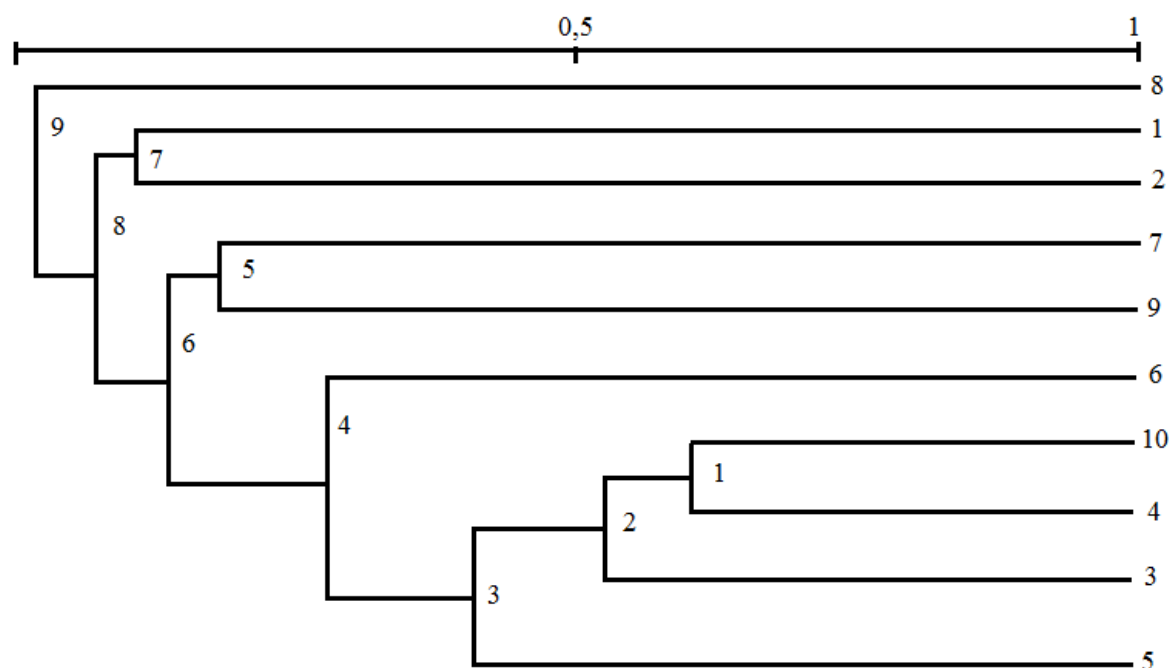


Рис. 2. Дендрограмма гематологических параметров у больных острым эндометритом: 1 – гемоглобин; 2 – эритроциты; 3 – лейкоциты; 4 – палочкоядерные; 5 – сегментоядерные; 6 – лимфоциты; 7 – моноциты; 8 – эозинофилы; 9 – тромбоциты; 10 – СОЭ

Таблица 4

Изменения биохимического анализа крови  
у больных острым эндометритом ( $M \pm m$ )

| Параметр крови,<br>единица измерения | Основная группа   | Контрольная группа |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Общий белок, г/л                     | $58,6 \pm 0,7^*$  | $80,5 \pm 1,6^*$   |
| Альбумин, %                          | $47,4 \pm 0,8^*$  | $62,7 \pm 0,8^*$   |
| Глобулин, %                          | $52,6 \pm 1,1^*$  | $37,3 \pm 0,7^*$   |
| $\alpha_1$ -глобулин, %              | $6,2 \pm 0,4^*$   | $4,0 \pm 0,3^*$    |
| $\alpha_2$ -глобулин, %              | $14,3 \pm 0,7^*$  | $9,5 \pm 0,4^*$    |
| $\beta$ -глобулин, %                 | $9,4 \pm 0,4$     | $11,2 \pm 0,5$     |
| $\gamma$ -глобулин, %                | $22,7 \pm 0,8^*$  | $12,6 \pm 0,5^*$   |
| Лактатдегидрогеназа, Ед/л            | $141,5 \pm 1,3^*$ | $129,5 \pm 1,2^*$  |
| Щелочная фосфатаза, Ед/л             | $121,3 \pm 1,1^*$ | $106 \pm 0,9^*$    |

Так, при остром эндометрите произошло снижение уровня общего белка, альбуминов. Наряду с этим отмечается повышение концентрации глобулинов ( $P < 0,001$ ). Изменения содержания глобулинов сопровождались также и изменением их фракций. Все они носили репрезентативный харак-

тер, кроме снижения процента  $\beta$ -глобулинов.

Фракции  $\alpha_1$ -глобулин,  $\alpha_2$ -глобулин и  $\gamma$ -глобулин у больных острым эндометритом статистически достоверно повысились. Среди изученных ферментов крови наблюдается однонаправленность сдвигов – повышение

в периферической крови пациенток с острым эндометритом.

Среди биохимических параметров крови у пациенток с острым эндомет-

ритом наиболее часто имеется отклонение в содержании альбуминов ниже 52,0% и  $\gamma$ -глобулинов выше 17,0% (табл. 5).

Таблица 5

Частота отклонений и информативность параметров биохимического анализа крови при остром эндометрите

| Параметр крови,<br>единица измерения | Частота отклонений |                    | Информативность |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
|                                      | основная группа    | контрольная группа |                 |
| Общий белок менее 60,0 г/л           | 9,6 $\pm$ 2,4      | 0,3 $\pm$ 0,5      | 69,9            |
| Альбумин ниже 52,0 %                 | 41,2 $\pm$ 3,9     | 0,2 $\pm$ 0,4      | 474,3           |
| Глобулин свыше 47,0 %                | 27,4 $\pm$ 3,6     | 0,5 $\pm$ 0,7      | 233,9           |
| $\alpha_1$ -глобулин выше 25,0 %     | 18,3 $\pm$ 3,1     | 0,3 $\pm$ 0,5      | 160,7           |
| $\alpha_2$ -глобулин выше 10,0 %     | 30,4 $\pm$ 3,7     | 1,5 $\pm$ 1,2      | 188,8           |
| $\beta$ -глобулин ниже 12,0 %        | 24,8 $\pm$ 3,5     | 0,9 $\pm$ 0,9      | 172,1           |
| $\gamma$ -глобулин выше 17,0 %       | 45,4 $\pm$ 4,0     | 0,4 $\pm$ 0,6      | 462,4           |
| Лактатдегидрогеназа свыше 135,0 Ед/л | 15,3 $\pm$ 2,9     | 0,3 $\pm$ 0,5      | 128,1           |
| Щелочная фосфатаза выше 115,0 Ед/л   | 10,2 $\pm$ 2,4     | 0,4 $\pm$ 0,6      | 68,9            |

Указанные изменения регистрируются практически у половины обследованных основной группы. Значительная распространенность свойственна отклонениям  $\alpha_2$ -глобулинов свыше 10,0% и глобулинов более 47,0% с приблизительно равным удельным весом. Менее значительными являются отклонения общего белка менее 60,0 г/л и щелочной фосфатазы более 115,0 Ед/л в крови.

Анализ информативности рассматриваемых биохимических параметров крови показал максимальные величины для содержания альбуминов ниже 52,0% и  $\gamma$ -глобулинов свыше 17,0 % в крови пациенток с острым эндометритом. Уровень глобулинов и другие фракции глобулинов характеризуются также значительными величинами информативности Кульбака, составляющими от 160,7 для  $\alpha_1$ -глобулинов выше 25,0%, до 233,9 – для глобулинов свыше 47,0%. Следует об-

ратить внимание и на существенный показатель информативности лактатдегидрогеназы свыше 135,0 Ед/л. Меры информативности общего белка ниже 60,0 г/л и щелочной фосфатазы более 115,0 Ед/л практически эквивалентны.

Следовательно, из проанализированных показателей крови многомерными математическими методами для диагностики острого эндометрита необходимо определять СОЭ, содержание лейкоцитов, палочкоядерных нейтрофилов, альбумины и  $\gamma$ -глобулины крови.

#### Список литературы

1. Агарков Н.М., Артеян Н.В., Яковлев А.П. Диагностика нейродермита с учётом информативности показателей разного биологического качества у подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 3. – С. 497-501.

2. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.

3. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI. – Вып. 4. – С. 11-15.

4. Автоматизированная система поддержки решений врача-дерматолога / Н.М. Агарков, А.В. Иванов, В.А. Иванов, А.П. Яковлев // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 71-74.

5. Прогнозирование тяжелого гестоза на основе компьютерных технологий / Н.М. Агарков, М.В. Фролов, В.Н. Снопков, С.Н. Гонтарев, Л.В. Шульга, Е.П. Афанасова // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 5. – С. 26-30.

6. Будник И.В., Гонтарев С.Н., Шульга Л.В. Многомерный математический анализ связей сальпингоофорита с инфекциями, передающимися половым путём, в различных возрастных и территориальных группах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 543-550.

7. Будник И.В. Математическое моделирование связей и прогнозирование гинекологической патологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX. – № 1. – С. 29-32.

8. Моделирование и информативность проявлений синдрома эндогенной интоксикации при тонзиллите у детей / Е.А. Гнездилова, С.Н. Гонта-

рев, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 73-77.

9. Компьютерная система обеспечения принятия решений детского стоматолога / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, В.А. Иванов // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 64-69.

10. Диагностическая значимость и моделирование параметров гемограммы и гомеостаза при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, М.В. Фролов, В.Д. Луценко, И.В. Коломиец, Е.П. Афанасова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 106-113.

11. Поликритериальный математический отбор диагностических параметров локального кровотока и размеров яичников при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, А.В. Шульга, В.А. Иванов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11(154). – Вып. 22/1. – С. 157-163.

12. Информативность биомаркеров злокачественных новообразований органов желудочно-кишечного тракта и прогнозирование на индивидуальном уровне / С.Н. Гонтарев, А.В. Шульга, А.П. Яковлев, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 204-210.

13. Иванов А.В., Артеян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 48-52.

14. Компьютерное моделирование ассоциаций гипертонической болезни с заболеваемостью и смертностью от других болезней системы кровообращения / А.В. Иванов, В.Н. Мишустин, Е.В. Стародубцева, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 114-121.

15. Иванов В.А. Организация и ведение компьютерного банка данных по заболеваемости дерматозами у детей // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 1058-1061.

16. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, В.Н. Снопков, Л.В. Шульга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – №11(154). – Вып. 22/1. – С. 122-126.

17. Синтез нечетких решающих правил прогнозирования эффективности литолиза уратных камней почек / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, Л.В. Шульга, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып.22/1. – С. 138-139.

18. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения / В.Ф. Луценко, Т.Н. Татья-

ненко, Е.В. Стародубцева, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 78-83.

19. Дифференциация острого тонзиллита у детей на основе математических моделей / В.Ф. Луценко, Е.А. Гнездилова, Е.В. Стародубцева, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 84-88.

20. Серёгин С.П., Забровский А.Н., Мишустин В.Н. Многокритериальное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 41-49.

21. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В.Н. Снопков, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, Г.И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 168-171.

22. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-2. – С. 209-215.

*Получено 20.08.14*

**E.A. Afanasova**, Candidate of Sciences, Doctoral Candidate, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

**N.M. Agarkov**, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

#### **THE SELECTION OF INFORMATIVE PARAMETERS OF BLOOD BY MEANS OF MATHEMATICAL METHODS IN PATIENTS WITH ACUTE EYE ENDOMETRITIS**

*On the basis of various mathematical methods and numerical criteria for the extraction of informative indicators General and biochemical blood tests in patients with acute endometritis, which allows better and more quickly to diagnose this disease.*

**Key words:** acute endometritis, multidimensional mathematical methods.

УДК 519.6-616.523

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

**Е.А. Бойцова**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kaf.vm@mail.ru),

**М.И. Лукашов**, канд. мед. наук, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: stu-bmi@yandex.ru),

**А.Г. Устинов**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВРО РНИУ им. Н.И.Пирогова (e-mail: algeus@mail.ru)

### **СИНТЕЗ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ВАРИАНТОВ ТЕЧЕНИЯ ГЕНИТАЛЬНОГО ГЕРПЕСА НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Представлен метод синтеза нечетких решающих диагностических правил соотнесения обследуемого человека к определенному классу течения клинических вариантов генитального герпеса с использованием самоорганизационного моделирования на базе алгоритмов метода группового учета аргументов. Получаемые на основе алгоритма, реализующего предлагаемый метод, математические модели позволяют анализировать характерные для каждого альтернативного класса системные взаимосвязи между регистрируемыми информативными показателями и синтезировать правила продукционного типа диагностики вариантов генитального герпеса.*

**Ключевые слова:** генитальный герпес, классификация клинических вариантов, нечеткие решающие правила, самоорганизационное моделирование, метод группового учета аргументов, системные взаимосвязи характеристик состояния организма.

\*\*\*

## **Введение**

Исследованию методов диагностики, лечения и профилактики герпеса посвящено большое количество исследований в мире. Проблеме своевременного выявления заражения и лечения заболевания посвящено большое количество публикаций. Например, в работе [10] отмечается, что в настоящее время вирусами герпеса заражено от 65% до 90% населения планеты, к пятилетнему возрасту заражается 60% детей, к 15 годам – 90%. У человека различают по различным классификациям 6-8 видов герпеса (портал «здоровье Medic-life»).

Существуют разнообразные методы диагностики и лечения герпеса. В силу психологической специфики протекания заболевания особую проблему в здравоохранении занимает оптимизация лечебно-диагностического процесса генитального герпеса

[12, 16], который присутствует примерно у 25% населения и встречается во всех возрастных группах, имея два пика: наибольший – больные 20-29 лет, несколько меньший – 35-40 лет [10].

В качестве отслеживания динамики распространения заболеваемости генитальным герпесом (в том числе с целью его профилактики) применяются скрининговые системы [8, 11, 16], основанные на использовании результатов цепной полимеразной реакции (ПЦР) и серологических тестов.

Распространенность заболевания обуславливает необходимость массовых осмотров населения с целью выявления герпесвирусных инфекций. В процессе осмотров накапливается большое количество информации о характеризующих показателях различной модальностей и определенности, что обуславливает необходимость проектирования соответствующих систем поддержки принятия решения,

основанных на научно обоснованной классификации вариантов протекания заболевания. Указанные обстоятельства для повышения качества лечебно-диагностического процесса обуславливают актуальность проектирования соответствующих экспертных систем в составе систем поддержки принятия решений с применением нечетких решающих правил, построенных на основе математических моделей, отражающих структуру анализируемых показателей [6, 7, 8]. Созданию подобных систем или их элементов посвящены, например, работы [2, 5, 9].

В работе рассматривается метод синтеза нечетких решающих правил продукционного типа на основе результатов самоорганизационного моделирования связей между регистрируемыми показателями, характеризующими различные варианты протекания генитального герпеса.

### Метод исследования

Поскольку значения показателей отражают реакцию различных физиологических систем на взаимодействие с вирусом герпеса во время развития различных вариантов протекания заболевания самоорганизационного характера, была выбрана соответствующая концепция моделирования.

К основным принципам самоорганизационного моделирования относятся [3]:

- Гёделевский подход при самоорганизации моделей [3]: по минимуму внешнего критерия решаются вопросы о выборе опорных функций, структуры и параметров модели.

- Применение внешнего критерия селекции предполагает разбиение множества данных на две части: одна выборка используется для получения

оценок параметров модели, другая – для выбора структуры модели.

- Принцип сохранения свободы выбора. Свобода выбора обеспечивается тем, что на каждый следующий ряд селекции (или иерархический уровень) поступает не одно решение, а несколько решений, отобранных на предыдущем ряде.

Согласно указанным принципам предлагается схема синтеза нечетких решающих правил для различных классов (рис.).

В дальнейшем используются следующие обозначения и понятия:

- $\omega_k$  – класс-вариант протекания заболевания «генитальный герпес» ( $k=1, \dots, K$  – количество классов);

- $X_{\omega_k} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}_{m_{\omega_k}}$ ,  $k=1, \dots,$

$K$  – множество данных, используемых для синтеза решающих правил,  $n$  – количество регистрируемых показателей,  $m_{\omega_k}$  – объем выборки;

- МГУА – идентификационные алгоритмы (и соответствующее программное обеспечение), реализующие метод группового учета аргументов [3, 17, 18];

- $МДД_{\omega_k}$ ,  $МДМ_{\omega_k}$  – меры доверия к данным и адекватности математических моделей в классе  $\omega_k$  (вычисляются согласно [1, 5],  $МДРИ$  – мера доверия к регистрируемой в процессе диагностики информации о пациенте);

- «обучающая выборка» – выборка  $X_{o, \omega_k} \in X_{\omega_k}$  объемом  $m1_{\omega_k}$ , используемая для формирования информативной обучающей выборки;

- «формирующая выборка» – выборка  $X_{f, \omega_k} \in X_{\omega_k}$  объемом  $m2_{\omega_k}$ , используемая для получения информативной формирующей выборки;

– «экзаменационная выборка» – подмножество  $X_{\omega_k} \in X_{\omega_k}$  объемом  $m3_{\omega_k}$ , используемая для получения информативной экзаменационной выборки;

– выборки  $X_{i, \omega_k}$ ,  $X_{\phi, \omega_k}$  и  $X_{\varepsilon, \omega_k}$  – информативные обучающая, формирующая и экзаменационная выборки, обладающие наилучшими классификационными возможностями (формируются из  $X_{o, \omega_k}$ ,  $X_{\phi, \omega_k}$  и  $X_{\varepsilon, \omega_k}$ ) и служащие:  $X_{i, \omega_k}$  – для структурно-параметрической идентификации математических моделей в классе  $\omega_k$ ;  $X_{\phi, \omega_k}$  – для селекции моделей формирования функций принадлежности объекта исследования к определенной модели и классу, для синтеза диагностических правил;  $X_{\varepsilon, \omega_k}$  – для оценки значений показателей качества диагностики с помощью полученных нечетких решающих правил;

– «критерий селекции»  $K_{sel}$  – критерий внешнего дополнения, по которому осуществляется селекция моделей (отбирается  $L_{\omega_k}$  моделей для класса  $\omega_k$ );

– «носитель нечеткого множества». В качестве носителя используется нормированное по доверительному интервалу (полученному на обучающей выборке) евклидово расстояние между реальным значением координат анализируемого объекта в гиперпространстве и оценками соответствующих координат, полученных с помощью идентифицированных математических моделей  $d_i$ . Множество  $D$  в данном случае определяется как

$$\{d_i \mid d_i \in D, \mu(d_i) > 0, i=1, \dots, m2_{\omega_k}\},$$

значение носителя  $d_i$  вычисляется по следующей формуле:

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^l \frac{(x_{\omega_k, i, j} - x_{\omega_k, i, j}^*)^2}{t_{\omega_k, o}^2 \cdot \sigma_{\omega_k, j, o}^2}}, \quad (1)$$

где  $l$  – объем выборки (в рассматриваемом случае –  $m2_{\omega_k}$ );

$x_{\omega_k, i, j}$  –  $i$ -е значение  $j$ -го показателя рассматриваемой выборки;

$x_{\omega_k, i, j}^*$  –  $i$ -е значение  $j$ -го показателя рассматриваемой выборки, вычисленное по соответствующей математической модели;

$t_{\omega_k, o}$ ,  $\sigma_{\omega_k, j, o}^2$  – соответственно значение коэффициента Стьюдента с удовлетворяющим исследователя порогом ошибки первого рода и дисперсия показателя  $j$  согласно объему обучающей выборки в классе  $\omega_k$ .

Поскольку выборки  $X_{o, \omega_k}$ ,  $X_{\phi, \omega_k}$  и  $X_{\varepsilon, \omega_k}$  должны быть взаимно репрезентативны, то исходя из правила «золотого сечения» получаем из следующих формул:

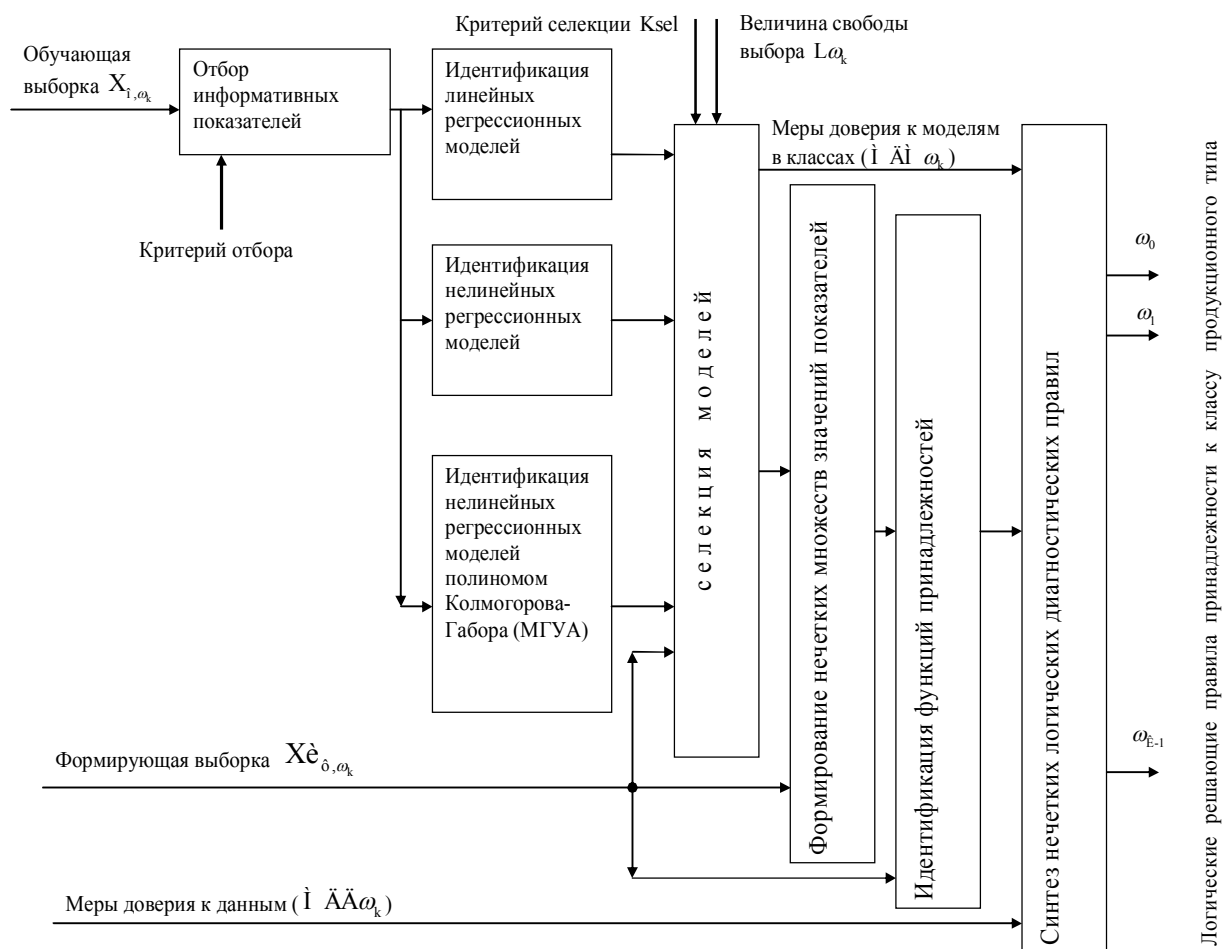
$$\begin{aligned} m1_{\omega_k} &\approx 0.38 \cdot gm_{\omega_k}, \\ m2_{\omega_k} &\approx 0.24 \cdot gm_{\omega_k}, \\ m3_{\omega_k} &\approx 0.38 \cdot gm_{\omega_k}; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} X_{o, \omega_k} \cup X_{\phi, \omega_k} \cup X_{\varepsilon, \omega_k} &= X_{\omega_k}, \\ X_{o, \omega_k} \cap X_{\phi, \omega_k} \cap X_{\varepsilon, \omega_k} &= \emptyset, \end{aligned} \quad (3)$$

$k=1, \dots, K.$

Для реализации (2) и (3) предлагается следующий подход.

Значения всех используемых показателей в классе  $\omega_k$  нормируются в интервал  $[0, 1]$ . Затем для каждого элемента исходного множества (вектора значений различных показателей) вычисляется средняя величина нормированных значений, по которой осуществляется упорядочивание элементов множества по возрастанию (или убыванию).

Рис. Схема самоорганизационного синтеза решающих правил класса  $X_{\omega_k}$ 

В соответствии с (2) формируются выборки  $X_{o, \omega_k}$ ,  $X_{\phi, \omega_k}$  и  $X_{\varepsilon, \omega_k}$  по алгоритму:

1. Все элементы с индексами 1, 4, 7, 10, ... включают в состав выборки  $X_{o, \omega_k}$ , с индексами 2, 5, 8, 11, ... – в состав выборки  $X_{\phi, \omega_k}$ , с индексами 3, 6, 9, 12, ... – в состав выборки  $X_{\varepsilon, \omega_k}$  (таким образом на данном шаге объемы выборок будут примерно равными).

2. Определяем количество элементов, которое необходимо «изъять» из выборки  $X_{\phi, \omega_k}$  ( $\overline{m2_{\omega_k}}$ ), по формуле

$$\overline{m2_{\omega_k}} \approx 0.1 \cdot m_{\omega_k}.$$

3. Методом Монте-Карло [16], используя генератор псевдослучайных

чисел равномерного закона распределения в диапазоне  $[1, \overline{m2_{\omega_k}}]$ , определяем индексы элементов «изъятия» из выборки  $X_{\phi, \omega_k}$  элементов и помещаем элементы с данными индексами в буферную выборку  $X_{buf, \omega_k}$ .

4. Элементы с нечетными индексами в  $X_{buf, \omega_k}$  перемещаются в выборку  $X_{o, \omega_k}$ , а элементы с четными индексами – в выборку  $X_{\varepsilon, \omega_k}$ .

Согласно представленной на рисунке схеме синтеза решающих правил принадлежности к классу  $\omega_k$ , предлагается следующая технология, реализуемая врачом-кибернетиком.



1. Формируются выборки  $X_{o,\omega_k}$ ,  $X_{\phi,\omega_k}$  и  $X_{\varepsilon,\omega_k}$ .

2. Осуществляется отбор информативных с точки зрения классификационных возможностей показателей. Критерий отбора определяется пользователем. Рекомендуются использовать: экспертные оценки, статистические критерии Кульбака или Стюдента; учитываются данные из обучающих выборок всех диагностируемых классов. В результате формируется множество информативных показателей  $X_i$  и соответствующие ему выборки  $X_{i,o,\omega_k}$ ,  $X_{i,\phi,\omega_k}$  и  $X_{i,\varepsilon,\omega_k}$  из выборок  $X_{o,\omega_k}$ ,  $X_{\phi,\omega_k}$  и  $X_{\varepsilon,\omega_k}$ .

3. Осуществляется структурно-параметрическая идентификация математических моделей, отражающих связи между показателями по информации, представленной в выборке  $X_{i,o,\omega_k}$ , следующего вида:

– линейная и нелинейная регрессионные:

$$Y_{\omega_k,j}(z_1, \dots, z_l) = A_{\omega_k,0} + \sum_{i=1}^l (A_{\omega_k,i} \cdot \varphi_{\omega_k,i}(z_i)), \quad (4)$$

где  $l$  – количество информативных показателей в выборке  $X_{i,o,\omega_k}$ ;

$\varphi_{\omega_k,i}(z_i)$  – функция от аргумента  $z_i$  из следующего набора:

$$z_i, \frac{1}{z_i}, z_i^2, \frac{1}{z_i^2}, \ln(z_i), \frac{1}{\ln(z_i)}, \exp(z_i), \frac{1}{\exp(z_i)};$$

$A_{\omega_k,0}$ ,  $A_{\omega_k,i}$  – идентифицируемые параметры модели методом наименьших квадратов (МНК), свободный член и коэффициенты при терме  $\varphi_{\omega_k,i}(z_i)$ ;

в качестве отклика  $Y_{\omega_k,j}(z_1, \dots, z_l)$  и аргументов выступают регистрируемые показатели из  $X_{i,o,\omega_k}$ .

– полином Колмогорова-Габора, идентифицирующийся специализированным программным обеспечением [20], реализующим алгоритм МГУА:

$$Y_{\omega_k,j}(z_1, \dots, z_l) = B_{j,\omega_k,0} + \sum_{i=1}^{ng} (B_{j,\omega_k,i} \times \prod_{i1=1, j \neq i1}^l z_{i1}^{p_{j,\omega_k,i,i1}}), \quad (5)$$

где  $z_j$  – аргумент-показатель из множества  $X_{i,o,\omega_k}$ ;

$B_{j,\omega_k,0}$  – свободный член для модели отклика  $Y_{\omega_k,j}(z_1, \dots, z_l)$  в классе  $\omega_k, (k=1, \dots, K)$ ;

$B_{j,\omega_k,i}$  – идентифицируемый параметр модели  $P_{j,\omega_k,i,i1}$  при терме  $i$  для отклика функции  $Y_{\omega_k,j}(z_1, \dots, z_l)$  в классе  $\omega_k$  на множестве  $X_{i,o,\omega_k}$ ;

$p_{j,\omega_k,i,i1}$  – степень аргумента  $i1$  в терме с номером  $i$  для модели отклика функции отклика  $Y_{\omega_k,j}(z_1, \dots, z_l)$  в классе  $\omega_k$  на множестве  $X_{i,o,\omega_k}$ ;

$ng$  – количество рядов селекции (термов полинома);

в качестве отклика  $Y_{\omega_k,j}(z_1, \dots, z_l)$  и аргументов выступают регистрируемые показатели из  $X_{i,o,\omega_k}$ .

4. Согласно внешнему критерию  $K_{sel}$  селекции и величины свободы выбора решений  $L_{\omega_k}$  отбирается необходимое количество моделей для синтеза решающих диагностических правил (рекомендуется  $L_{\omega_k}=3$ ). Согласно [3, 17] определяется один из следующих критериев селекции: среднеквадратичная ошибка интерполяции, корреляция, несмещенность параметров модели. В итоге база знаний для последующего формирования

диагностических правил классификации представляет собой множество моделей, наилучшим образом отражающих связи между характеризующими показателями:

$$\begin{aligned} x_{\omega_k, i}^* &= F_{\omega_k, nm}(A_{\omega_k, nm}; \{x_{\omega_k, j}\}, \\ j &= 1, \dots, l, j \neq i); \\ i &= 1, \dots, l, nm = 1, \dots, NM_{\omega_k}; \\ k &= 1, \dots, K, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $l$  – количество показателей в  $X_{\omega_k}$ ;

$F_{\omega_k, nm}$  – функция типа (4) или (5);

$x_{\omega_k, i}^*$  – отклик, соответствующий  $i$ -му показателю из множества  $X_{\omega_k}$ ;

$x_{\omega_k, j}$  – аргумент функции  $F_{\omega_k, nm}$  –  $j$ -й показатель из множества  $X_{\omega_k}$ ;

$A_{\omega_k, nm}$  – идентифицированные параметры структур функций (4), (5) для  $nm$ -й модели;

$NM_{\omega_k}$  – количество отобранных в классе  $\omega_k$ .

$$\mu_{\omega_k}(d_{\omega_k}) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_{Di_{\omega_k}}^*(d_{\omega_k}) = F\mu_{\omega_k}^*(d_{\omega_k}) \geq 1; \\ F\mu_{\omega_k}(d_{\omega_k}), & \text{если } \mu_{Di_{\omega_k}}^*(d_{\omega_k}) = F\mu_{\omega_k}^*(d_{\omega_k}) \in ]0, 1[; \\ 0, & \text{если } \mu_{Di_{\omega_k}}^*(d_{\omega_k}) = F\mu_{\omega_k}^*(d_{\omega_k}) \leq 0. \end{cases} \quad (8)$$

Если  $\mu_{Di_{\omega_k}}(d_{\omega_k, i})$  определена в п.5 как непрерывная, то

$$\mu_{Di_{\omega_k}}(d_{\omega_k, i}) = F\mu_{\omega_k}(d_{\omega_k}).$$

7. Для каждого альтернативного класса рассчитывается уверенность в принадлежности к нему:

$$KU_{\omega_k} = MDD_{\omega_k} \cdot MDM_{\omega_k} \cdot MDPI_{\omega_k} \cdot \mu_{\omega_k}(d_{\omega_k}). \quad (9)$$

Затем формализуются решающие правила продукционного типа:

5. На основе выборки  $X_{\phi, \omega_k}$  формируется нечеткое множество  $Di_{\omega_k} = \{(d_{\omega_k, i}, \mu_{Di_{\omega_k}}(d_{\omega_k, i})) | d_{\omega_k, i} \in D_{\omega_k}\}$  в соответствии с формулой (1) для каждого класса  $\omega_k$ . Функция для вычисления  $\mu_{Di_{\omega_k}}(d_{\omega_k, i})$  может задаваться как дискретно (в виде таблицы), так и в виде некоторой непрерывной функции  $F\mu_{\omega_k}(d_{\omega_k})$  (например, как предлагается в работах [1, 5]).

6. Если  $\mu_{Di_{\omega_k}}(d_{\omega_k, i})$  определена дискретно, то на основе полученных пар  $(d_{\omega_k, i}, \mu_{Di_{\omega_k}}(d_{\omega_k, i}))$  осуществляется идентификация функции в виде зависимостей типа (4), (5):

$$\mu_{Di_{\omega_k}}^*(d_{\omega_k}) = F\mu_{\omega_k}^*(d_{\omega_k}), \quad (7)$$

где  $F\mu_{\omega_k}^*(d_{\omega_k})$  – непрерывная, монотонная, положительная функция, позволяющая по любому значению  $d_{\omega_k}$  получить численное значение функции принадлежности  $\mu_{\omega_k}(d_{\omega_k})$  к классу  $\omega_k$  по формуле:

«Если значение  $KU_{\omega_k} \geq KU_{\text{por}_{\omega_k}}$ , то обследуемый относится к классу  $\omega_k$  с уверенностью  $KU_{\omega_k}$ »; (10)

«Если значение  $KU_{\omega_k} < KU_{\text{por}_{\omega_k}}$ , то обследуемый не относится к классу  $\omega_k$  с уверенностью  $(1 - KU_{\omega_k})$ ». (11)

Пороговое значение коэффициента уверенности для каждого диагно-

стируемого класса  $KU_{\omega_k}$  определяется специалистом-медиком с учетом последствий принятия неправильного решения.

По полученным решающим правилам диагностика осуществляется следующим образом. У обследуемого человека регистрируются значения информативных показателей. Для каждого класса  $\omega_k$  задается значение  $KU_{\omega_k}$  и, применяя (6)-(11), формулируются диагностические правила вида:

*«Обследуемый относится к диагностируемому классу  $\omega_k$  с уверенностью  $KU_{\omega_k}$ ».* (12)

Тем самым предлагаемый алгоритм синтеза нечетких решающих правил в составе автоматизированной системы поддержки принятия диагностического решения позволяет соотносить обследуемого к классу  $\omega_k$ , у которого  $KU_{\omega_k} = \max(KU_{\omega_k} | k=1, \dots, K)$ .

### Анализ результатов применения метода синтеза решающих правил

Эксперты классифицировали следующие варианты-классы протекания заболевания:

$\omega_1$  – больные, у которых герпес клинически не обнаруживается;

$\omega_2$  – больные с обнаруженными следами герпеса;

$\omega_3$  – больные с обнаруженным герпесом;

$\omega_4$  – больные с клинически наблюдаемым герпесом;

$\omega_5$  – контрольная группа людей без заболевания герпесом.

После рассмотрения 76 показателей, характеризующих заболевание, у 120 людей с точки зрения информативности с использованием критерия Стюдента [5] оставлены следующие 13 показателей:

X1 – Т-хелперы/индукторы CD3+4+ (в процентах);

X2 – Т-хелперы/индукторы CD3+4;

X3 – незрелые Т-лимфоциты CD3+4+8+;

X4 – подкласс цитолитических Т-лимфоцитов CD3+(16/56)+;

X5 – иммунорегуляторный коэффициент CD4+/CD8;

X6 – CD8+Т-лимфоциты (экспрессирующие рецепторы к IL2);

X7 – фенопик NK-клеток CD3-16+56-(низкая);

X8 – цитолитические CD8+ лимфоциты, содержащие перфорин;

X9 – иммуноглобулин М;

X10 – иммуноглобулин А;

X11 – осаднение в 3% ПЭГ;

X12 – лизис эритроцитов, покрытых антителами;

X13 – лизис интактных эритроцитов.

На репрезентативных обучающих выборках, используя алгоритмы, реализующие методологию самоорганизационного моделирования (в том числе МГУА), получены следующие специфические для каждого альтернативного класса модели согласно (6) (критерий селекции – среднеквадратичная ошибка, свобода выбора – 3):

Класс  $\omega_1$ :  $X8^* = 93,3 - 19,51 \cdot X4$ ;  $X9^* = 312,9 - 60,8 \cdot X5$ ;

Класс  $\omega_2$ :  $X9^* = 142,4 + 65,9 \cdot X3$ ;

Класс  $\omega_3$ :  $X13^* = 25,9 + 0,263 \cdot X4$  ;

$$\text{Класс } \omega_4: \tilde{O}_5^* = 1,93 - 0,012 \cdot \tilde{O}_1; \quad \tilde{O}_1 = 34,9 + 0,584 \cdot \left(\frac{X_{13}}{X_4}\right)^2;$$

$$\begin{aligned} \text{Класс } \omega_5: X_1^* &= 0,083 \cdot X_6 + 35,4; X_8^* = 12,6 \cdot X_4 + 64,7; X_3^* = 0,003 \cdot X_2 - 1,53 \\ X_6^* &= 0,1 \cdot X_2 - 65; X_5^* = 0,0455 \cdot X_4 + 2,35; X_5^* = 0,0012 \cdot X_2 + 0,5; X_9^* = -5 + 2 \cdot X_4^{1,5}; \\ X_2^* &= 813,5 + 0,142 \cdot X_1 \cdot X_6; X_2^* = 813,5 + 0,142 \cdot X_1 \cdot X_6; \end{aligned}$$

$$X_6^* = 17,6 + 3,142 \cdot (10^{-5}) \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_9; X_1^* = 49,25 - 5 \cdot \frac{\sqrt{X_9}}{X_2^2};$$

$$X_9^* = 195,6 + 4643 \cdot \frac{X_3 \cdot \sqrt{X_8}}{X_1^2}; X_4^* = 0,2 + 11 \cdot X_8 \cdot \sqrt{\frac{X_8}{X_1 \cdot X_9}}.$$

Полученные функциональные закономерности позволяют синтезировать решающие диагностические правила и на качественном уровне описывать и анализировать различия структур данных в классах.

В частности, у людей, не больных герпесом, наблюдается взаимосвязь между информативными показателя-

ми, «регулируемая» значениями иммунорегуляторного коэффициента CD4+/CD8+ ( $X_5$ ).

Для формирования нечетких решающих диагностических правил (10), (11) с помощью выборки  $X_{i, \omega_k}$  были получены значения аргументов функции  $KY_{\omega_k}$  (табл.).

Значения мер доверия и функции принадлежности для класса  $\omega_k$

| Класс $\omega_k$ | МДД $_{\omega_k}$ | МДМ $_{\omega_k}$ | $\overline{\mu_{\omega_k}(d_{\omega_k})}$ – среднее значение $\mu_{\omega_k}(d_{\omega_k})$ |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                | 0,9               | 0,96              | 0,86                                                                                        |
| 2                | 0,9               | 0,95              | 0,8                                                                                         |
| 3                | 0,95              | 0,95              | 0,84                                                                                        |
| 4                | 0,96              | 0,94              | 0,9                                                                                         |
| 5                | 0,98              | 0,96              | 0,9                                                                                         |

При диагностике варианта течения заболевания предлагается использовать следующую формулу оценки коэффициента уверенности:

$$KY_{\omega_k} = K_{\omega_k} \cdot \text{МДРИ}_{\omega_k} \cdot \mu_{\omega_k}(d_{\omega_k}), \quad (13)$$

где значение  $\mu_{\omega_k}(d_{\omega_k})$  вычисляется согласно (8), значение  $\text{МДРИ}_{\omega_k}$  – исходя из точности и корректности выполненных измерений информативных показателей.

Значения поправочных коэффициентов  $K_{\omega_k}$ , полученных в процессе

проведения вычислительного эксперимента для класса  $\omega_k$ , соответственно равны

$$\begin{aligned} K_{\omega_1} &= 0,864, \\ K_{\omega_2} &= 0,855, \\ K_{\omega_3} &= 0,903, \\ K_{\omega_4} &= 0,902, \\ K_{\omega_5} &= 0,941. \end{aligned} \quad (14)$$

Показатели качества диагностического процесса, наблюдаемые на экзаменационной выборке  $X_{э, \omega_k}$ , не

превысили величину 0,9 (в частности, диагностическая эффективность равна 0,97), что является приемлемым с медицинской точки зрения.

### Заключение

Приведенные в работе результаты исследований позволяют врачу принимать рациональные управляющие решения о необходимости и (или) характере терапевтического воздействия в условиях массового профилактического осмотра населения и/или скрининг-диагностики генитального герпеса без непосредственного общения с человеком за счет автоматизации процесса обработки результатов лабораторных исследований. Применение специализированного программного обеспечения, реализующего предлагаемую методику синтеза решающих диагностических правил вариантов протекания генитального герпеса в составе системы поддержки принятия решений, позволяет оптимизировать процесс принятия решения о характере терапевтических воздействий, направленных на лечение и (или) купирование генитального герпеса в индивидуальных и фоновых направлениях.

### Список литературы

1. Бабков А.С. Интеллектуальная система поддержки принятия решений скрининг-диагностики рака желудка на основе комбинированных классификационных правил: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.17. – Курск, 2008. – 20 с.
2. Воронцов И.М., Шаповалов В.В., Шерстюк Ю.М. Здоровье. Опыт разработки и обоснование применения автоматизированных систем для мониторинга и скринирующей диагностики нарушений здоровья. –

СПб.: ООО «ИПК «Коста», 2008. – 480 с.

3. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. М.: Радио и связь, 1987. – 118 с.

4. Ключин, Д.А., Петунин Ю.И. Доказательная медицина. Применение статистических методов. – Вильнюс: Диалектика, 2008. – 320 с.

5. Синтез гибридных нечетких решающих правил для классификации клинических вариантов течения генитального герпеса на основе моделей системных взаимосвязей / Н.А. Корневский, М.В. Лукашов, М.В. Артеменко, Н.М. Агарков // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 10 (1). – С. 24-29

6. Корневский 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.

7. Использование информационных технологий для прогнозирования и диагностики инфекционных заболеваний (на примере генитального герпеса) / Н.А. Корневский, М.И. Лукашов, В.И. Серебровский, С.В. Дегтярев, А.А. Маслак; Курская государственная сельскохозяйственная академия. – Курск, 2011. – 123 с.

8. Кулакова В.И., Савельева Г.М., Манухина И.Б. Гинекология. Национальное руководство. – М.: ГЭОТФР-Медиа, 2009. – 1150 с.

9. Лукашов М.И., Серебровский В.И., Титов В.С. Компьютерная программа для интеллектуальной системы прогнозирования обострения генитального герпеса // Научные ве-

домости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2013. – № 11-1 (154). – Т. 22.

10. Мигунов А.И. Герпес. Современный взгляд на лечение и профилактику. – М.: Весь, 2008. – 128 с.

11. Стрельников А.А., Обрезан А.Г., Шайдаков Е.В. Скрининг и профилактика актуальных заболеваний: руководство для врачей. – СПб.: Спец. лит, 2012. – 595 с.

12. Сухих Г.Т., Ванько Л.В. Генитальный герпес. Иммунологические аспекты. М.: Изд-во: «Миклош», 2010. – 344 с.

13. Оценка состояния здоровья человека с помощью нечетких гетерогенных правил / В.С. Титов, А.Г. Устинов, И.А. Ключиков, В.Н. Шевякин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 1-1. – С. 41-55.

14. Успенский В.А. Теорема Гёделя о неполноте. – М.: Наука, 1982. – 110 с.

15. Bielajew Alex F. Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and charged particle transport / University Press, Oxford. – New York, 2001. – 494 p.

16. Hunter Handsfield H. Genital Herpes Paperback // McGraw-Hill Professional Publishing. – 2001. – June 1. – 45 p.

17. Self-organizing methods in modeling: GMDH type algorithms / Ed. S.J.Farlow. – New York, Basel: Marcel Dekker Inc., 1984. – 350 p.

18. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – № 2007611654. Мультипликативная аппроксимация методом группового учета аргументов / Оболенский А.Н., Артеменко М.В. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 25.04.2007.

*Получено 11.11.2014*

**M.V. Artemenko**, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: artem1962@mail.ru)

**E.A. Boytsova**, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kaf.vm@mail.ru)

**M.I. Lukashov**, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: stu-bmi@yandex.ru)

**A.G. Ustinov**, Doctor of Sciences, Professor, of medical cybernetics and informatics FGBOU BPO RNIU them. Pirogov (e-mail: algeus@mail.ru)

## **SYNTHESIS OF DECISION RULES AUTOMATED CLASSIFICATION VARIANTS OF THE COURSE OF GENITAL HERPES BASED SIMULATION THE SELF-ORGANIZATION**

*A method for the synthesis of fuzzy decisive diagnostic rules correlating human subject to a class during clinical variants of genital herpes with the use of self-organization on the basis of group method of data handling. Obtained on the basis of the algorithm, based on the proposed method, the mathematical models allow to analyze the characteristic of each class of alternative systemic relationship between the registered informative indices and synthesize the decision rules of a production type of diagnostics options of genital herpes.*

**Key words:** genital herpes, the classification of clinical variants, fuzzy decision rules, self-organization modeling, group method of data handling, system interconnection characteristics of the state for the organism.

УДК 616.6

**С.Д. Долженков**, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**С.В. Петров**, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**М.С. Чернега**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**С.В. Харьков**, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**Л.Ю. Чуклинова**, врач-онколог, Орловский областной онкологический диспансер (e-mail: lilianachuklinova@yandex.ru, тел.: 8-920-802-82-34)

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ УРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ**

*Обобщены результаты различных исследований по использованию различных математических методов с выбором общего подхода к синтезу комбинированных нечетких математических моделей, способных путем перестройки своих параметров решать задачи оценки риска послеоперационных осложнений для различных органов и типов операций.*

**Ключевые слова:** послеоперационные осложнения, риски осложнений, математические модели, нечеткая логика.

\*\*\*

Для совершенствования диагностики, лечения и прогнозирования различных заболеваний в настоящее время широко применяются различные математические методы [4, 5, 6, 11, 14, 16, 19]. Диагностику нейродермита предлагается осуществлять с учетом информативности показателей и сетевого моделирования [1, 8, 12]. При выявлении злокачественных новообразований и панкреатита используется многокритериальная математическая оценка [9, 17, 18, 20, 22]. Разработана система поддержки принятия решений при мочекаменной болезни [13, 15, 17]. Для прогнозирования литолиза при мочекаменной болезни разработаны решающие правила [12], а для гипоксически-ишемической энцефалопатии выполнен математический прогноз [23]. Важным является применение математических методов при диагностике и прогнозировании сальпингоофорита [2, 3, 4, 6, 8, 24].

Однако при решении задач синтеза математических моделей, обеспечивающих прогнозирование после-

операционных осложнений при урологических заболеваниях, следует иметь в виду, что в распоряжении врачей стационаров имеются стандартные, достаточно хорошо опробованные методы и методики, основывающиеся на данных опросов, осмотров, лабораторных и инструментальных исследований. Естественно, существуют специфические методы исследования, «привязанные» к конкретным органам и типам операций. Однако стандартных перечней методов обследования, ориентированных на решение задач оценки послеоперационных осложнений по различным органам и типам операций, практически нет. Имеются лишь отдельные публикации, ориентированные в основном на исследование математических методов оценки информативных признаков по отношению к исследуемому классу задач с соответствующими практическими рекомендациями без достаточных обобщений, которые можно было бы распространить на различные операции, связанные с

урологией и хирургией в целом. С учетом этого целью данного сообщения является обобщение результатов различных исследований по использованию различных математических методов с выбором общего подхода к синтезу комбинированных нечетких математических моделей, способных путем перестройки своих параметров решать задачи оценки риска послеоперационных осложнений для различных органов и типов операций.

Для достижения этой цели, независимо от особенностей решаемых практических задач по оценке послеоперационных осложнений, выделим несколько групп специфических и неспецифических признаков, которые, по мнению высококвалифицированных экспертов, влияют на точность формирования прогноза по оценке риска послеоперационных осложнений при урологических заболеваниях, которые, в свою очередь, могут бытьотягощены другими достаточно серьезными болезнями сердечно-сосудистой системы, системы пищеварения, дыхания и т.д.

К первой группе отнесем специфические для выбранного класса задач признаки  $x_i$  ( $1, \dots, n_x$ ), которые получают традиционным для медицинской практики способами, например для трансуретальной резекции предстательной железы это признаки  $x_1, \dots, x_{12}$ . Если договориться с экспертами, что каждый из выбранных признаков при своей регистрации способен увеличивать уверенность в том, что риск обострения заболеваний уточняется, но уверенность в этом решении по всем специфическим традиционным факторам для задачи с номером  $l$  может быть определен следующей формулой:

$$TF_l(i+1) = TF_l(i) + \mu_l(x_{i+1})[1 - TF_l(i)], \quad (1)$$

где  $TF$  – риск в проявлении послеоперационных осложнений для задачи с номером  $l$ ;

$TF_l(1) = \mu_l(x_i)$ ;  $\mu_l(x_{i+1})$  – риск в проявлении послеоперационных осложнений по признаку  $x_{i+1}$  для группы признаков, являющихся традиционными (специфическими) для медицинской практики.

При этом, с целью минимизации времени и экономических затрат на проведение обследования, рекомендуется исследовать предлагаемые экспертами списки признаков  $x_i$  на информативность (параметр по Кульбаку [18]) и выбрать те из них, которые при минимуме затрат обеспечивают заданное качество прогнозирования.

При наличии сопутствующих патологий целесообразно рассчитать риск их обострения  $\omega_c$  по своей системе в соответствии с формулой

$$TF_c(q+1) = TF_c(q) + \mu_c(x_{q+1})[1 - TF_c(q)]. \quad (2)$$

Знание  $TF_c$  позволит рационализировать схемы реабилитационных, предупредительных или лечебных мероприятий.

Анализ литературных данных и серия специально проведенных исследований позволили установить, что практически для всех типов проводимых операций на различных органах и особенно при наличии сопутствующих заболеваний достаточно высокими факторами риска послеоперационных осложнений являются длительное психоэмоциональное напряжение и повышенный уровень хронического утомления. Поэтому для уточнения математической модели оценки риска возникающих послеоперационных осложнений в выражении (2) целесообразно ввести показатели  $YH$  и  $YU$ .

С учетом этого общий риск возникновения ( $RO$ ) послеоперационных



осложнений по выбранным факторам риска для задачи  $l$  оценивается следующим выражением:

$$RO_{\ell} = TF_{\ell} + YN_{\ell} + YU_{\ell} - TF_{\ell} YN_{\ell} - TF_{\ell} YU_{\ell} - YN_{\ell} YU_{\ell} + TF_{\ell} YN_{\ell} YU_{\ell}, \quad (3)$$

где  $YN_{\ell} = \alpha_{\ell} YN$ ;  $YU_{\ell} = \beta_{\ell} YU$ .

Весовые коэффициенты  $\alpha_{\ell}$  и  $\beta_{\ell}$  вводятся в силу разной роли  $YN$  и  $YU$  в различных задачах  $\ell$ .

Практика решения задач прогнозирования возникновения заболеваний и их ранней диагностики показали, что для целого ряда заболеваний в качестве одного из информативных признаков может быть использовано отклонение энергетических характеристик биологически активных точек, «связанных» с соответствующей патологией, от своих номинальных значений.

С учетом этого дополнительным информативным признаком может быть использован фактор  $BR_{\ell} = KY_{\omega_{\ell}}$ .

Тогда

$$RR_{\ell} = RO_{\ell} + \gamma_l BR_{\ell}, \quad (4)$$

где  $\gamma_l$  – весовой коэффициент составляющей  $BR_l$ .

Кроме факторов, увеличивающих риск наступления послеоперационных осложнений, организм обладает свойством сопротивляться внешним воздействиям, включая различные оперативные вмешательства. Способность к противостоянию оперативным вмешательствам по задаче  $l$  будем определять уровнем защиты организма  $UZ_l$ .

В свою очередь, уровень защиты организма может быть определен с помощью различных показателей  $y_p$  ( $p=1, \dots, P$ ). Существует достаточно большое количество способов оценки защитных механизмов человека. Однако по отношению к оперативным

вмешательствам роль защитных механизмов изучена недостаточно, отсутствуют четкие оценки уровня защиты организма от внешних воздействий, включая проведение операций. Для учета уровня защиты организма предлагается метод комплексной оценки уровня защиты организма от оперативных вмешательств, заключающийся в использовании математической модели, количественно связывающей уровень защиты при выполнении задачи  $l$  ( $UZ_l$ ) с адаптационным потенциалом организма (АП), энергетической сбалансированностью меридианных структур (ЭС) и уровнем функционального резерва (УФ) организма.

Таким образом, в общем виде математическая модель оценки уровня защитных резервов от оперативных вмешательств по задаче  $\ell$  определяется выражением

$$UZ_{\ell} = F_{\ell}(АП, ЭС, UF). \quad (5)$$

С математической точки зрения увеличение значения  $UZ_{\ell}$  приводит к уменьшению риска возникновения послеоперационных осложнений. То есть показатель  $UZ$  можно рассматривать как меру недоверия по отношению к показателю, характеризующему общий риск послеоперационных осложнений [18].

Поэтому окончательное решение по величине риска послеоперационных осложнений предлагается осуществлять с использованием выражения

$$RZ_l = \begin{cases} RR_l - UZ_l, & \text{если, } RR_l > U_{zl}; \\ 0, & \text{если, } RR_l \leq U_{zl}. \end{cases} \quad (6)$$

Использование выражения (6) позволяет удерживать показатель  $RZ_{\ell}$  в диапазоне  $[0, \dots, 1]$ , что характерно для моделей нечеткого вывода, принятых в работе.

С учетом особенностей решаемых задач и приведенных обоснований метод синтеза комбинированных нечетких правил прогнозирования послеоперационных осложнений при урологических заболеваниях состоит из следующих основных этапов.

1. Для заданного типа операции и оперируемого органа и класса заболеваний (задача  $\omega_\ell$  ( $\ell = 1, \dots, L$ )) с участием квалифицированной группы экспертов формируется список специфических признаков, традиционно принятых в медицинской практике, из которого, используя известные статистические критерии (например, оценку информативности по Кульбаку), формируется группа информативных признаков  $x_i$ , каждый из которых можно рассматривать как фактор риска, повышающий уверенность в оценке прогноза возникновения послеоперационных осложнений. Далее, используя рекомендации по выбору вида и параметров функций принадлежности, разработанные на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета (БМИ

ЮЗГУ), эксперты по методу Делфи строят графики функций принадлежности к классу «риск послеоперационных осложнений по задаче  $\ell$ »  $\mu_\ell(x_i)$ , которые агрегируются в частное решающее правило.

2. Выбираются сопутствующие заболевания, которые увеличивают риск послеоперационных осложнений, и для них, аналогично пункту 1, формируется список специфических признаков  $x_q$ , по которым строятся функции принадлежности к классам сопутствующих заболеваний  $\omega_c$  с базовыми переменными  $x_q$ . Для каждого из выбранных классов  $c$  ( $c=1, \dots, C$ ) получают систему частных нечетких решающих правил.

3. Полученные математические модели для оценки степени риска послеоперационных осложнений по основному и сопутствующим заболеваниям уточняются путем введения составляющих оценки уровня длительного психоэмоционального напряжения  $YH_\ell$  и хронического утомления  $YU_\ell$ :

$$RO_\ell = TF_\ell + YH_\ell + YU_\ell - TF_\ell YH_\ell - TF_\ell YU_\ell - YH_\ell YU_\ell + TF_\ell YH_\ell YU_\ell; \quad (7)$$

$$FO_c = TF_c + YH_{\ell c} + YU_{\ell c} - TF_c YH_{\ell c} - TF_c YU_{\ell c} - YH_{\ell c} YU_{\ell c} + TF_c YH_{\ell c} YU_{\ell c}, \quad (8)$$

где  $YH_{\ell c}$  и  $YU_{\ell c}$  – вклад составляющих уровня психоэмоционального напряжения в риск обострения сопутствующих патологий  $\omega_c$  при условии выполнения операции с реализацией задач  $\omega_\ell$ .

4. С использованием атласов меридиан выбираются списки биологически активных точек, «связанных» с основными и сопутствующими заболеваниями. Используя методику синтеза комбинированных нечетких кривых принятых решений по электрическим характеристикам БАТ, разрабо-

танную на кафедре БМИ ЮЗГУ, получаем частные решающие правила типа

$$\begin{aligned} &\text{ЕСЛИ } (\forall \delta R_r \in D3T_{\omega_s} \geq \delta R_s^H) \\ &\quad \text{ТО } \{BR_\ell(j+1) = \\ &= BR_\ell(j) + \mu_{\omega_l}(\delta R_{j+1}) [1 - BR_\ell(j)]\} \\ &\quad \text{ИНАЧЕ } (BR_\ell = 0), \end{aligned} \quad (9)$$

где  $\forall$  – квантор общности (для всех);  $\delta R_r$  – относительное отклонение БАТ с номером  $r$  из списка диагностически значимых точек (ДЗТ);

ДЗТ – список диагностически значимых точек по классу заболевания  $\omega_s$ ;

$\delta R_s^{\Pi}$  – пороговое значение, превышение которого свидетельствует о патологическом энергетическом разбалансе исследуемой точки по заболеванию  $\omega_s$ ;

$$BR(1) = \delta R_{\ell} ;$$

$j$  – номер информативной БАТ.

5. С учетом информативных БАТ выражения (7) и (8) модифицируются в следующие выражения:

$$RR_{\ell} = RO_{\ell} + \gamma_{\ell} BR_{\ell} (1 - RO_{\ell}); \quad (10)$$

$$FF_c = FO_c + \gamma_c BR_{\ell} (1 - FO_c). \quad (11)$$

6. Определяется уровень защиты организма  $UZ_{\ell}$  по задаче  $\omega_{\ell}$  и синтезируется решающее правило.

7. Если в результате дополнительных статистических исследований или на экспертном уровне выясняется положительное влияние сопутствующих заболеваний  $\omega_c$  на послеоперационные осложнения, выражение (10) корректируется до модели вида

$$OR_{\ell} = RR_{\ell} + \theta_{\ell} FF_c (1 - RR_{\ell}), \quad (12)$$

где  $\theta_{\ell}$  – весовой коэффициент согласующий влияние  $\omega_c$  на  $RR_{\ell}$ .

Описанный метод синтеза комбинированных решающих правил может быть адаптирован практически на все типы хирургических операций. Однако следует иметь в виду, что для каждого типа операций по каждому из хирургических, урологических заболеваний необходимо получить «свои» функции принадлежности и весовые коэффициенты.

### Список литературы

1. Агарков Н.М., Артеян Н.В., Яковлев А.П. Диагностика нейродермита с учётом информативности пока-

зателей разного биологического качества у подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 3. – С. 497-501.

2. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.

3. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI. – Вып. 4. – С. 11-15.

4. Будник И.В., Гонтарев С.Н., Шульга Л.В. Многомерный математический анализ связей сальпингоофорита с инфекциями, передающимися половым путём, в различных возрастных и территориальных группах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 543-550.

5. Моделирование и информативность проявлений синдрома эндогенной интоксикации при тонзиллите у детей / Е.А. Гнездилова, С.Н. Гонтарев, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 73-77.

6. Диагностическая значимость и моделирование параметров гемограммы и гомеостаза при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, М.В. Фролов, В.Д. Луценко, И.В. Коломиец, Е.П. Афанасова // Научные ведомости Белгородского государственного

университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 106-113.

7. Поликритериальный математический отбор диагностических параметров локального кровотока и размеров яичников при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, А.В. Шульга, В.А. Иванов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 157-163.

8. Иванов А.В., Артеян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 48-52.

9. Компьютерное моделирование ассоциаций гипертонической болезни с заболеваемостью и смертностью от других болезней системы кровообращения / А.В. Иванов, В.Н. Мишустин, Е.В. Стародубцева, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 114-121.

10. Корневский Н.А., Титов В.С., Чернецкая И.А. Проектирование систем поддержки принятия решений для медико-экологических приложений: монография / Курск. гос. техн. ун-т. – Курск, 2004. – 180 с.

11. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, В.Н. Снопков, Л.В. Шульга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 122-126.

12. Синтез нечетких решающих правил прогнозирования эффективно-

сти литолиза уратных камней почек / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, Л.В. Шульга, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 138-139.

13. Коцарь А.Г., Серегин С.П., Стародубцева Л.В. Нечеткие решающие правила диагностики клинических форм мочекаменной болезни // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – № 2-2. – С. 197-200.

14. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, В.П. Снопков, Л.В. Шульга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 122-127.

15. Автоматизированная система прогнозирования, диагностики, лечения и профилактики хронического простатита / О.И. Братчиков, Н.А. Корневский, С.П. Серегин [и др.] // Урология. – 2009. – № 4. – С. 44-48.

16. Математические методы в изучении гендерно-возрастных закономерностей заболеваемости мочекаменной болезнью / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, С.И. Криковцов, М.И. Холименко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 149-154.

17. Коцарь А.Г., Серегин С.П., Новиков А.В. Автоматизированная система поддержки принятия решения уролога по прогнозированию и профилактике камнеобразования при мо-

чекаменной болезни // Урология. – 2013. – № 5. – С. 16-20.

18. Кульбак С. Теория информации и статистика. – М.: Наука, 1967. – 408 с.

19. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения / В.Ф. Луценко, Т.Н. Татьяненко, Е.В. Стародубцева, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 78-83.

20. Дифференциация острого тонзиллита у детей на основе математических моделей / В.Ф. Луценко, Е.А. Гнездилова, Е.В. Стародубцева, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 84-88.

21. Мишустин В.Н., Заикин Е.Ю. Диагностика панкреатита на основе многокритериальной математической оценки патологических изменений // Известия Юго-Западного государ-

ственного университета. – 2012. – № 2-2. – С. 216-220.

22. Серёгин С.П., Забровский А.Н., Мишустин В.Н. Многокритериальное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 41-49.

23. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В.Н. Снопков, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, Г.И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 168-171.

24. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-2. – С. 209-215.

*Получено 21.08.14*

**S.D. Dolzhenkov**, Doctoral Candidate, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**S.C. Petrov**, Doctoral Candidate, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**M.S. Chernega**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**S.C. Kharkov**, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**L.Yu. Chuklinova**, Oncologist, Orel oblast Oncology dispensary  
(e-mail: lilianachuklinova@yandex.ru, tel.: 8-920-802-82-34)

## **PROGNOSIS OF POSTOPERATIVE COMPLICATIONS IN UROLOGICAL DISEASES USING COMBINED DECISION RULES**

*This article is review of different mathematical methods that allow to choose common method of synthesis of combined fuzzy mathematical models. Such models are capable to evaluate postoperative risks of complications for different organs and types of surgical operations.*

**Key words:** postoperative complications, risks of complications, mathematical model, fuzzy logic.

УДК 615

**М.И. Лукашов**, канд. мед. наук, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**А.Г. Устинов**, профессор, Российский национальный исследовательский университет имени Н.И. Пирогова, Минздравсоцразвития России (Москва) (тел: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**И.И. Хрипина**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**С.В. Солошенко**, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

### **СИНТЕЗ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБОСТРЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ГЕНИТАЛЬНОГО ГЕРПЕСА**

*В статье рассматриваются вопросы синтеза решающих правил для автоматического прогноза о возможности обострения такого заболевания, как генитальный герпес, с использованием технологий мягких вычислений. Получены соответствующие гибридные правила нечеткого прогнозирования и приводятся результаты экспериментальной проверки качества их срабатывания на контрольных выборках.*

**Ключевые слова:** прогнозирование, нечеткая логика, генитальный герпес, обострение заболеваний, качество классификации.

\*\*\*

#### **Введение**

Задачи прогнозирования обострения заболеваний относятся в большинстве своем к классу плохо формализуемых задач, поскольку даже для высококвалифицированных медицинских экспертов вопросы выбора состава информативных признаков и разделения таких классов состояний, как обострение наступит или не наступит, для большого количества задач является практически нерешенной.

Примером такого класса задач служит задача прогнозирования обострения генитального герпеса. С учетом нечеткого определения признакового пространства и структуры исследуемых классов состояний в соответствии с рекомендациями работ [1, 3, 4, 5, 6, 17, 18, 20] в качестве основного математического аппарата для решения поставленной задачи выбран аппарат нечеткой логики принятия решений в его классификационной интерпретации.

Общие рекомендации по синтезу классификационных нечетких реша-

ющих правил приведены в работах [3, 4, 5, 6, 20]. В данной статье рассматривается конкретная реализация процедуры синтеза нечетких решающих правил для задачи прогнозирования обострения генитального герпеса.

#### **Метод**

В соответствии с общими рекомендациями по синтезу нечетких классификационных решающих правил задачу синтеза правил прогнозирования обострения исследуемого заболевания будем рассматривать как задачу альтернативной классификации по двум классам:

$\omega_0$  – у обследуемого генитальный герпес находится в стадии ремиссии и у него в течение времени  $T_0$  обострение не наступит;

$\omega_{об}$  – в течение времени  $T_0$  у обследуемого со стадией ремиссии наступит обострение генитального герпеса.

При таком способе классификации синтез нечетких правил принятия решений определим следующим порядком действий:

1. На экспертном уровне определяется время  $T_0$ , в течение которого принимается прогностическое решение с заданным качеством классификации. Дополнительно эксперты могут выбрать несколько  $T_{0k}$ , для каждого из которых строятся свои прогностические правила со «своими» показателями качества классификации относительно «своих» порогов. В качестве основного определяемого показателя в соответствии с рекомендациями [3, 4, 6, 8] выбран коэффициент уверенности  $KY_{об}$  в том, что у обследуемого наступит обострение (переход из класса  $\omega_0$  в класс  $\omega_{об}$ ).

Существенным ограничением на решение задач прогнозирования является то, что на этом этапе ведения больных практически невозможно получить данные лабораторных анализов, кроме того, большинство доступных анализов не являются достаточно информативными по отношению к классу  $\omega_{об}$ .

С другой стороны, известно, что реакция биологически активных точек, «связанных» с тем или иным заболеванием, возникает задолго до клинических проявлений. В соответствии с рекомендациями [7, 8, 9, 10, 11, 12, 19] для заболевания генитальным герпесом были отобраны информативные биологически активные

точки F11, VC1, VC7, VG1, P7. Для этой группы точек определена диагностически значимая пара (ДЗТ) – P7 и VC7 [8, 9, 16].

2. При синтезе частного решающего правила прогнозирования для класса  $\omega_{об}$  по электрическим характеристикам БАТ на интервале (3,...,4)  $T_0$  производится измерение электрического сопротивления выбранных БАТ, и по тем пациентам, которые имеют вирус генитального герпеса, но не получили стадию обострения, устанавливается коридор относительной нормы, который для класса  $\omega_0$  составил  $100 \pm 15$  кОм. Таким образом, номинальное электрическое сопротивление БАТ составляет 100 кОм.

3. По величинам отклонений сопротивлений выбранных БАТ от номинального значения для каждой из точек строятся гистограммы распределения классов  $\omega_0$  и  $\omega_{об}$ , по которым согласно рекомендациям работ [8, 9, 10, 11, 12] выбираются пороговые значения  $\delta R_{ПОР}$ , а также формы и параметры функций принадлежности  $\mu_{\omega_{об}}(\delta R_i)$  к классу  $\omega_{об}$  по всей совокупности выбранных точек.

Частное решение, определяющее уверенность в риске обострения герпеса, определяется следующим выражением:

$$\begin{aligned} & \text{ЕСЛИ } [(\delta R_{P7} > 15\%) \text{ И } (\delta R_{VC7} > 15\%)] \\ & \text{ТО } \{KY_{об}^B(i+1) = KY_{об}^B(i) + \mu_{\omega_{об}}(\delta R_{i+1})[1 - KY_{об}^B(i)]\} \\ & \text{ИНАЧЕ } \{KY_{об}^B = 0\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $KY_{об}^B$  – частная уверенность в  $\omega_{об}$  по величине электрической реакции БАТ;

$$KY_{об}^B(1) = \mu_{\omega_{об}}(\delta R_{P7});$$

$$\delta R_2 = \delta R_{VC7};$$

$$\delta R_3 = \delta R_{VC1};$$

$$\delta R_4 = \delta R_{F11};$$

$$\delta R_5 = \delta R_{VG1}.$$

4. На экспертном уровне решается вопрос о привлечении других информативных признаков для прогнозирования обострения генитального герпеса. Если такое решение принимается, то в качестве дополнительных признаков могут быть выбраны результаты опроса и осмотра, а также информация об уровне ПЭН и ХФУ, которые достаточно быстро, не требуя больших затрат, могут быть получены в оперативном режиме.

Уровень ПЭН ( $U_{ПЭН}$ ) и длительного физического утомления ( $U_{ху}$ ) определяется по формулам, полученным в работах [2, 13, 14, 15].

При осмотре и опросе фиксируется следующий ряд признаков:

1) в анамнезе ОРВИ, грипп или другие болезни, ослабляющие иммунную систему ( $b_1$ );

2) переохлаждение организма ( $b_2$ );

3) перегрев организма ( $b_3$ );

4) медицинские манипуляции на половых органах ( $b_4$ );

5) злоупотребление алкоголем ( $b_5$ );

6) чрезмерное пребывание на солнце или злоупотребление солярием (избыточные дозы ультрафиолетового излучения) ( $b_6$ );

7) в анамнезе микрохирургические вмешательства на тройничном нерве ( $b_7$ ).

По согласованию с экспертами эта группа признаков представлена двоичным кодом (1 – есть признак, 0 – нет признака).

5. По каждому из вновь выбранных признаков строятся гистограммы распределения классов  $\omega_0$  и  $\omega_{об}$ , по которым выбираются формы и параметры функций принадлежности к классу  $\omega_{об}$ .

Учитывая, что каждый из введенных факторов увеличивает уверенность в  $\omega_{об}$ , в качестве финального прогностического решающего правила выбирается модификация выражения Е. Шортлифа [3,4]:

$$KY_{об}(j+1) = KY_{об}(j) + KY_{об}^*(r)[1 - KY_{об}(j)], \quad (2)$$

где  $KY_{об}(j)$  – уверенность в прогнозе обострения герпесвирусной инфекции на  $j$ -м шаге итерации;

$$KY_{об}(1) = KY_{об}^F;$$

$$r=1, \dots, 9;$$

$$KY_{об}^*(1) = \mu_{\omega_{об}}(U_{ПЭН});$$

$$KY_{об}^*(2) = \mu_{\omega_{об}}(U_{ХУ});$$

$$KY_{об}^*(3) = \mu_{\omega_{об}}(b_1); \dots;$$

$$KY_{об}^*(9) = \mu_{\omega_{об}}(b_7).$$

Правила (2) для класса  $\omega_{об}$  могут быть получены для множества интервалов времени  $T_{ОК}$ .

6. Одним из факторов, снижающим риск обострений генитального герпеса, является сопротивляемость организма инфекционным процессам. Учесть этот фактор в прогностических правилах типа (2) можно, введя показатель комбинированного коэффициента защиты КЗ. Метод расчета показателя КЗ подробно описан в работе [16].

С учетом КЗ формула (2) модифицируется до выражения

$$KYF_{об} = \begin{cases} 0, \text{если } КЗ \geq KY_{об}; \\ KY_{об} - КЗ, \text{если } КЗ < KY_{об}. \end{cases} \quad (3)$$



7. При наличии возможности формирования контрольных выборок в течение  $T_0$  организуется наблюдение за больными генитальным герпесом в стадии ремиссии. Люди, которые в течение времени  $T_0$  (в общем случае  $T_{0k}$ ) не перешли в стадию обострения, относятся к первой выборке  $\omega_0$ , люди, перешедшие в класс обострения, относятся ко второй выборке  $\omega_{об}$ .

Если полученные объемы выборок недостаточны для признания их репрезентативными, то на момент времени  $T_0$  выборка  $\omega_0$  добавляется здоровыми людьми и людьми в стадии ремиссии по генитальному герпесу, а выборка  $\omega_{об}$  добавляется пациентами, находящимися на этапе обострения выбранного класса заболеваний.

Далее с использованием пакета прикладных программ, разработанных на кафедре биомедицинской инженерии

ЮЗГУ [4, 20], производится коррекция параметров функций принадлежности в направлении минимизации ошибки классификации в соответствии с выбранным критерием. После такой коррекции проверяется качество прогноза на дополнительной контрольной выборке.

### Синтез решающих правил

При синтезе прогностических решающих правил на экспертном уровне, проверенном впоследствии статистическим анализом, время прогнозирования обострения генитального герпеса было выбрано длительностью 7-9 дней ( $T_0 = 8$  дней).

Для получения конкретных функций принадлежности для выражения (1) методом Делфи на экспертном уровне были получены графики функций принадлежности, приведенные на рисунках 1 – 5.

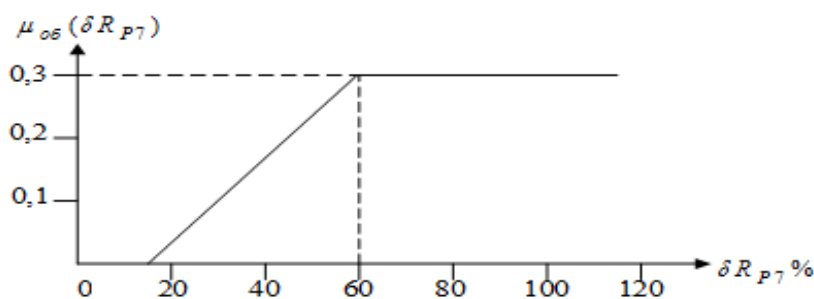


Рис.1. Функция принадлежности к классу  $\omega_{об}$  по величине энергетического разбаланса точки  $P7$

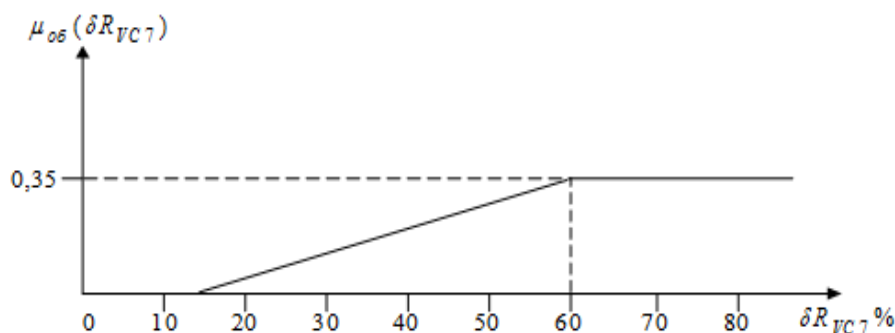


Рис. 2. Функция принадлежности к классу  $\omega_{об}$  по величине энергетического разбаланса точки  $VC7$

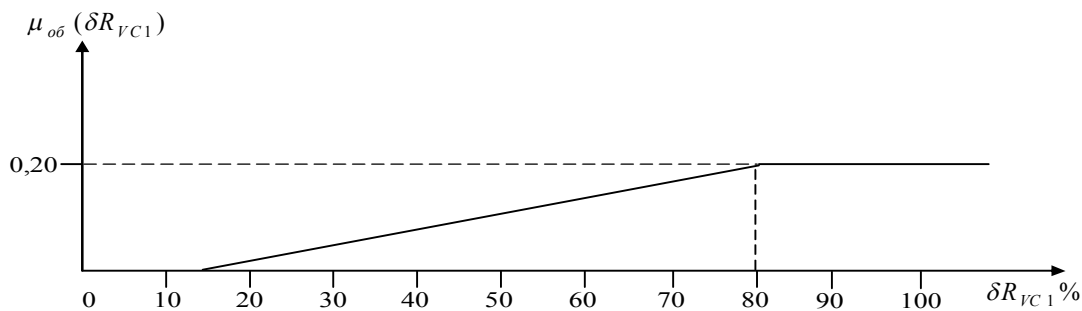


Рис. 3. Функция принадлежности к классу  $\omega_{об}$  по величине энергетического разбаланса точки  $VC_1$

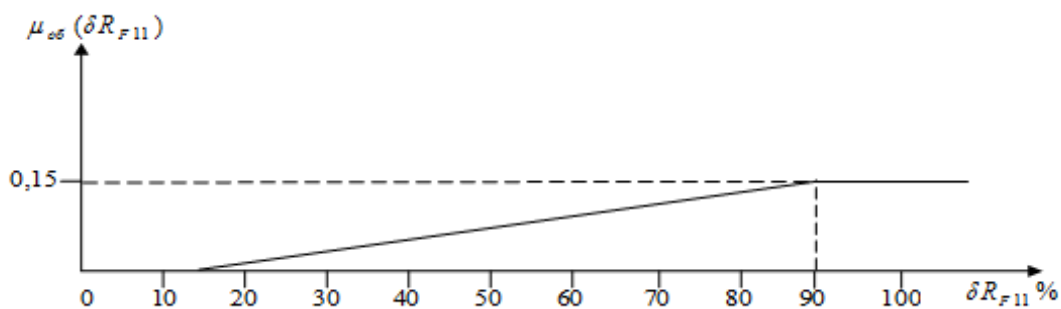


Рис. 4. Функция принадлежности к классу  $\omega_{об}$  по величине энергетического разбаланса точки  $F11$

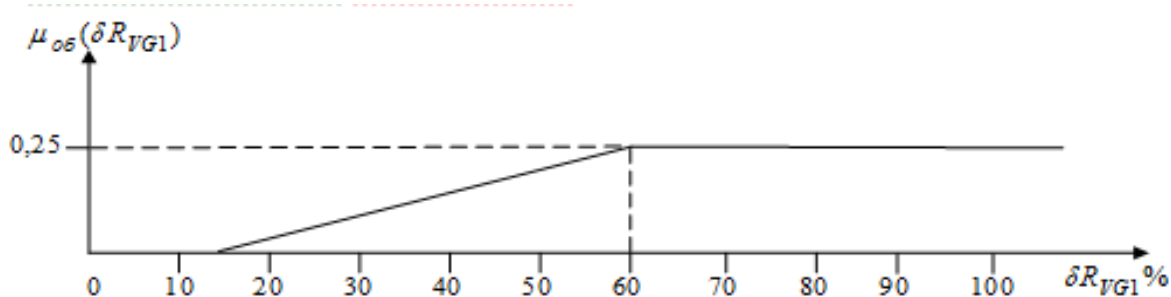


Рис. 5. Функция принадлежности к классу  $\omega_{об}$  по величине энергетического разбаланса точки  $VG1$

Результаты экспертного оценивания и математического моделирования показывают, что агрегация функций принадлежности, приведенных на рисунках 1 – 5, с помощью правила (1) при максимальных значениях  $\mu_{об}(\delta R_i)$  обеспечивает прогностическую уверенность на уровне 0,76. Для

наиболее часто встречающихся значений  $\delta R_j$  уверенность в прогнозе обострения стремится к значению 0,71 ( $U_{об}^B \rightarrow 0,71$ ).

Аналитически графики, приведенные на рисунках 1 – 5, описываются следующими выражениями:

$$\mu_{\omega_{об}}(\delta R_{P7}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \delta R_{P7} < 15\%; \\ 0,0067 \delta R_{P7} - 0,1, & \text{если } 15\% \leq \delta R_{P7} < 60\%; \\ 0,3, & \text{если } \delta R_{P7}, \text{ если } \delta R_{P7} \geq 60\%, \end{cases}$$

$$\mu_{\omega_{об}}(\delta R_{VC7}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \delta R_{VC7} < 15\%; \\ 0,0078 \delta R_{VC7} - 0,117, & \text{если } 15\% \leq \delta R_{VC7} < 60\%; \\ 0,35, & \text{если } \delta R_{VC7}, \text{ если } \delta R_{VC7} \geq 60\%, \end{cases}$$

$$\mu_{\omega_{об}}(\delta R_{VC1}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \delta R_{VC1} < 15\%; \\ 0,003\delta R_{VC1} - 0,0046, & \text{если } 15\% \leq \delta R_{VC1} < 80\%; \\ 0,2, & \text{если } \delta R_{VC1}, \text{ если } \delta R_{VC1} \geq 80\%, \end{cases}$$

$$\mu_{\omega_{об}}(\delta R_{F11}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \delta R_{F11} < 15\%; \\ 0,002\delta R_{F11} - 0,03, & \text{если } 15\% \leq \delta R_{F11} < 90\%; \\ 0,15, & \text{если } \delta R_{F11}, \text{ если } \delta R_{F11} \geq 90\%, \end{cases}$$

$$\mu_{\omega_{об}}(\delta R_{VG1}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \delta R_{VG1} < 15\%; \\ 0,0056\delta R_{VG1} - 0,08, & \text{если } 15\% \leq \delta R_{VG1} < 60\%; \\ 0,25, & \text{если } \delta R_{VG1}, \text{ если } \delta R_{VG1} \geq 60\%. \end{cases}$$

Функции принадлежности класса  $\omega_{об}$  по уровням ПЭНи утомления описываются выражениями вида

$$\mu_{об}(U_{ПЭН}) = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{ПЭН} < 0,3; \\ 0,48(U_{ПЭН} - 0,55)^2 / 0,25, & \text{если } 0,3 \leq U_{ПЭН} < 0,55; \\ 0,24 - 0,48(U_{ПЭН} - 0,8)^2 / 0,25, & \text{если } 0,55 \leq U_{ПЭН} < 0,8; \\ 0,24, & \text{если } U_{ПЭН} \geq 0,8; \end{cases}$$

$$\mu_{об}(U_{XY}) = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{xy} < 0,3; \\ 0,54U_{xy} - 0,16, & \text{если } 0,3 \leq U_{xy} < 0,85; \\ 0,3, & \text{если } U_{xy} \geq 0,85. \end{cases}$$

При синтезе частных решающих правил по данным опроса и осмотра эксперты, учитывая малый вклад от каждой составляющей  $b_j$ , а также то, что каждый из этих признаков добавляет уверенность в прогнозе почти в

одинаковых дозах, приняли решение сформировать по ним общий показатель  $Y$  для соответствующей функции принадлежности в виде суммы типа

$$Y = \sum_{j=1}^6 b_j,$$

где  $b_j = \begin{cases} 0 - \text{при отсутствии признака,} \\ 1 - \text{при наличии признака.} \end{cases}$

График соответствующей функции принадлежности приведен на рисунке 6.

Аналитически этот график описывается выражением вида

$$\mu_{\omega_{об}}(Y) = 0,04 Y.$$

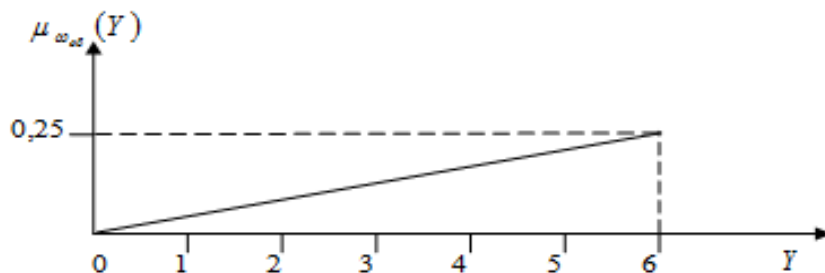


Рис. 6. Функция принадлежности к классу  $\omega_{об}$  с базовой переменной по обобщенной шкале результатов опроса пациентов

Для наиболее часто встречающихся значений, используемых в (2), признаков и с учетом защитных механизмов организма (формула 3) величина  $KVF_{об} \rightarrow 0,85$ , что является хорошим прогностическим результатом.

### Результаты клинических испытаний

Полученные нечеткие решающие правила формировались на основе субъективных представлений экспертов о решаемом классе задач. Для объективизации полученных результатов проводились статистические испытания комбинированных нечетких решающих правил на репрезентативных контрольных выборках.

В качестве контрольной группы были отобраны относительно здоровые студенты Юго-Западного государственного университета с низким уровнем риска появления заболеваний кожи и пациенты салона аппаратной косметологии, страдающие другими видами кожных заболеваний.

В таком варианте в выражении (2) производится замена составляющих  $KU_{об}^*(3), \dots, KU_{об}^*(9)$  на  $\mu_{\omega_{об}}(Y)$ .

Результаты математического моделирования и экспертного оценивания показали, что при максимальных значениях функций принадлежности  $KU_{об}^{\max} = 0,85$ .

Для измерения электрического сопротивления БАТ использовался прибор типа «РЕФЛЕКС-01» и специализированный аппаратно-программный комплекс кафедры биомедицинской инженерии ЮЗГУ. Для проведения разведочного анализа использовался пакет прикладных программ, разработанный на кафедре биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета, и стандартный пакет «Статистика-6».

Качество классификации определяется по таким показателям, как чувствительность (ДЧ), специфичность (ДС), прогностическая значимость ( $PЗ^+$  и  $PЗ^-$ ) и диагностическая эффективность (ДЭ).

Для оценки качества работы прогностических решающих правил начиная с 2005 года проводились наблюдения за больными генитальным герпесом в Курском областном кожно-венерологическом диспансере с фиксацией факта обострения заболеваний. Фиксировались случаи забо-

левания через день после измерений, через два дня и т.д. вплоть до двух недель.

Люди, не переходящие в стадию обострения, относились к классу  $\omega_0$ . Люди, переходящие в класс обострений, относились к классу  $\omega_{об}$ . Получалось по две таблицы контрольных выборок за каждый интервал наблюдений, для которых по каждому интервалу наблюдений строили гисто-

граммы распределения классов  $\omega_0$  и  $\omega_{об}$  по шкалам  $KU_{об}$  и  $KUF_{об}$ .

По всем полученным гистограммам был определен порог «срабатывания» (дефазификации) решающих правил определения  $KU_{об}$ ,  $KUF_{об} - KU_{об}^{\Pi}$  и  $KUF_{об}^{\Pi}$  исходя из минимума общей ошибки классификации. Относительно выбранных порогов рассчитывались ошибки классификации для всех времен наблюдения.

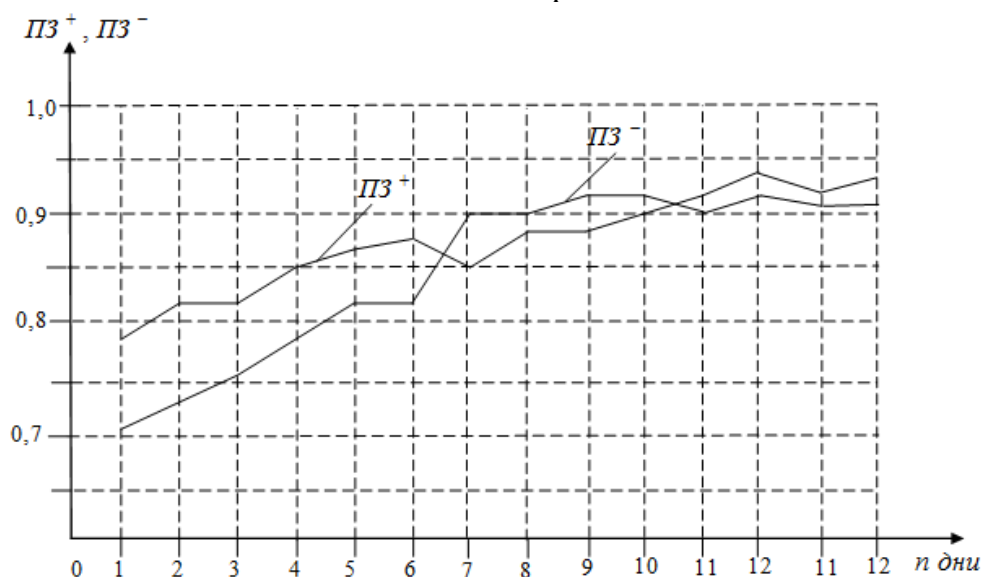


Рис. 7. Графики изменения показателей  $ПЗ^+$  и  $ПЗ^-$  для шкалы  $KU_{об}$  в зависимости от времени наблюдения

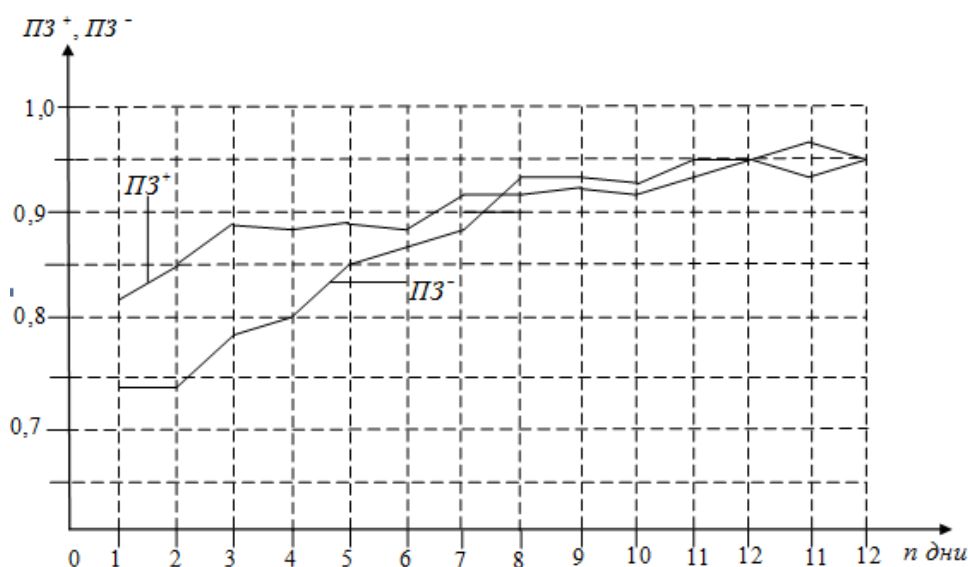


Рис. 8. График изменения показателей  $ПЗ^+$  и  $ПЗ^-$  для шкалы  $KUF_{об}^{\Pi}$  в зависимости от времени наблюдения

На рисунках 7 и 8 приведены графики изменения показателей качества классификации  $PЗ^+$  и  $PЗ^-$  в зависимости от количества дней  $n$ , прошедших после процедуры изменений и расчета показателей  $KY_{об}$  и  $KYF_{об}$ .

Анализ этих и других графиков (для ДС, ДЧ и ДЭ) позволяет сделать вывод, что при учете защитных механизмов качество классификации увеличивается в среднем на 5%.

Тенденция изменения показателей качества такова, что на седьмой – десятый день после начала наблюдений качество классификации стабилизируется и в дальнейшем существенно не изменяется. Это и послужило основой для выбора экспертами времени рационально прогноза  $T_0 = 8$  дней, причем реальное качество классификации несколько выше, чем дают эксперты, что позволяет рекомендовать полученные решающие правила к использованию в медицинской практике.

### Список литературы

1. Использование интерактивных методов классификации для решения задач медицинского прогнозирования / С. Абас Башир, В.Н. Шевякин, К.В. Разумова, С.Н. Корневская // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1. – С. 33-37.

2. Конева Л.В., Корневская С.Н., Дегтярев С.В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания человека // Системный анализ. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 993-1000.

3. Корневский Н.А., Руцкой Р.В., Долженков С.Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоро-

вья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12. – № 4. – С. 905-909.

4. Корневский, 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.

5. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Корневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 1-3.

6. Корневский 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.

7. Корневский Н.А., Буняев В.В. Методы поиска информативных проекционных зон и синтеза нечетких решающих правил для рефлексодиагностики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2004. – Т. 3. – № 2. – С. 175-178.

8. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касасбех Р.Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 528 с.

9. Синтез прогностических и диагностических нечетких решающих правил по электрическим характеристикам проекционных зон для медико-экологических приложений /

Н.А. Корневский, В.А. Буняев, В.В. Буняев, Р.А. Крупчатников // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия Технические науки. – 2009. – № 4. – С. 39-46.

10. Корневский Н.А., Гадалов В.Н., Снопков В.Н. Математические модели рефлекторных систем организма человека и их использование для прогнозирования и диагностики заболеваний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 515-521.

11. Использование акупунктурных точек как биоиндикаторов экологической нагрузки на организм человека для прогнозирования и диагностики заболеваний / Н.А. Корневский, Л.В. Стародубцева, И.И. Хрипина, А.Г. Устинов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 2. – С. 312-317.

12. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А. Информационно-интеллектуальные системы для врачей-рефлексотерапевтов: монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 424 с.

13. Комплексная оценка уровня психоэмоционального напряжения / Н.А. Корневский, О.И. Филатова, М.И. Лукашов, Р.А. Крупчатников // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 4-9.

14. Определение уровня длительного физического утомления как фактора риска рецидивов хронических заболеваний / Н.А. Корневский, М.И. Лукашов, А.В. Еремин, О.И. Филатова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 10-15.

15. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний че-

ловека. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 200 с.

16. Использование информационных технологий для прогнозирования и диагностики инфекционных заболеваний (на примере генитального герпеса) / М.И. Лукашов, Н.А. Корневский, В.И. Серебровский, С.Д. Дегтярев, А.А. Маслак; Курск. гос. сельскохозяй. акад. – Курск, 2011. – 123 с.

17. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений врачей-специалистов, обучаемых в интерактивном режиме / В.Н. Снопков, В.Н. Гадалов, В.И. Серебровский, Е.Н. Коровин // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 6. – С. 55-59.

18. Оценка состояния здоровья человека с помощью нечетких гетерогенных правил / В.С. Титов, А.Г. Устинов, И.А. Ключиков, В.Н. Шевякин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 1-1. – С. 41-55.

19. Korenevskiy N.A. Prediction and prenosological diagnostics of gastrointestinal tract diseases based on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic / Riad Al Kasasbeh, Florin Ionescu, Machdi Shamesserb// International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology. – Sanya, China (March 25-27), 2011. – P. 307-312.

20. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support system / N.A. Korenevskiy, S.A. Gorbatenko, R.A. Krupchatnikov, M.I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2009. – Vol. 43. – N 4. – P. 187-190.

Получено 25.08.14

**M. I. Lukashov**, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)  
(tel.: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**A.G. Ustinov**, Professor, Russian National Research University of N. I. Pirogov, the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation (Moscow)  
(tel.: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**I.I. Khripina**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)  
(tel.: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**S.V. Soloshenko**, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)  
(tel.: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

### **SYNTHESIS OF DECISION RULES OF DISEASES AGGRAVATION ON EXAMPLE OF GENITAL HERPES**

*In current article problems about decision rules synthesis is discussing in the field of genital herpes aggravation using soft computation technology. As it will be shown hybrid rules of fuzzy prognosis are perspective in the noted field. The article summarizes results of experimental confirmation of decision rules quality.*

**Key words:** forecasting, fuzzy logic, genital herpes, exacerbation of diseases, quality of classification.

УДК 615.47

**А.А. Бурмака**, канд. мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**К.В. Разумова**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)  
(e-mail: myelectronworld@mail.ru)

### **АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ СТАТИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ РЕЗУЛЬТАТОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ И РЕНТГЕНОВСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕДИЦИНЕ**

*Предложено использование нелинейных графоаналитических моделей для алгоритмов преобразования аналоговой информации статичных изображений текущего состояния органов человека, в частности предстательной железы, в соответствующий цифровой код. Проведен анализ приемов преобразования и обоснованы подходы, оптимизирующие процесс формирования цифровых данных, удовлетворяющих требованиям точности, сжатия и простоты кодирования информации, ее удобства при дальнейшей обработке.*

**Ключевые слова:** спираль Ферми, предстательная железа, ультразвуковое исследование, аппаратная рентгенография, функция развертки.

\*\*\*

### **Введение**

Успехи, достигнутые в медицинской практике в части диагностики и прогнозирования развития заболеваний внутренних органов человека, в настоящее время во многом связаны с повышением достоверности анализа результатов обследования пациентов путем использования приемов ультразвукового исследования (УЗИ), трансуретрального ультразвукового иссле-

дования (ТРУЗИ) и рентгенографии [1, 2] с компьютерной визуализацией состояния контролируемых органов. Одними из распространенных заболеваний среди мужской части населения планеты являются болезни предстательной железы различной этиологии. Опыт, накопленный медициной в этой области исследований (диагностика, лечение, прогнозирование изменения текущего состояния), может быть эффективно использован при обработке



и анализе информации, полученной в результате УЗИ и аппаратной рентгенографии, сопряженных со средствами компьютерной визуализации. Оцифровка этой информации в автоматическом режиме, ее сжатие и выделение информативных признаков для реализации последующих процедур распознаваний и идентификации заболеваний, а также контроль успешности лечения и прогнозирования развития процесса являются важным моментом этапа первичного преобразования входной визуальной информации.

### Постановка задачи

Процедурам первичной обработки статичных изображений препятствует их аналого-цифровое преобразование и формирование массива выборок (кадров) с таким расчетом, чтобы форма этих процедур и результат их применения были удобными для последующих этапов обработки, в особенности при выделении информативных признаков и формировании их рабочего словаря.

Известны методы цифрового представления изображений [3, 4, 5, 6,

7], использующие различные приемы формирования выборок, в частности:

1. Замена изображения (кадра) гистограммой, т.е. исходное статичное изображение  $J$  с размером  $m \times n$  заменяется вектором  $\vec{x}(m+n) = (\overline{H}_x, \overline{H}_y)$ , который образуется путем суммирования интенсивности всех пикселей по вертикали и горизонтали таким образом [3], что

$$\overline{H}_x(J_j) = \sum_{j=1}^n J_{i,j}, j = \overline{1, m}, \quad (1)$$

$$\overline{H}_y(J_i) = \sum_{i=1}^m J_{i,j}, j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

При четких контурах визуализированного органа такое представление возможно, если в качестве признаков вычисляются определенные параметры гистограмм, например выборочные средние  $\hat{H}_x(j)$  и  $\hat{H}_y(i)$ ; здесь недостатком является небольшая размерность рабочего словаря признаков количественной природы.

2. Преобразование изображения в виде Фурье-спектра, амплитудный спектр которого инвариантен относительно сдвигов кадра, т.е.

$$\Phi(\omega_1, \omega_2) = \frac{1}{mn} \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} I(x, y) \exp \left\{ 2\pi i \left( \frac{\omega_1 x}{m} + \frac{\omega_2 y}{n} \right) \right\}, \quad (3)$$

$$\omega_1 = \overline{0, n-1}; \omega_2 = \overline{0, m-1}.$$

Здесь недостатком является необходимость расширения объема выборок за счет высших частотных составляющих, характеризующих четкость наружных контуров контролируемого объекта, а также в связи с необходимостью учета мнимых (фазовых) составляющих.

3. Полярно-логарифмическое преобразование, описываемое аналитической моделью как

$$I(x, y) \rightarrow I(\rho, \varphi), \quad (4)$$

где  $\rho = \log_b r$ ;

$$\varphi = \arctg \left( \frac{y - y_0}{x - x_0} \right);$$

при этом

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}. \quad (5)$$

Здесь основание логарифма выбирается согласно условию [3]

$$b = e^{\frac{1}{r_{\max}} \ln r_{\max}}, \quad (6)$$

Причем  $r_{\max}$  – максимальное значение радиуса  $r$  (рис. 1);

$r, \varphi$  – соответственно полярные координаты сегментированного участка переднего края изображения, т.е.

$$x = r \cdot \cos \varphi + x_0;$$

$$y = r \cdot \sin \varphi + y_0; \quad (7)$$

$$r = b^{\rho};$$

где  $x_0$  и  $y_0$  – соответственно координаты центра анализируемого фрагмента изображения.

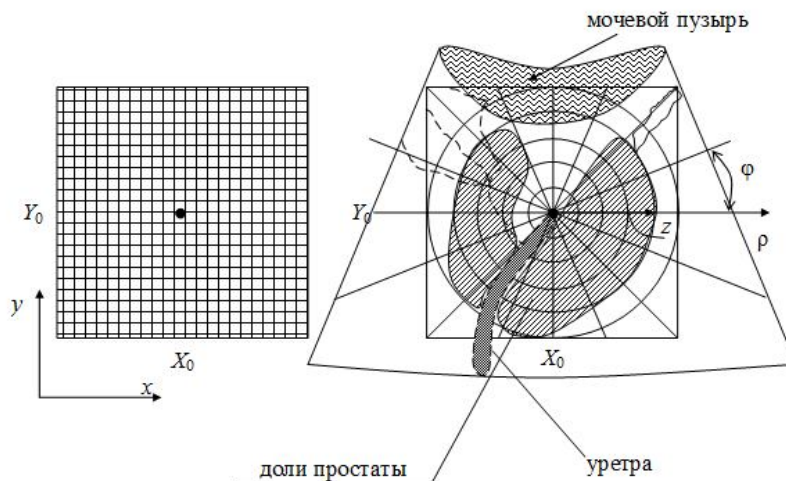


Рис. 1. Наложение сетки полярных координат на УЗИ-изображение предстательной железы

Недостаток – необходимость в дополнительной процедуре сопряжения концентрических окружностей полярной сетки [6].

Анализ основных приемов преобразования изображений визуализированных объектов позволяет утверждать, что наиболее рациональным с точки зрения удобства, простоты и точности представления изображения в цифровом виде (шаг концентрации окружностей в принципе может быть выбран сколь угодно малым при учете уровня собственных «шумов» исходного изображения) может быть использование аналитической модели полярно-логарифмического преобразования при условии решения задачи сопряжения фрагментов цифрового представления изображения в виде вложений концентрических окружностей как прогностических областей

пикселей визуализации анализируемого объекта.

### Решение задачи

Анализ полярной сетки, накладываемой в полярных координатах на фрагмент изображения, позволяет получить определенное множество распределений яркости вдоль кольца, сформированного двумя соседствующими окружностями, что можно трактовать как яркостную реализацию некоторой функции в полярных аргументах.

Для устранения недостатка в сопряжении колец (окружностей) может быть осуществлена модификация этого принципа путем замены концентрических колец (набора окружностей) циклоидой (спиралью) Архимеда, представленной в полярных координатах как

$$r = a\varphi, \quad (8)$$

где  $a$  – некоторая положительная величина, определяющая крутизну и близость витков спирали.

При этом возрастание угла  $\varphi$  обуславливает возрастание радиуса  $r$  в арифметической прогрессии с разностью  $a\pi/2$ , и всякой точке этой линии (8) с положительными координатами  $(r, \varphi)$  соответствует точка  $(-r, -\varphi)$ , т.е. спираль, наложенная на передний план изображения (или его фрагмент), симметрично располагается через полюс перпендикулярно к полярной оси, что позволяет легко совмещать его с анализируемым информативным фрагментом сцены [7, 8].

Достоинством этой модели является то, что «кольца» преобразуются в «непрерывную» реализацию видоизмененного изображения, т.е. решается задача сопряжения оцифрованных окружностей, поскольку анализируемый объект представляется единственной строкой, например, двоичного кода. Для расширения рабочего словаря с целью более точного описания анализируемого объекта в данном случае может быть достаточно просто использовано Фурье-преобразование для выделения признаков амплитудно-частотного характера (на основе спектрального разложения оцифрованной функции).

Если выражение (8) представить как

$$r = a \cdot e^{k\varphi}, \quad (9)$$

то получим аналитическую модель логарифмической спирали, особенность которой в том, что при возрастании  $\varphi$  в арифметической прогрессии с разностью, например,  $\pi/2$  полярный ради-

ус  $r$  возрастает в геометрической прогрессии со знаменателем  $e^{\frac{k\pi}{2}}$ .

Такое полярное преобразование легко согласуется с выражением для прямого и обратного преобразования Фурье, что в дальнейшем упрощает как саму системную модель распознавания и идентификации текущей ситуации, так и соответствующие рабочие алгоритмы.

Более простая реализация функции развертки, вместе с тем обеспечивающая высокую точность представления переднего плана изображения, может быть осуществлена посредством аналитической модели логарифмической спирали в соответствии с выражением

$$\frac{e}{a} = \frac{\varphi}{2\pi}, \quad (10)$$

где  $a$  – шаг спирали, определяющий точность развертки.

На рисунке 2 представлена графическая модель логарифмической спиральной развертки, где  $k$  – смещение  $a/2\pi$  точки  $M$  на прямой  $UV$  при ее повороте на угол  $\varphi$  в один радиан.

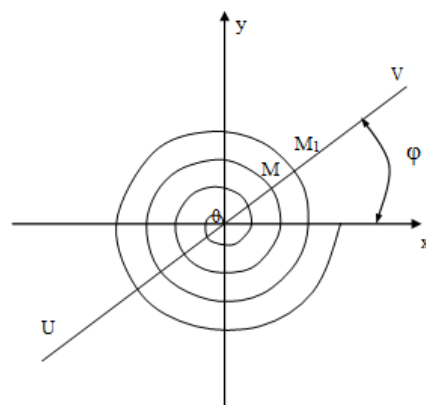


Рис. 2. Графическая модель логарифмической спиральной развертки

Еще более высокое разрешение можно получить, используя аналитическую модель развертки в виде спи-

рали Ферми (рис. 3), для которой справедливо выражение

$$\rho = a\sqrt{\varphi}. \quad (11)$$

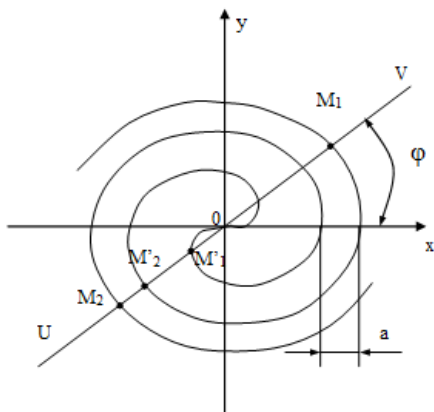


Рис. 3. Графическая модель развертки изображения с помощью спирали Ферми

Развертка осуществляется двумя вложенными спиралями, т.е. смещение  $\Delta\varphi$  с шагом «а» для логарифмической спирали удваивается по «а» для спирали Ферми. Здесь сопряжение обеих спиралей осуществляется аналитически (в окрестности точки «0», рис. 3), поэтому алгоритмического усложнения не происходит. Оцифрованные результаты с использованием нелинейных разверток можно в дальнейшем обрабатывать по принципу статической обработки гистограмм полученной функции с помощью Фурье-преобразования с последующим анализом амплитудного спектра.

### Заключение

Анализ существующих моделей предобработки статичных изображений с целью формирования информационных выборок переднего плана позволил обосновать рациональный выбор функции развертки в виде логарифмической спирали.

Функция логарифмической спирали может быть модифицирована с целью увеличения разрешения и упрощения алгоритма реализации

процедуры развертывания и оцифровки. В качестве аналитической модели, удовлетворяющей этим требованиям, предложена двухзаходная модель спирали Ферми.

Безразрывное развертывание фрагментов переднего плана позволяет расширить объем рабочего словаря признаков с использованием статистического оценивания параметров выборочного массива и анализа его амплитудного спектра Фурье-преобразования.

### Список литературы

1. Назаренко Г.И., Хитрова А.Н. Ультразвуковая диагностика предстательной железы в современной практике. – М.: Издательский дом «Видар», 2012. – 288 с.
2. Болезни предстательной железы/под ред. чл.-кор. РАМН Ю.Г. Аляева. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2009. – 240 с.
3. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Цифровая обработка видеоизображений. – М.: Изд-во «Ай-Эс-Эс Пресс», 2004. – 518 с.
4. Цикин И.А. Дискретно-аналоговая обработка сигналов. – М.: Радио и связь, 1983.
5. Автоматический анализ сложных изображений / под ред. Э.М. Бравермана. – М.: Мир, 1969. – 309 с.
6. Автоматизированный поиск фрагментов патологических изменений по изображениям УЗИ и ТРУЗИ предстательной железы / А.А. Бурмака, Т.Н. Говорухина, К.В. Разумова, С.П. Серегин // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: доклады 11-й Междунар. науч. конф. – Владимир, 2014. – Кн. 2. – С. 117-121.
7. Вероятностные нейронные сети с макрослоями в системах поддержки принятия решений по дифференциальной диагностике сердечно-

сосудистых заболеваний / А.А. Бурмака, И.И. Волков, В.А. Иванов, В.И. Серебровский // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 18-20.

8. Прогнозирование, ранняя и дифференциальная диагностика профессиональных заболеваний водителей транспортных средств с использовани-

ем нечетких моделей / Г.В. Чурсин, Н.А. Корневский, А.А. Бурмака, Р.А. Крупчатников // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – № 2. – С. 54-63.

Получено 25.08.14

**A.A. Burmaka**, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**K.V. Razumova**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: myelectronworld@mail.ru)

#### **ANALYTICAL MODELS OF DIGITAL CONVERSION OF STATIC IMAGES FOR ULTRASOUND AND X-RAY RESEARCH IN MEDICINE**

*Using nonlinear graph-analytical models proposed to use in algorithms converting analog information of static images. These images are the current state of humans, in particular, prostate, converted into an appropriate digital code. The authors conducted an analysis and transformation techniques based approaches which optimize the formation of digital data. These data meet the accuracy requirements, ease of compression and coding of the information and convenience for further processing.*

**Key words:** Fermat's spiral, prostate, ultrasound, X-ray hardware, function scan.

УДК 615

**М.И. Лукашов**, канд. мед. наук, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ГЕНИТАЛЬНОМ ГЕРПЕСЕ**

*В работе рассматриваются вопросы выбора рациональной терапии генитального герпеса в зависимости от различных вариантов клинического течения этого заболевания. При этом различные схемы лечения назначаются в зависимости от следующих разновидностей течения: больные, у которых герпес клинически не обнаруживается, больные с обнаруженными следами герпеса; больные с обнаруженным герпесом; больные с клинически наблюдаемым герпесом. Показывается, что при такой классификации вариантов течения достигается оптимальный лечебный эффект.*

**Ключевые слова:** генитальный герпес, клиническое течение, терапия, эффективность, лабораторные показатели.

\*\*\*

Генитальный герпес относится к таким типам заболеваний, в которых элиминации вируса герпеса достичь невозможно, поэтому в тактике ведения пациентов необходимо выделить следующие задачи:

- купирование клинических симптомов инфекции (зуд, жжение, боль, лихорадка);
- сокращение срока эпителизации;
- уменьшение частоты и тяжести рецидивов;

– предупреждение развития осложнений.

Таким образом, стратегия лечения определяется рядом факторов:

- 1) частотой рецидивов;
- 2) тяжестью клинических симптомов;
- 3) состоянием иммунной системы;
- 4) психосоциальным статусом;
- 5) экономическими аспектами терапии.

Существует множество классификаций генитального герпеса, построенных на основе клинической картины и локализации патологического процесса, характера течения заболевания, тяжести процесса, типичности проявлений, а также классификаций, отражающих зависимость от продолжительности присутствия вируса в организме, длительность персистенции вируса герпеса, механизм заражения. В таком многообразии сложно выделить одну классификацию, используя которую возможно эффективно оценить проведенную терапию.

Учитывая накопленный опыт исследователей по проблеме генитального герпеса, а также мнение привлеченных экспертов, многообразие клинических проявлений генитального герпеса при поражении наружных и внутренних гениталий, органов мочевыделительной системы, анальной области, определенную сложность в проведении вирусологического обследования пациентов и анализ полученных результатов, мы предлагаем рабочую классификацию и клинковирусологическую характеристику встречаемых форм генитального герпеса, которые помогут исследователям и врачам на практике систематизировать клинические знания и анализировать эффективность проводимой терапии.

Такой тип классификации описан в работе [5] и имеет следующий вид:

- класс  $\omega_1$  – больные, у которых герпес клинически не обнаруживается;
- класс  $\omega_2$  – больные с обнаруженными следами герпеса;
- класс  $\omega_3$  – больные с обнаруженным герпесом;

– класс  $\omega_4$  – больные с клинически наблюдаемым герпесом.

Решающие правила, позволяющие осуществлять такую классификацию, построены с использованием нечеткой логики принятия решений, адаптированной под решение задач распознавания образов [1, 2, 3, 4]. Конкретные математические модели, решающие задачу разделения классов  $\omega_1, \dots, \omega_4$ , приведены в работе [5].

В зависимости от выделенных групп, учитывая мнение экспертов дерматовенерологов и клинических фармакологов, в процессе исследования назначалась дифференцированная терапия и оценивалась её эффективность по влиянию на лабораторные показатели, субъективные и объективные данные.

Основными препаратами в схемах терапии были выбраны валвир и панавир. Используя валвир дифференцированно, в разных клинических группах в составе комплексной терапии возможно достичь высокой эффективности лечения. Валвир представляет собой L-валиновый эфир ацикловира. Эфирная «надстройка» обеспечивает высокий уровень всасываемости перорально введенного препарата, повышая его биодоступность в 3,3–5,5 раза по сравнению с ацикловиром (15–30% и 50–70% соответственно, в зависимости от дозы).

Механизмы действия валвира и ацикловира отличаются уже на первом этапе: и в печени, и в кишечнике валацикловир (валвир) гидролизует под действием фермента валацикловир-гидралазы и освобождается от эфирной группы, полностью (около 99%) превращаясь в ацикловир, который далее включается в синтез дефектных вирусных частиц. Достоин-

ство валвира по сравнению с ацикловиром состоит в том, что его оральный прием создает концентрации ацикловира в сыворотке крови и других внутренних средах, эквивалентные тем, которые достигаются только при его внутривенном введении.

Также существенным преимуществом является пролонгированное время действия препарата валацикловира внутри инфицированной клетки (10 – 20 часов), которое не зависит от его концентрации в крови и позволяет сократить кратность приёма до двух раз в сутки (в отличие от ацикловира, который принимают 5 раз/сут.). Эффективность супрессивной терапии оценивают не менее чем по двум рецидивам. В случае ухудшения течения заболевания в дальнейшем может быть принято решение о продолжении супрессивной терапии.

Препаратов с противовирусным и иммуномодулирующим действием очень много, и большинство весьма эффективны. Тем не менее у некоторых из этих лекарств терапевтические возможности ограничены наличием лишь определенных лекарственных форм, в которых они выпускаются. Для терапии генитального герпеса с выраженными клиническими проявлениями использовался панавир, лишенный этого недостатка: он существует в форме раствора, геля, крема, спрея, ректальных и вагинальных свеч, что обеспечивает ему широкие возможности для использования при различных проявлениях генитального герпеса.

С целью рационализации лечебного процесса терапия была назначена в зависимости от выделенных пяти классов состояний предложенной нами рабочей классификации (табл. 1).

Таблица 1

Применение различных видов терапии для различных классов  
клинического течения генитального герпеса

| Группа                                                                             | Описание                                                       | Схема терапии                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\omega_1$ – больные, у которых герпес клинически не обнаруживается (124 человека) | Больные, у которых герпес клинически не обнаруживается (n=124) | Валвир 500 мг – 1 раз в день<br>5 дней<br>Аскорбиновая кислота 0,5 г – 2 раза в день 5 дней<br>Альфа-токоферол 0,4 г – 1 раз в день 5 дней                       |
| $\omega_2$ – больные с обнаруженными следами герпеса (135 человек)                 | Больные с обнаруженными следами герпеса (n=135)                | Валвир 1 г – 1 раз в день 5 дней<br>Аскорбиновая кислота 0,5 г – 2 раза в день 5 дней<br>Альфа-токоферол 0,4 г – 1 раз в день 5 дней                             |
| $\omega_3$ – больные с обнаруженным герпесом (116 человек)                         | Больные с обнаруженным герпесом (n=116)                        | Валвир 500 мг – 2 раза в день 5 дней<br>Панавир суппозитории<br>Аскорбиновая кислота 0,5 г – 2 раза в день 5 дней<br>Альфа-токоферол 0,4 г – 1 раз в день 5 дней |

Окончание табл. 1

| Группа                                                                   | Описание                                          | Схема терапии                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ω <sub>4</sub> – больные с клинически наблюдаемым герпесом (149 человек) | Больные с клинически наблюдаемым герпесом (n=149) | <p>Валвир 500 мг – 2 раза в день<br/>10 дней<br/>Панавир в/в – 3 инъекции через день<br/>Аскорбиновая кислота 0,5г – 2 раза в день 5 дней<br/>Альфа-токоферол 0,4 г – 1 раз в день 5 дней</p> <p><b>Симптоматическая терапия:</b><br/>промывание эрозированных участков физраствором, обезболивающие, при применении местных анестетиков следует учитывать возможность сенсibilизации</p> |

Для решения задачи определения эффективной терапии различных стадий генитального герпеса состояние пациентов было оценено на экспертном уровне с анализом лабораторных показателей, характеризующих различные проявления жизнедеятельности.

В процессе работы установлено, что наиболее информативными с точки зрения дифференциальной диагностики рассматриваемых групп (разделимости классов) являются показатели, характеризующие распространение чужих антигенов, отторжение чужеродных и собственных клеток, модифицированных антигенами, транспорта кислорода и углекислого газа, иммунологически активную фракцию белка сыворотки крови человека и темпы соответствующих иммунных реакций орга-

низма на развитие генитального герпеса, характеристики первичного иммунного ответа и защиты слизистой оболочки.

Изменения лабораторных показателей в процессе лечения, отражающие эффективность дифференцированной терапии, представлены в таблице 2.

В процессе лечения наблюдались выраженные изменения по большинству указанных лабораторных показателей. Причём наибольшие изменения наблюдались в группах с выраженными клиническими проявлениями.

Для анализа лабораторных показателей свод направлений изменений объединён в таблице 3.

Расчет частоты встречаемости местных клинических симптомов до и после лечения приведен в таблице 4.



Таблица 2

## Эффективность предложенной терапии по классам генитального герпеса

| Группа (класс)                                                                         | Характеристика                                     | Единица измерения | Интервал нормы | До лечения (p<0.05)                                     | После терапии (p<0.05)                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|----------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Т-хелперы/индукторы CD3+4+                         | %                 | 33-50          | 40±6,4<br>38,5±9<br>32±6,6<br>36±6<br>38,5±3            | 39,1±6,3<br>38,5±5<br>37,1±6,1<br>38,8±6,2<br>38,5±3     |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Т-хелперы/индукторы CD3+4+;                        | кл./мкл           | 560-850        | 953±161<br>867±94<br>722±162<br>797±69<br>1035±141      | 999±158<br>987±99<br>961±180<br>1010±110<br>1035±141     |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Незрелые Т-лимфоциты CD3+4+8+                      | %                 | 0-2            | 1±0,3<br>1,15±0,15<br>2,7±1,4<br>2±0,4<br>1,5±0,7       | 1,11±0,27<br>1,19±0,2<br>2,0±1,3<br>1,9±0,41<br>1,5±0,7  |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Подкласс цитолитических Т-лимфоцитов CD3+(16/56)+  | %                 | 2-15           | 17,8±5,1<br>20,3±4,8<br>30,4±12,2<br>21,5±4<br>14,6±3,3 | 15,8±4,9<br>18,0±3,5<br>21,0±9,2<br>16,6±4,5<br>14,6±3,3 |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Иммунорегуляторный коэффициент CD4+/CD8+           | индекс            | 1-2,5          | 1,9±0,3<br>2,2±0,7<br>1,3±0,2<br>1,7±0,2<br>1,7±0,3     | 1,8±0,3<br>2,0±0,6<br>1,6±0,3<br>1,9±0,2<br>1,7±0,3      |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | CD8+ Т-лимфоциты (экспрессирующие рецепторы к IL2  | кл./мкл           | 5-20           | 4,1±1,4<br>4,4±0,9<br>4,3±1,3<br>4,8±1<br>5,4±2         | 4,8±1,2<br>4,8±1,2<br>5,2 ±1,5<br>5,1±0,9<br>5,4±2       |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Фенопик НК-клеток CD3-16+56- (низкая);             | %                 | 5-25           | 28,5±5,1<br>28±5<br>30±7<br>33±4,5<br>26±5              | 26±5<br>28,8±5,1<br>29,1±3,5<br>29±5,5<br>26±5           |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Цитолитические CD8+ лимфоциты, содержащие перфорин | кл./мкл           | 41-122         | 60±13<br>68,7±16,6<br>90±32<br>57,9±17<br>120±54        | 125±15,5<br>121±10,4<br>119±31<br>100±21,1<br>120±54     |

Окончание табл. 2

| Группа (класс)                                                                         | Характеристика                         | Единица измерения | Интервал нормы | До лечения (p<0.05)                                | После терапии (p<0.05)                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|----------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Иммуноглобулин М                       | мг/%              | 50-200         | 200±40<br>225±60<br>270±87<br>234±33<br>253±52     | 255±44<br>229±20<br>271±81<br>248±28<br>253±52            |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Иммуноглобулин А                       | мг/%              | 40-250         | 232±37<br>202±15<br>207±28<br>250±86<br>193±24     | 199±19<br>200±24<br>198±18<br>204±55<br>193±24            |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Осаждение в 3% ПЭГ                     | у.е.              | 0-20           | 16±3<br>18±2,3<br>16,8±4,1<br>18,6±2,5<br>14,2±3,4 | 14,8±3,2<br>15,1±3,1<br>14,9±3,6<br>14,5±2,9<br>14,2±3,4  |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Лизис эритроцитов, покрытых антителами | ед.СН50           | 42-67          | 47±6<br>55,6±4,6<br>58±8<br>54,2±3<br>49,5±4,7     | 47,9±11,0<br>49,2±2,9<br>51,2±6,2<br>49,9±2,9<br>49,5±4,7 |
| ω <sub>1</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>2</sub><br>ω <sub>4</sub><br>ω <sub>5</sub> | Лизис интактных эритроцитов            | ед.СН50           | 14-32          | 26,5±3,3<br>30,9±3,8<br>34±5<br>29,2±3<br>28,1±4,6 | 28,3±2,5<br>29,1±5,2<br>28,9±7,4<br>28,8±8,6<br>28,1±4,6  |

Таблица 3

Изменение лабораторных показателей после терапии по группам

| Группа         | Показатели |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|----------------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
|                | X1         | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 |
| ω <sub>1</sub> | ↓          | ↑  | ↑  | ↓  | ↓  | ↑  | ↓  | ↑  | ↑  | ↓   | ↓   | ↑   | ↑   |
| ω <sub>2</sub> | -          | ↑  | ↑  | ↓  | ↓  | ↑  | ↑  | ↑  | ↑  | ↓   | ↓   | ↓   | ↓   |
| ω <sub>3</sub> | ↑          | ↑  | ↓  | ↓  | ↑  | ↑  | ↓  | ↑  | ↑  | ↓   | ↓   | ↓   | ↓   |
| ω <sub>4</sub> | ↑          | ↑  | ↓  | ↓  | ↑  | ↑  | ↓  | ↑  | ↑  | ↓   | ↓   | ↓   | ↓   |

Примечание. X1 – Т-хелперы/индукторы CD3+4+ (процент);

X2 – Т-хелперы/индукторы CD3+4;

X3 – Незрелые Т-лимфоциты CD3+4+8+;

X4 – Подкласс цитолитических Т-лимфоцитов CD3+(16/56)+;

X5 – Иммунорегуляторный коэффициент CD4+/CD8;

X6 – CD8+Т-лимфоциты (экспрессирующие рецепторы к IL2);

- X7 – Фенопик NK-клеток CD3-16+56-(низкая);  
 X8 – Цитолитические CD8+ лимфоциты, содержащие перфорин;  
 X9 – Иммуноглобулин M;  
 X10 – Иммуноглобулин A;  
 X11 – Осаждение в 3% ПЭГ;  
 X12 – Лизис эритроцитов, покрытых антителами;  
 X13 – Лизис интактных эритроцитов.

Таблица 4

Частота встречаемости местных клинических симптомов  
до и после лечения

| Группы                | Абсолютное и относительное число пациентов |       |        |       |         |       |      |       |           |       |        |       |
|-----------------------|--------------------------------------------|-------|--------|-------|---------|-------|------|-------|-----------|-------|--------|-------|
|                       | Везикулы                                   |       | Эрозии |       | Корочки |       | Отёк |       | Гиперемия |       | Жжение |       |
|                       | до                                         | после | до     | после | до      | после | до   | после | до        | после | до     | после |
| $\omega_1$<br>(n=124) | -                                          | -     | -      | -     | -       | -     | -    | -     | -         | -     | -      | -     |
| $\omega_2$<br>(n=135) | -                                          | -     | -      | -     | 13      | -     | 16   | 11    | -         | -     | -      | -     |
| $\omega_3$<br>(n=116) | -                                          | -     | -      | -     | 112     | 11    | 115  | 13    | 13        | -     | -      | -     |
| $\omega_4$<br>(n=149) | 146                                        | 5     | 149    | 14    | 112     | 36    | 149  | 12    | 149       | 14    | 141    | 2     |
| $\omega_5$<br>(n=50)  | -                                          | -     | -      | -     | -       | -     | -    | -     | -         | -     | -      | -     |

В процессе проведенной терапии установлено, что наиболее характерный признак вируса герпеса – появление отдельных или множественных везикул на фоне гиперемизированной, отечной слизистой оболочки пораженного участка – нивелировался в значительной степени. Стадия заболевания, проявляющаяся везикулами, была непродолжительна (2-3 дня), везикулы на фоне терапии быстро раскрывались, а на их основе образовывались эрозии с тенденцией к быстрой эпителизации и образованию корочек. Эрозии при этом не покрывались характерным желтоватым налетом, а заживали в течение 10 дней без образования рубцов. При этом язвочки не образовывались, что свидетельствовало об отсутствии вторичной инфек-

ции. Самые выраженные изменения наблюдались в группах  $\omega_3$  (больные с обнаруженным герпесом) и  $\omega_4$  (больные с клинически наблюдаемым герпесом), что связано с изначально более выраженными клиническими проявлениями болезни.

В этих группах субъективно до начала лечения в большинстве случаев высыпанию везикул и образованию эрозий сопутствовали жалобы на зуд, боль, жжение. Данные симптомы нивелировались уже в первые 2-3 дня дифференцированной терапии. Жалобы на тяжесть в нижних отделах живота, а также дизурические явления встречались у незначительного количества пациентов и в процессе терапии исчезали. Жалобы на недомогание, головную боль, раздражительность,

нарушение сна, субфебрилитет в большинстве случаев исчезали в течение 5-7 дней лечения, однако увеличение регионарных лимфатических узлов сохранялось до 10-14 дня терапии.

Субъективные проявления отражены в таблице 5.

Для оценки эффективности терапии на отдаленном промежутке времени была оценена частота рецидивов в клинических группах. Полученные данные отражены в таблице 6.

Таблица 5

Частота встречаемости общих клинических симптомов до и после лечения

| Группы                    | Абсолютное и относительное число пациентов |       |               |       |         |       |                              |       |            |       |                                         |       |
|---------------------------|--------------------------------------------|-------|---------------|-------|---------|-------|------------------------------|-------|------------|-------|-----------------------------------------|-------|
|                           | T>37° С                                    |       | Головная боль |       | Миалгии |       | Боли по ходу нервных стволов |       | Парестезии |       | Изменение настроения, раздражительность |       |
|                           | до                                         | после | до            | после | до      | после | до                           | после | до         | после | до                                      | после |
| ω <sub>1</sub><br>(n=124) | -                                          | -     | -             | -     | -       | -     | -                            | -     | -          | -     | -                                       | -     |
| ω <sub>2</sub><br>(n=135) | 12                                         | -     | 15            | -     | 13      | -     | -                            | -     | -          | -     | 16                                      | 13    |
| ω <sub>3</sub><br>(n=116) | 13                                         | -     | 16            | 11    | 13      | -     | -                            | -     | -          | -     | 15                                      | 12    |
| ω <sub>4</sub><br>(n=149) | 136                                        | -     | 131           | 15    | 140     | 18    | 11                           | -     | 128        | 14    | 149                                     | 112   |
| ω <sub>5</sub><br>(n=50)  | -                                          | -     | -             | -     | -       | -     | -                            | -     | -          | -     | -                                       | -     |

Таблица 6

Частота рецидивов

|                |               | Частота рецидивов<br>(число за 6 месяцев) | Длительность рецидивов<br>(число дней) | Тяжесть течения рецидивов (в баллах) |
|----------------|---------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| ω <sub>1</sub> | до лечения    | 5,6±1,2                                   | 7,2±2,2                                | 11,8±1,7                             |
|                | после лечения | 2,8±1,1                                   | 3,5±1,4                                | 9,3±2,1                              |
|                | изменения     | 2,8*                                      | 3,7*                                   | 2,5*                                 |
| ω <sub>2</sub> | до лечения    | 5,1±1,3                                   | 7,1±2,3                                | 11,6±1,4                             |
|                | после лечения | 2,1±0,9                                   | 3,2±0,9                                | 9,2±1,5                              |
|                | изменения     | 3*                                        | 3,9*                                   | 2,4*                                 |
| ω <sub>3</sub> | до лечения    | 5,9±1,6                                   | 7,9±1,9                                | 12,3±0,9                             |
|                | после лечения | 2,8±1,1                                   | 2,9±2,0                                | 8,9±1,7                              |
|                | изменения     | 3,1*                                      | 5*                                     | 3,4*                                 |
| ω <sub>4</sub> | до лечения    | 6,7±1,8                                   | 8,5±2,1                                | 10,9±1,5                             |
|                | после лечения | 2,9±1,6                                   | 4,1±0,5                                | 8,5±1,4                              |
|                | изменения     | 3,8                                       | 4,4*                                   | 2,4*                                 |

Примечание. \*-достоверные изменения (p<0,05).

Известно, что рецидивы генитального герпеса наблюдаются гораздо чаще, чем первичная форма инфекции. Последующие обострения могут протекать значительно спокойнее и реже сопровождаются общими явлениями. Однако увеличение частоты обострений – от 6 и более в год – имеет крайне негативное влияние на психологическое состояние человека. Клинические проявления рецидива генитального герпеса у большинства наблюдаемых пациентов были типичными, вирусное поражение кожи развивалось на стволе полового члена или лобке. После явлений предвестников, которые возникают примерно за сутки до высыпаний на коже, в виде различных субъективных ощущений (зуд, покалывание, онемение), образуется ограниченное по площади отечное пятно, на котором уже формировались сгруппированные пузырьки.

Снижение частоты рецидивов за 6 месяцев более выражено в группах  $\omega_3$  (больные с обнаруженным герпесом) и  $\omega_4$  (больные с клинически наблюдаемым герпесом), составившее 3,1 и 3,8 соответственно. При этом длительность рецидивов незначительно превышала длительность рецидивов в группах с более легким клиническим течением и составила во всех группах от 3-х до 4-х дней острого периода. При оценке тяжести течения изменения были аналогичными и составили соответственно в группах  $\omega_1$  – 2,5;  $\omega_2$  – 2,4;  $\omega_3$  – 3,4;  $\omega_4$  – 2,4.

Анализ полученных результатов показал, что диагностическая возможность отдельных лабораторных показателей и эффективность терапии в зависимости от рассматриваемых классов состояний не дают выраженной дифференциации. Возникает

необходимость в дополнительном алгоритме терапии согласно классификационной информации и (или) синтезу интегральных показателей, для чего необходимо создание математической модели выбора рациональной схемы лечения с учётом стадии заболевания.

### Список литературы

1. Корневский Н.А., Рущкой 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.
2. Корневский 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.
3. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Корневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 1-3.
4. Корневский 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.
5. Использование информационных технологий для прогнозирования и диагностики инфекционных заболеваний (на примере генитального герпеса): монография / М.И. Лукашов, Н.А. Корневский, В.И. Серебровский [и др.]; Курск. гос. сельхоз. акад. – Курск, 2011. – 123 с.

Получено 15.09.14

**M.I. Lukashov**, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

## **STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF STUDY OF THERAPEUTIC MEASURES AT GENITAL HERPES**

*This paper considers the issues of choice of optimal therapy of genital herpes depending on the various options of the clinical course of the disease. More over, different treatment regimens are assigned depending on the following types of trends: patients who have herpes clinically undetectable, patients with trace detection of herpes; patients with herpes detected; patients with clinically observable herpes. It is shown that under such a classification variants of the optimal therapeutic effect is achieved.*

**Key words:** genital herpes, clinical course, therapy, efficacy, laboratory parameters.

УДК 614.8:257.31(048+516.82)-274.11\

**Е.П. Афанасова**, канд. мед. наук, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА ОСТРОГО ЭНДОМЕТРИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Представлены математические модели и компьютерная система поддержки принятия решений для совершенствования диагностики больных острым эндометритом, позволяющая улучшить качество оказания медицинской помощи.*

**Ключевые слова:** математические модели, компьютерная система поддержки принятия решений, острый эндометрит.

\*\*\*

Перспективным направлением повышения эффективности диагностики различных заболеваний является применение математических методов и автоматизированных систем [1, 2, 3, 4, 5]. Анализ существующих математических моделей для прогнозирования и диагностики острого эндометрита показывает, что целесообразно использовать в рамках компьютерной системы модели по каждой компоненте как наиболее удобные с точки зрения реализации диалогового режима. Однако при выявлении и лечении больных острым эндометритом редко применяются дискриминантные функции и средства интеллектуальной поддержки, несмотря на то, что заболевание не имеет специфических клинических и лабораторных проявлений, затрудняющих диагностику этой патологии.

Для совершенствования диагностики и построения математических

моделей, способствующих выявлению пациентов с острым эндометритом по разнородным признакам, нами разработана компьютерная система поддержки принятия решений, структура которой приведена на рис. 1.

Компьютерная система имеет практическое значение в ежедневной деятельности врачебного персонала, осуществляющего лечебно-диагностический процесс больных эндометритом, так как предоставляет пользователю в соответствии со стандартами лечения конкретному пациенту необходимый для выполнения перечень диагностических и лечебных воздействий. Подсистема медико-экономических стандартов, реализующая данную информацию, сокращает время на составление плана обследования и лечения больных эндометритом с  $12,6 \pm 1,3$  минуты до  $2,7 \pm 0,8$  минуты. При этом одновременно повышается число больных, в отношении которых

будут в полном объеме проведены указанные в соответствующем плане терапевтические и диагностические мероприятия. Исключается возможность формирования неполноценных

планов обследования и лечения больных эндометритом, возрастает адекватность контроля их выполнения и качество оказываемых медицинских услуг.

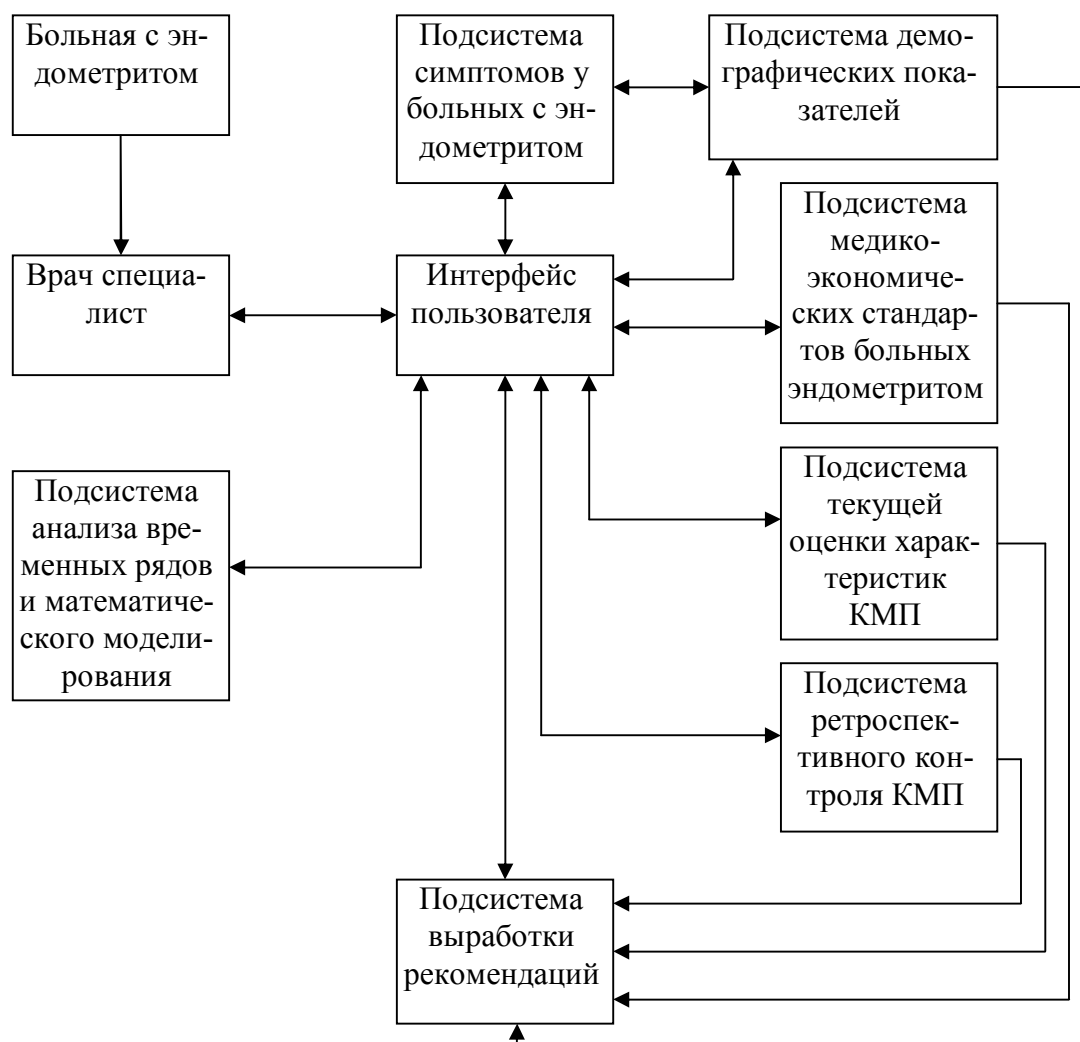


Рис. 1. Структурная схема системы поддержки принятия решений специалиста, осуществляющего ведение больных острым эндометритом

Наличие в компьютерной системе поддержки принятия решений специалиста, осуществляющего ведение пациентов с острым эндометритом, подсистемы математического моделирования позволяет получить математические модели для диагностики данной категории больных по ведущим признакам заболевания. Используя дискриминантный анализ и осуществляя последовательно математические процедуры,

компьютерной системой разработаны математические модели по субъективным симптомам и гематологическим параметрам.

При разработке математических моделей по субъективным симптомам использовали наличие болей внизу живота ( $x_1$ ), белей ( $x_2$ ) и дизурических расстройств ( $x_3$ ). При этом условно считаем, что пациенты с острым эндометритом (второй класс) и здоровые

женщины (первый класс) достоверно различаются по данным симптомам. В результате дискриминантного анализа получаем значения коэффициентов классификационных функций для каждого класса, обозначаемых соответственно G–2:1 и G–1:0.

Математическая модель с учетом коэффициентов классификационных функций для пациенток с острым воспалением придатков матки имеет вид

$$y_2 = 323,17x_1 + 284,76x_2 + 175,38x_3 - 5208,27,$$

а для первого класса

$$y_1 = 182,47x_1 + 157,13x_2 + 119,28x_3 - 54,78,$$

где  $x_1$ – $x_3$  – симптомы, указанные выше.

Согласно расстоянию Махаланобиса выявлено, что ошибочно классифицированных больных с искомой патологией, отнесенных к классу здо-

ровых, 10,3% и здоровых женщин, отнесенных в группу больных, 10,3%.

Построение математических моделей по результатам общего анализа крови осуществляется на основе включения количества палочкоядерных нейтрофилов ( $x_4$ ), лимфопении ( $x_5$ ) и СОЭ ( $x_6$ ).

Обработка дискриминантным методом указанных диагностически значимых гематологических показателей позволила получить следующие значения коэффициентов классификационных функций (табл. 1).

Поэтому математическая модель для больных острым эндометритом описывается выражением

$$y_4 = 28,131x_1 + 11,413x_2 + 6,659x_3 - 766,926,$$

а для здоровых женщин

$$y_3 = 38,125x_1 + 15,036x_2 + 4,886x_3 - 921,630.$$

Таблица 1

Коэффициенты классификационных функций гематологических показателей

| Классифицируемые параметры крови | Коэффициенты функций |          |
|----------------------------------|----------------------|----------|
|                                  | G 1:0                | G 2:1    |
| Палочкоядерные нейтрофилы, $x_4$ | 38,125               | 28,131   |
| Лимфопения, $x_5$                | 15,036               | 11,413   |
| СОЭ, $x_6$                       | 4,886                | 6,659    |
| Constant                         | -921,630             | -766,926 |

Установив расстояние Махаланобиса (табл.2), получили, что количество ошибочно классифицированных больных с данной патологией составляет 12,8%. Число здоровых женщин, ошибочно отнесенных к группе больных с острым эндометритом, равно 10,4%. Результаты контрольных испытаний показали приемлемое качество срабатывания созданных математических моделей и возможность эффективного применения в диагностическом процессе.

Программа медико-экономических стандартов больных эндометритом содержит перечень минимально необходимого объема диагностических, лечебных процедур и манипуляций, выполняемых в отношении пациентов, а также критерии результативности оказанных услуг после их завершения. Подсистема помогает формировать электронный план обследования и лечения больных эндометритом. Оперативно же влиять на лечеб-



но-диагностический процесс до его завершения врачу позволяет подсистема текущей оценки характеристик

качества специализированной медицинской помощи.

Таблица 2

Расстояние Махаланобиса между исследуемыми классами

| Код признака | Observed | G_1:0    | G_2:1    |
|--------------|----------|----------|----------|
| 1            | G_1:0    | 1,6292   | 173,3592 |
| 2            | G_1:0    | 2,6749   | 156,1994 |
| 3            | G_1:0    | 2,4072   | 136,3771 |
| 4            | G_1:0    | 1,4883   | 149,7165 |
| 5            | G_1:0    | 1,4804   | 140,9565 |
| 6            | G_1:0    | 2,2720   | 139,8927 |
| 7            | G_1:0    | 4,3319   | 105,2554 |
| 8            | G_1:0    | 5,0833   | 187,3576 |
| 9            | G_1:0    | 1,8234   | 173,8756 |
| 10           | G_1:0    | 0,3989   | 161,6001 |
| 11           | G_2:1    | 140,2035 | 2,1925   |
| 12           | G_2:1    | 107,0835 | 6,4564   |
| 13           | G_2:1    | 163,9475 | 2,6312   |
| 14           | G_2:1    | 179,3774 | 2,5086   |
| 15           | G_2:1    | 160,2224 | 2,3354   |
| 16           | G_2:1    | 191,3112 | 3,9931   |
| 17           | G_2:1    | 147,3032 | 3,9797   |
| 18           | G_2:1    | 140,5202 | 1,1256   |
| 19           | G_2:1    | 169,5769 | 2,9232   |
| 20           | G_2:1    | 131,8652 | 2,2648   |

Программное обеспечение подсистемы ретроспективного анализа включает электронный вариант карты экспертной оценки завершенных случаев лечения больных острым эндометритом. Функционирование подсистемы осуществляется в соответствии с разработанным нами алгоритмом текущей и ретроспективной оценки качества медицинской помощи при остром эндометрите (рис. 2) и предусматривает последовательное определение интегрального показателя, уровня диагностических мероприятий, заключительного диагноза, лечебных мероприятий, исходов заболевания, рекомендаций по дальнейшему лече-

нию и профилактике, качества оформления медицинской документации, экспертизы временной нетрудоспособности, соблюдения прав больной. Отдельно проводится также анализ и определение среднего балла видов деятельности, входящих в структуру диагностических и лечебных мероприятий.

На основании информации, поступающей из рассмотренных подсистем в подсистему выработки рекомендаций, формируются соответствующие заключения, которые оцениваются специалистом, и принимается лечебное или управленческое решение по рациональному ведению больных острым эндометритом.

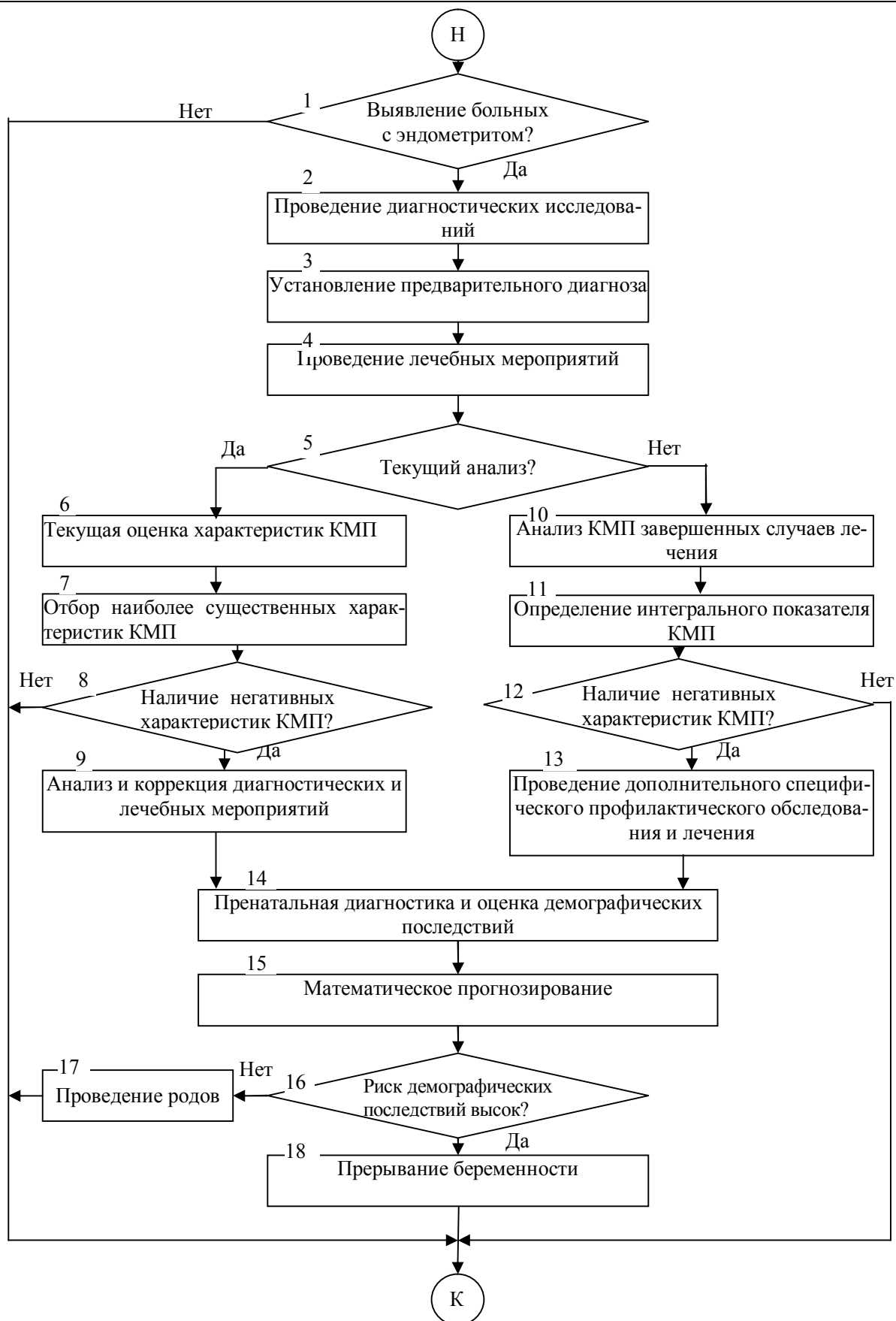


Рис. 2. Алгоритм текущей и ретроспективной оценки качества медицинской помощи больным с острым эндометритом

Проведенные на 128 больных острым эндометритом клинические испытания автоматизированной системы поддержки принятия решений врача, осуществляющего ведение больных острым эндометритом, показали ее результативность и приемлемое качество формируемых рекомендаций по принятию управленческих решений для сотрудников специализированной акушерско-гинекологической службы.

Автоматизированная система обеспечивает компьютерный суммарный и дифференцированный по отдельным составляющим анализ качества медицинской помощи больным острым эндометритом завершенных случаев лечения. В автоматическом режиме выделяются списки больных с низким интегральным показателем качества диагностики и лечения и виды деятельности, имеющие низкие величины и, следовательно, повлиявшие на ненадлежащее качество предоставленных медицинских услуг. В связи с этим достигается сокращение времени оценки уровня качества медицинской помощи. При традиционном расчете интегрального показателя и среднего балла по отдельным видам деятельности затрачивается  $6,8 \pm 0,8$  минуты, тогда как при компьютерном варианте –  $2,2 \pm 0,3$  минуты ( $P < 0,001$ ). В результате повысилось число случаев больных острым эндометритом, подвергнутых экспертной оценке, на 13,2%. За 2012-2013 гг. доля случаев госпитализации больных, не прошедших внутриведомственную экспертизу в сроки, предусмотренные нормативными документами, в течение 10 дней уменьшилась на 28,9%.

Таким образом, рассмотренная компьютерная система врача акушера-гинеколога обеспечивает приемлемое

качество формируемых рекомендаций, позволяющих рациональнее осуществлять диагностику больных острым эндометритом. Создаваемые компьютерной системой математические модели обеспечивают объективное выявление острого эндометрита по вводимым клиническим и лабораторным признакам. Эффективность функционирования компьютерной системы подтверждена клиническими испытаниями.

### Список литературы

1. Компьютерное прогнозирование потребления лекарственных средств и уровня заболеваемости / Н.М. Агарков, И.В. Будник, М.Ю. Маркелов [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2011. – № 4. – С. 71-75.
2. Автоматизированная система поддержки решений врача-дерматолога / Н.М. Агарков, А.В. Иванов, В.А. Иванов, А.П. Яковлев // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 71-74.
3. Прогнозирование тяжелого гестоза на основе компьютерных технологий / Н.М. Агарков, М.В. Фролов, В.Н. Снопков [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 5. – С. 26-30.
4. Иванов А.В., Артеян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 48-52.
5. Иванов В.А. Организация и ведение компьютерного банка данных по заболеваемости дерматозами у детей // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 1058-1061.

Получено 16.09.14

**E.P. Afanasova**, Candidate of Science, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

### **MATHEMATICAL MODELING AND DIAGNOSTICS OST-CERNED ENDOMETRITIS USING COMPUTER TECHNOLOGIES**

*Presents mathematical models and CNC system support prematurity for improving diagnosis of patients with acute endometritis, allowing to improve the quality of medical care.*

**Key words:** mathematical model, computer system of support of making decisions, acute endometritis.

УДК 615.47-114:616-07-08

**А.Н. Шуткин**, канд. физ.-мат. наук, заместитель начальника института по учебной работе, ФГБОУ ВПО «Воронежский институт государственной противопожарной службы МЧС России»  
(e-mail: anshutkin@mail.ru)

**В.В. Федянин**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Воронежский институт государственной противопожарной службы МЧС России»

**И.И. Хрипина**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)  
(тел.: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**С.Н. Корневская**, студентка, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ МЕРИДИАННЫХ СТРУКТУР ЧЕЛОВЕКА**

*В работе рассматриваются вопросы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений для задач прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики заболеваний в качестве основной информации, в которых используются энергетическое состояние меридианных структур организма, включая его биологически активные точки.*

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, диагностика, биологически активные точки.

Работами отечественных и зарубежных ученых было показано, что для целого ряда заболеваний повысить оперативность и точность прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики, а также сократить сроки лечения можно, используя информацию об энергетическом состоянии меридианных структур организма, которая может быть оценена по электрическим характеристикам биологически активных точек (БАТ).

Однако методической основой, используемой большинством практических врачей, остаются основные положения, разработанные древневосточными медиками, которые не учитывают фундаментальных знаний, накопленных современной медициной, что значительно снижает потен-

циальные возможности рассматриваемого класса методов и средств. Современные представления о механизмах взаимодействия внутренних органов с соответствующими БАТ (точками акупунктуры), составляющие основу теоретической рефлексологии, также далеки от своего окончательного решения.

С целью устранения существующих пробелов современной акупунктуры на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета (БМИ ЮЗГУ) было разработано несколько математических моделей взаимодействия внутренних органов с биологически активными точками меридианных структур: табличные модели; модели на основе теории графов; модели, по-

лучаемые методами теории автоматического управления, и генераторные многоуровневые модели [1, 3, 5].

Анализ предлагаемых моделей позволил уточнить круг заболеваний, для которых методы рефлексодиагностики и рефлексотерапии наиболее эффективны. Компьютерная реализация таких моделей обеспечивает успешное решение задач прогнозирования и ранней диагностики основных, сочетанных и сопутствующих заболеваний, когда их клинические проявления практически не наблюдаются и другими методами практически не обнаруживаются. При установленном диагнозе анализ меридианных моделей позволяет уточнить степень тяжести, прогноз обострения и возможный исход заболевания. На этапе рефлексотерапии анализ энергетического разбаланса меридианных моделей позволяет составлять рациональные схемы воздействия на биологически активные точки, исключая вредные побочные влияния на состояние различных органов и систем, находящихся в сложном иерархическом взаимодействии с точкой воздействия [1, 5].

Многочисленными исследованиями, проведенными на кафедре БМИ ЮЗГУ, было установлено, что прогностические и диагностические задачи, решаемые с привлечением информации об энергетическом состоянии акупунктурных точек, используют показатели, которые по отношению к решаемым задачам носят неполный и нечеткий характер. Структура классов, относительно которых принимается решение (особенно при прогнозировании и ранней диагностике), имеет нечеткие границы с зонами пересечения, переходящими из класса в класс. В этих условиях для построения базы знаний соответствующей

экспертной системы в качестве основного математического аппарата была выбрана нечеткая логика принятия решений в ее приложениях к теории распознавания образов [1, 2, 4].

Для синтеза адекватных прогностических и диагностических математических моделей, использующих информацию об энергетическом состоянии точек акупунктуры, разработана методология синтеза комбинированных правил нечеткого принятия решений [1], которая была применена при проектировании интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) врача-рефлексотерапевта, структурная схема которой приведена на рис. 1.

В этой системе информация о состоянии пациента, включая электрические характеристики БАТ, вводится в ПЭВМ через модуль сопряжения с биообъектом (МСБ) или ее клавиатуру. Ввод данных со стороны подсистемы съема информации (ПС) осуществляется через входные драйверы связи, а со стороны клавиатуры – через дружеский интерфейс пользователя, который позволяет общаться с ПЭВМ на языке, понятном пользователю.

Из информации о пациенте, снимаемой с ПС, клавиатуры и получаемой из базы данных ИСППР алгоритмом выделения информативных признаков и вычисления функций принадлежности, формируются числовые значения этих функций, которые поступают на блоки прогностических и диагностических решающих правил, рассчитывающих величины соответствующих коэффициентов уверенности. Синтез нечетких решающих правил осуществляется в соответствии с методами, описанными в работах [2, 4, 6, 7]. Эти данные используются алгоритмом управления процессами

прогнозирования, диагностики и коррекции состояния пациента (АУППДК) для принятия решений о прогностических и диагностических гипотезах, а также для выработки рекомендаций по профилактике и лечению, которые поступают в блок формирования профилактических и лечебных воздействий (БФПЛВ) и через выходные файлы и драйверы связи управляют аппаратурой воздействия на пациента.

Для повышения информативности ряда признаков, особенно при реше-

нии задач прогнозирования, ИСППР реализует ряд нагрузочных тестов через два блока нагрузочных тестов (БНТ<sub>1</sub> и БНТ<sub>2</sub>). Некоторые медицинские задачи в качестве дополнительных информационных признаков, повышающих качество прогнозирования и диагностики, используют результаты психологического тестирования [7], которые в предлагаемой ИСППР реализуются блоком психологического тестирования (БПТ).

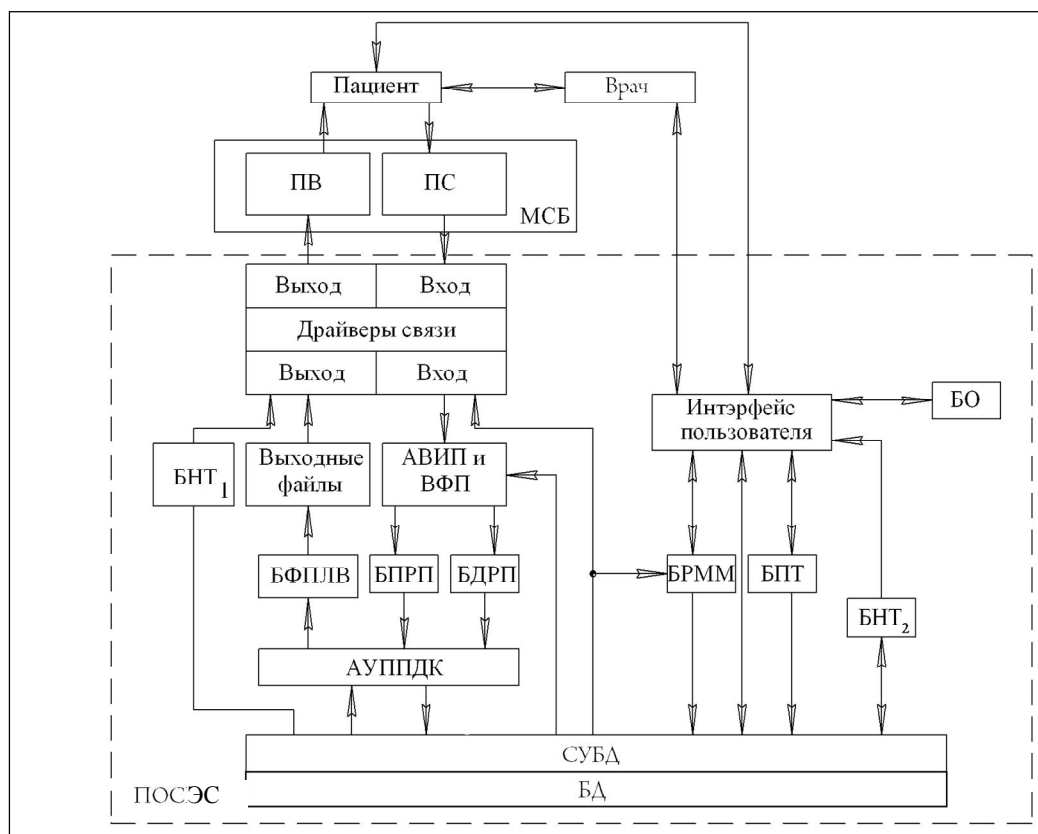


Рис. 1. Обобщенная структурная схема ИСППР врача-рефлексотерапевта:

МСБ – модуль сопряжения с биообъектом; ПВ – подсистема воздействия; ПС – подсистема съема информации об энергетических характеристиках ПЗ (БАТ); АВИП и ВФП – алгоритм выделения информативных признаков и вычисления функций принадлежности; БФПЛВ – блок формирования профилактических и лечебных воздействий; БДРП – блок диагностических решающих правил; БПРП – блок прогностических решающих правил; АУППДК – алгоритм управления процессами прогнозирования, диагностики и коррекции состояния пациента; БНТ<sub>1</sub> – блок нагрузочных тестов, воздействующих через ПВ; БНТ<sub>2</sub> – блок нагрузочных тестов, реализуемых через экран монитора ПЭВМ; БПТ – блок психологического тестирования; БРММ – блок раскраски меридианных моделей; БД – база данных; СУБД – система управления базой данных; БО – блок обучения; ПО ЭС – соответствующее программное обеспечение

В базе данных ИСППР хранится электронная медицинская карта пациента (ЭМК), в которой содержатся данные опросов, осмотров, инструментальных и лабораторных исследований, диагностические заключения и другая информация, сопровождающая обследуемого в ЛПУ.

Кроме этого в БД хранятся данные по нагрузочным и психологическим тестам, списки диагностически значимых и дополнительных точек, таблицы меридианных связей и другая информация, необходимая для реализации методов рефлексодиагностики, рефлексотерапии и комплексных схем профилактики и лечения, включая наборы необходимых графических меридианных моделей и т.д.

Для повышения эффективности использования меридианных моделей в ИСППР включен блок раскраски меридианных моделей (БРММ), с помощью которого организуется раскрашивание энергетического состояния БАТ и их меридианных связей в соответствии с алгоритмом, описанным в работе [1].

С помощью интерфейса пользователя врач реализует следующий набор функций:

- вводит в электронную карту пациента необходимые сведения и читает ее разделы;
- обращается ко всем справочникам базы данных;
- решает задачи психологического тестирования;
- выбирает рекомендации и стандартные опросники для проведения опросов, осмотров и других видов обследования;
- запрашивает систему о рациональных планах проведения профилактики и лечения, организуя меха-

низмы краткосрочного и длительного наблюдения за состоянием пациента;

- вводит и выводит списки и значения полученных информативных признаков;

- просматривает результаты работы решающих правил и получает рекомендации по мероприятиям, повышающим достоверность принимаемых решений;

- наблюдает энергетические состояния задействованных БАТ и их меридианных связей и т.д.

Управление работой ИСППР и её взаимодействием между врачом и пациентом осуществляется алгоритмом управления (АУППДК), состоящим из четырех основных блоков.

Первый блок решает задачи построения моделей взаимодействия внутренних структур организма с поверхностными проекционными зонами и синтеза соответствующих решающих правил.

Во втором блоке осуществляется вычисление значений функций принадлежности и расчет частных и финальных коэффициентов уверенности по выбранным классам заболеваний, в результате чего определяется риск возникновения и развития заболеваний, определяется их ранняя форма или стадия.

Третий блок формирует рекомендации по коррекции энергетического состояния меридианных и внемеридианных БАТ, «связанных» с исследуемыми классами заболеваний и с сопутствующей патологией.

Четвертый блок реализует работу по формированию графических меридианных моделей и по их «раскраске» в соответствии с энергетическим состоянием меридианов и их точек.

В структурной схеме системы поддержки принятия решений блоки прогностических и диагностических решающих правил и блок формирования профилактических лечебных воздействий представляют собой базу знаний. Характерной особенностью структуры базы знаний в предлагаемой ИСППР является то, что в нее могут быть включены различные типы правил нечеткого вывода, которые могут включаться в работу в различных последовательностях.

Как показали проведенные исследования, поэтапную технологию обработки многоуровневых, разнородных данных, ориентированную на клиническую логику принятия решений гибридными нечеткими решающими правилами, целесообразно поддерживать с использованием сетевой структуры базы знаний, при которой наборы решающих правил реализуются унифицированными решающими модулями, находящимися в узлах сетевой структуры. Объем задач, решаемых одним модулем, удобно связывать с технологическим этапом общего решения.

Качество работы решающих правил ИСППР, использующих данные об электрических характеристиках БАТ, во многом определяет система съема соответствующей информации.

Успехи современной электроники позволили разработать микросхемы аналоговых интерфейсов, решающих задачи многоканального сбора и предварительной обработки непрерывных сигналов. Например, фирма Analog-Devices разработала специализированную микросхему ADAS1000, обеспечивающую регистрацию электрокардиосигнала по пяти каналам непосредственно с электродов. Микросхе-

ма имеет развитую систему управления, позволяющую конфигурировать интерфейс в зависимости от медико-технических требований.

Входные сигналы могут конфигурироваться внутренним мультиплексором в различные сигналы отведений (одна микросхема может сформировать до 8-ми стандартных отведений). Каждый из каналов имеет собственные усилители, фильтры, аналогово-цифровые преобразователи. Предусмотрено дифференциальное подавление синфазных помех, а также дополнительные схемы подавления помех с помощью подачи сигналов на экраны и удаленный (нога) электрод пациента. Выходной сигнал – последовательный цифровой код стандарта SPI, что позволяет подключать микросхему к различным микроконтроллерам, работающим с тем же протоколом без дополнительного согласования.

Кроме перечисленных основных функций микросхема содержит дополнительный канал для контроля системы дыхания путем измерения биоимпеданса между электродами, расположенными на грудной клетке, а также ряд узлов, обеспечивающих контроль качества прикрепления электродов путем проведения измерений сопротивления кожа-электрод на постоянном и переменном токе. Наличие этих дополнительных схемотехнических решений позволяет использовать микросхему ADAS1000 для измерения электрического сопротивления биообъектов в нескольких режимах.

На рисунке 2 приведена структурная схема микросхемы ADAS1000, внутренние элементы которой скоммутированы для измерения сопротивления биообъектов.



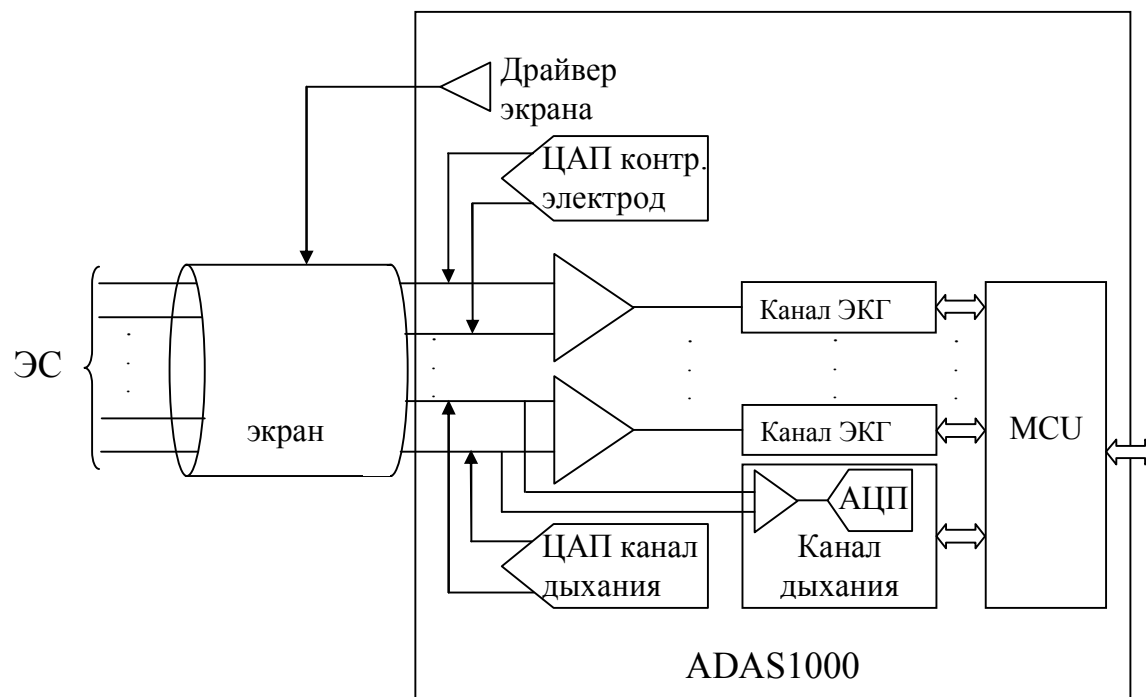


Рис. 2. Схема внутренней коммутации ADAS1000 для измерения сопротивления биообъектов

В этой схеме электродная система (ЭС) через экран подключается внутренним мультиплексором к входным дифференциальным усилителям и основным каналам ЭКГ со встроенным ЦАП, информация с которых через внутренний микроконтроллер MCU преобразуется в коды стандарта SPI.

Драйвер экрана обеспечивает уменьшение синфазных помех образующихся на экране проводов. Генератор постоянного и переменного тока (ГППТ) подключается через ЦАП контроля электродов к соответствующим электродам ЭС, между которыми через канал ЭКГ будет осуществляться контроль сопротивления на частоте работы ЦАП канала электродов. Аналогично ЦАП канала дыхания через «свою» пару электродов и канал дыхания зондирует «свой» участок сопротивления биообъекта.

На выходе MCU формируется код стандарта SPI, который передается ПЭВМ, решающими, например, задачи рефлексодиагностики по электрическому сопротивлению БАТ.

#### Список литературы

1. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений для врачей-рефлексотерапевтов: монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 424 с.
2. Корневский 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.
3. Корневский Н.А., Буняев В.А., Крупчатников Р.А. Синтез прогностических и диагностических нечетких решающих правил по электрическим характеристикам проекционных зон для медико-экологических приложений // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2009. – № 4. – С. 39-46.
4. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диа-

гностики / Н.А. Корневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 1-3.

5. Корневский Н.А., Гадалов В.Н., Снопков В.Н. Математические модели рефлекторных систем организма человека и их использование для прогнозирования и диагностики заболеваний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 515-521.

6. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касасбех Р.Т. Теорети-

ческие основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей: монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 528 с.

7. Корневский 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.

Получено 24.09.14

**A.N. Shutkin**, Candidate of Sciences, Voronezh Institute of the State Fire Service (e-mail: anshutkin@mail.ru)

**V.V. Fedyanin**, Doctor of Sciences, Professor, Voronezh Institute of the State Fire Service

**I.I. Khripina**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712)58-70-98, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**S.N. Korenevskaya**, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

#### **INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM ASSESSMENT MERIDIAN STRUCTURE OF THE HUMAN**

*The paper deals with the construction of intelligent decision support systems for forecasting problems, early and differential diagnosis of diseases. The main one is the energy state of meridian structures of the body, including the biologically active points.*

**Key words:** intelligent system, diagnostics, acupressure points.

---

УДК 614.8:341.82(071)+418:254.13

**И.В. Чеканов**, канд. мед. наук, доцент, Курский государственный медицинский университет (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

**И.В. Коломиец**, канд. мед. наук, директор, Курский филиал «РОСНО-МС» (Курск) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

**Н.М. Агарков**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**К.Ф. Макконен**, д-р мед. наук, профессор, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (e-mail: b.og@mail.ru)

**С.Н. Гонтарев**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

#### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МНОГОМЕРНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

*Представлена компьютерная система по управлению нейрохирургическим отделением многопрофильной больницы на основе анализа и обработки информации многомерными математическими методами, позволяющая принимать решения с учетом прогнозных оценок.*

**Ключевые слова:** многомерные математические методы, компьютерная система заведующего нейрохирургическим отделением.

Компьютерные системы поддержки принятия решений успешно реализуются при диагностике различных заболеваний. В частности, известны автоматизированные системы для диагностики atopического нейродермита [4, 13, 15], сальпингофорита [2, 6, 7], гипертонической болезни [14], стоматологической патологии [9], тяжелого гестоза [7]. При этом важной составляющей обеспечения компьютерных систем считаются многомерные математические методы. Последние не только обеспечивают обработку данных в компьютерных системах, но и применяются для диагностики нейродермита у подростков [1], острого сальпингофорита [3, 10, 11, 22], мочекаменной болезни [16, 17], хирургической патологии [8, 18, 19], злокачественных новообразований [12, 20], энцефалопатии у детей [21]. Однако в нейрохирургической практике компьютерные системы, сочетающие в качестве математического обеспечения многомерные математические методы (кластерный анализ, метод главных компонент), используются редко.

Нейрохирургическое отделение Курской областной клинической больницы состоит из 60 специализированных коек. В связи с этим заведующий отделением является освобожденным от выполнения текущей лечебно-профилактической работы и основную часть рабочего времени уделяет осуществлению организационно-методической, консультативной помощи и выработке адекватных управленческих решений как ежедневного, так и долгосрочного характера.

В нейрохирургическом отделении нами разработана структура компьютерной системы поддержки

принятия решений заведующего нейрохирургическим отделением, основанная на обработке входной информации посредством методов системного анализа с использованием компьютерных технологий.

Функциональной задачей данной компьютерной системы является разработка технологии выбора информативных параметров нагрузки персонала и управленческих решений по улучшению кадрового обеспечения нейрохирургического отделения. Указанная функциональная задача реализуется через функциональные подсистемы (рис. 1) компьютерной системы поддержки принятия решений заведующего нейрохирургическим отделением.

Предложенная компьютерная система состоит из:

- подсистемы нагрузки персонала, влияющей на показатели деятельности нейрохирургического отделения;
- подсистемы показателей деятельности специализированного отделения;
- подсистемы контингента прошедших больных;
- подсистемы математического моделирования.

Подсистема нагрузки персонала обеспечивает расчёт и регистрацию предложенных нами одноимённых признаков, отражающих индивидуальную нагрузку персонала отделения. В автоматическом режиме данная подсистема выполняет вычисление и мониторинг следующих параметров:

- количество операций на одну койку;
- количество операций на одного врача;
- количество операций на одну ставку;

– количество операций на одно физическое лицо;  
– количество пролеченных больных на одного врача;

– количество пролеченных больных на одну ставку;  
– количество пролеченных больных на одно физическое лицо.

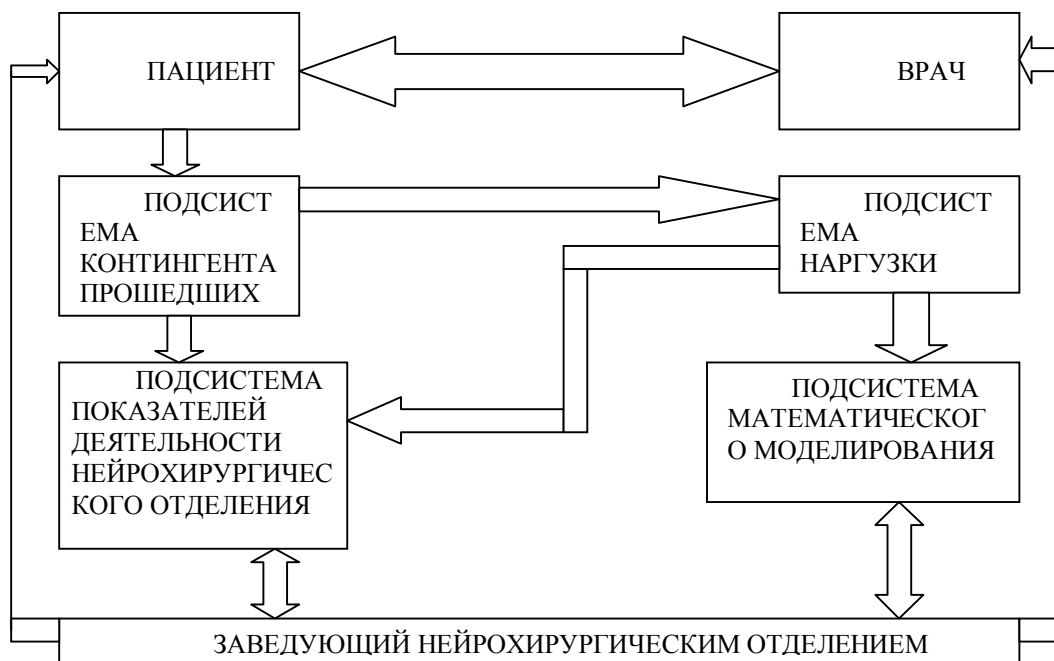


Рис. 1. Структура компьютерной системы поддержки принятия решений заведующего нейрохирургическим отделением Курской областной клинической больницы

Для обработки информации, накапливаемой в базе данных, используются различные методы системного анализа подсистемы математического моделирования. Проведение корреляционного анализа между входящей информацией подсистемы нагрузки персонала и подсистемы показателей деятельности свидетельствует о том, что в подсистеме нагрузки персонала наибольшее влияние на показатели деятельности оказывает количество операций, приходящихся на одного врача (табл. 1). Так, между количеством операций на одного врача и общей летальностью, послеоперационной летальностью, средней длительностью пребывания установлена сильная обратная связь. Между количеством операций на одного врача и оборотом койки, числом

выписанных больных с улучшением выявлена сильная прямая связь. С другими показателями деятельности нейрохирургического отделения, за исключением числа выписанных больных без перемен, имеется средняя обратная связь. Сильная обратная и прямая корреляционная связь установлена между количеством операций на одну ставку и большинством показателей деятельности. С фактором «количество операций на одно физическое лицо» выявлено несколько меньшее число связей. Между количеством операций на одну койку и всеми показателями деятельности связь оказалась слабой. Поэтому можно утверждать, что наибольшей прогностической значимостью в подсистеме нагрузки персонала обладает количество операций на одного врача.

С данным признаком на дендрограмме связаны наибольшее число показателей деятельности и отмечен наиболее высокий уровень объединения через соответствующие кластеры общей летальности, числа выписанных с улучшением, средней длительности пребывания, оборота койки, послеоперационной летальности, числа койко-дней после операции (рис. 2).

Метод главных компонент показывает, что увеличение числа операций на одного врача сопровождается снижением общей, послеоперационной летальности, средней длительно-

сти пребывания, числа койко-дней после операции, повышением оборота койки, числа выписанных больных с улучшением. Такова структура первой главной компоненты, влияющей на 60% (табл. 2).

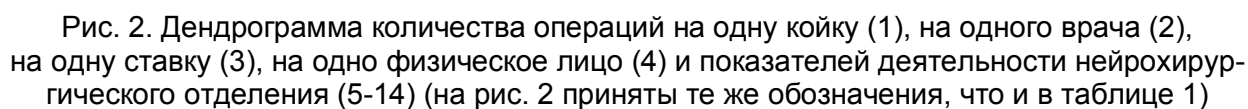
На вторую и третью компоненту приходится 17,6% и 14,4%. Структура второй компоненты показывает, что снижение количества операций на одного врача вызовет увеличение числа больных, выписанных с выздоровлением и без перемен. Следовательно, необходимо уменьшить число операций на одного врача.

Таблица 1

Значения коэффициентов корреляции между количеством операций на одну койку, на одного врача, на одну ставку, на одно физическое лицо и показателями деятельности в 1997-2001 гг.

| Признаки | 1      | 2      | 3      | 4      |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| 1        | 1,000  |        |        |        |
| 2        | 0,069  | 1,000  |        |        |
| 3        | 0,111  | 0,685  | 1,000  |        |
| 4        | 0,401  | 0,937  | 0,657  | 1,000  |
| 5        | 0,279  | -0,837 | -0,853 | -0,658 |
| 6        | 0,294  | -0,888 | -0,770 | -0,723 |
| 7        | -0,176 | -0,918 | -0,858 | -0,876 |
| 8        | 0,293  | 0,872  | 0,918  | 0,884  |
| 9        | 0,269  | -0,499 | -0,134 | -0,300 |
| 10       | -0,045 | -0,957 | -0,849 | -0,897 |
| 11       | -0,052 | -0,503 | -0,032 | -0,511 |
| 12       | -0,136 | 0,927  | 0,835  | 0,789  |
| 13       | -0,271 | -0,079 | 0,042  | -0,248 |
| 14       | 0,300  | -0,554 | 0,193  | -0,417 |

*Примечание.* В таблице 1 рассмотрены следующие признаки: 1 – количество операций на одну койку; 2 – количество операций на одного врача; 3 – количество операций на одну ставку; 4 – количество операций на одно физическое лицо; 5 – общая летальность; 6 – послеоперационная летальность; 7 – средняя длительность пребывания; 8 – оборот койки; 9 – среднегодовая занятость койки; 10 – койко-день после операции; 11 – число больных, выписанных с выздоровлением; 12 – число больных, выписанных с улучшением; 13 – число больных, выписанных без перемен; 14 – число больных, выписанных с ухудшением.



Компонентный анализ количества операций на одну койку, на одного врача, на одну ставку, на одно физическое лицо и показателей деятельности в нейрохирургическом отделении в 1997-2001 гг.

| Факторы | ГК1   |      | ГК2    |      | ГК3    |      |
|---------|-------|------|--------|------|--------|------|
|         | R     | %    | R      | %    | R      | %    |
| 1       | 0,003 | 0,0  | -0,204 | -4,1 | 0,505  | 25,5 |
| 2       | 0,335 | 11,3 | -0,077 | -0,6 | -0,079 | -0,6 |
| 3       | 0,285 | 8,1  | 0,085  | 0,7  | 0,325  | 10,5 |

Окончание табл. 2

| Факторы   | ГК1    |       | ГК2    |       | ГК3    |      |
|-----------|--------|-------|--------|-------|--------|------|
|           | R      | %     | R      | %     | R      | %    |
| 4         | 0,306  | 9,4   | -0,190 | -3,6  | 0,094  | 0,9  |
| 5         | -0,321 | -10,3 | -0,152 | -2,3  | 0,042  | 0,2  |
| 6         | -0,323 | -10,4 | 0,025  | од    | 0,131  | 1,7  |
| 7         | -0,332 | -11,0 | -0,097 | -0,9  | -0,130 | -1,7 |
| 8         | 0,321  | 10,3  | 0,025  | од    | 0,251  | 6,3  |
| 9         | -0,162 | -2,6  | -0,401 | -16,1 | 0,323  | 10,4 |
| 10        | -0,341 | -11,6 | 0,076  | 0,6   | -0,042 | -0,2 |
| 11        | -0,130 | -1,7  | 0,531  | 28,2  | 0,281  | 7,9  |
| 12        | 0,339  | 11,5  | 0,094  | 0,9   | -0,037 | -од  |
| 13        | 0,001  | 0,0   | 0,625  | 39,0  | -0,061 | -0,4 |
| 14        | -0,133 | -1,8  | 0,167  | 2,8   | 0,579  | 33,5 |
| Дисперсия | 2,898  |       | 1,571  |       | 1,420  |      |
| %         | 60,0   |       | 17,6   |       | 14,4   |      |

*Примечание.* В таблице 2 приняты те же обозначения, что и в таблице 1.

Компьютерная обработка влияния других параметров подсистемы нагрузки персонала на подсистему показателей деятельности показала, что максимальное число сильных связей показателей деятельности нейрохирургического отделения имеется с количеством пролеченных больных на одного врача (табл. 3).

Значительное, но менее существенное влияние, по сравнению с количеством пролеченных больных на одного врача, оказывает такой фактор, как количество пролеченных больных на одно физическое лицо. Влияние количества пролеченных больных на одну ставку также ниже.

При кластерном анализе (рис. 3) выявлено, что большинство результативных признаков (6, 7, 4, 12, 5, 10) подсистемы показателей деятельности

объединены с фактором «количество пролеченных больных на одного врача» в 6-й кластер при высоком уровне интеграции 0,881. Уровень объединения этих же показателей с количеством пролеченных больных на одно физическое лицо составляет 0,848, а с количеством пролеченных больных на одну ставку – 0,700. Все это наряду с результатами корреляционного анализа указывает, что количество пролеченных больных на одного врача является наиболее информативным параметром нагрузки персонала.

Показатели деятельности, входящие в состав 6-го кластера (6,7,4,12,5,10) и тесно связанные с количеством пролеченных больных на одного врача, формируют структуру первой главной компоненты (табл. 4).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между количеством пролеченных больных на одного врача, на одну ставку, на одно физическое лицо и параметрами подсистемы показателей деятельности нейрохирургического отделения в 1997-2001 гг.

| Признаки | 1      | 2      | 3      |
|----------|--------|--------|--------|
| 1        | 1,000  |        |        |
| 2        | 0,889  | 1,000  |        |
| 3        | 0,825  | 0,680  | 1,000  |
| 4        | -0,892 | -0,650 | -0,713 |
| 5        | -0,824 | -0,583 | -0,811 |
| 6        | -0,909 | -0,635 | -0,798 |
| 7        | 0,957  | 0,779  | 0,892  |
| 8        | -0,231 | 0,216  | -0,133 |
| 9        | -0,767 | -0,599 | -0,608 |
| 10       | -0,909 | -0,680 | -0,935 |
| 11       | -0,111 | -0,040 | -0,589 |
| 12       | 0,893  | 0,604  | 0,812  |
| 13       | 0,032  | -0,182 | -0,319 |
| 14       | 0,066  | 0,428  | -0,312 |

*Примечание.* В таблице 3 приняты следующие обозначения: 1 – число пролеченных больных на одного врача; 2 – число пролеченных больных на одну ставку; 3 – число пролеченных больных на одно физическое лицо; 4-8,10-14 – что и в таблице 1; 18, 9 – число проведенных койко-дней до операции.

Таблица 4

Компонентный анализ количества пролеченных больных на одного врача, на одну ставку, на одно физическое лицо и показателей деятельности нейрохирургического отделения

| Факторы | ГК1    |       | ГК2    |      | ГК3    |      |
|---------|--------|-------|--------|------|--------|------|
|         | R      | %     | R      | %    | R      | %    |
| 1       | 0,325  | 10,6  | -0,059 | -0,3 | 0,189  | 3,6  |
| 2       | 0,247  | 6,1   | -0,007 | -0,0 | 0,459  | 21,1 |
| 3       | 0,305  | 9,3   | 0,230  | 5,3  | 0,074  | 0,5  |
| 4       | -0,318 | -10,1 | 0,049  | 0,2  | 0,074  | 0,6  |
| 5       | -0,312 | -9,7  | -0,135 | -1,8 | 0,118  | 1,4  |
| 6       | -0,329 | -10,8 | 0,137  | 1,9  | 0,044  | 0,2  |
| 7       | 0,330  | 10,9  | -0,047 | -0,2 | 0,106  | 1,1  |
| 8       | -0,145 | -2,1  | 0,292  | 8,5  | 0,521  | 27,1 |
| 9       | -0,254 | -6,5  | 0,285  | 8,1  | -0,122 | -1,5 |
| 10      | -0,336 | -11,3 | -0,105 | -1,1 | 0,031  | од   |



Окончание табл. 4

| Факторы   | ГК1    |      | ГК2    |       | ГК3    |      |
|-----------|--------|------|--------|-------|--------|------|
|           | R      | %    | R      |       | R      | %    |
| 11        | -0,094 | -0,9 | -0,572 | -32,8 | 0,142  | 2,0  |
| 12        | 0,333  | 11,1 | -0,017 | -0,0  | -0,121 | -1,5 |
| 13        | 0,010  | 0,0  | -0,566 | -32,0 | -0,238 | -5,7 |
| 14        | -0,080 | -0,6 | -0,277 | -7,7  | 0,580  | 33,7 |
| Дисперсия | 2,928  |      | 1,637  |       | 1,470  |      |
| %         | 61,2   |      | 19,1   |       | 15,4   |      |

Примечание. В таблице 4 приняты те же обозначения, что и на рис. 3.

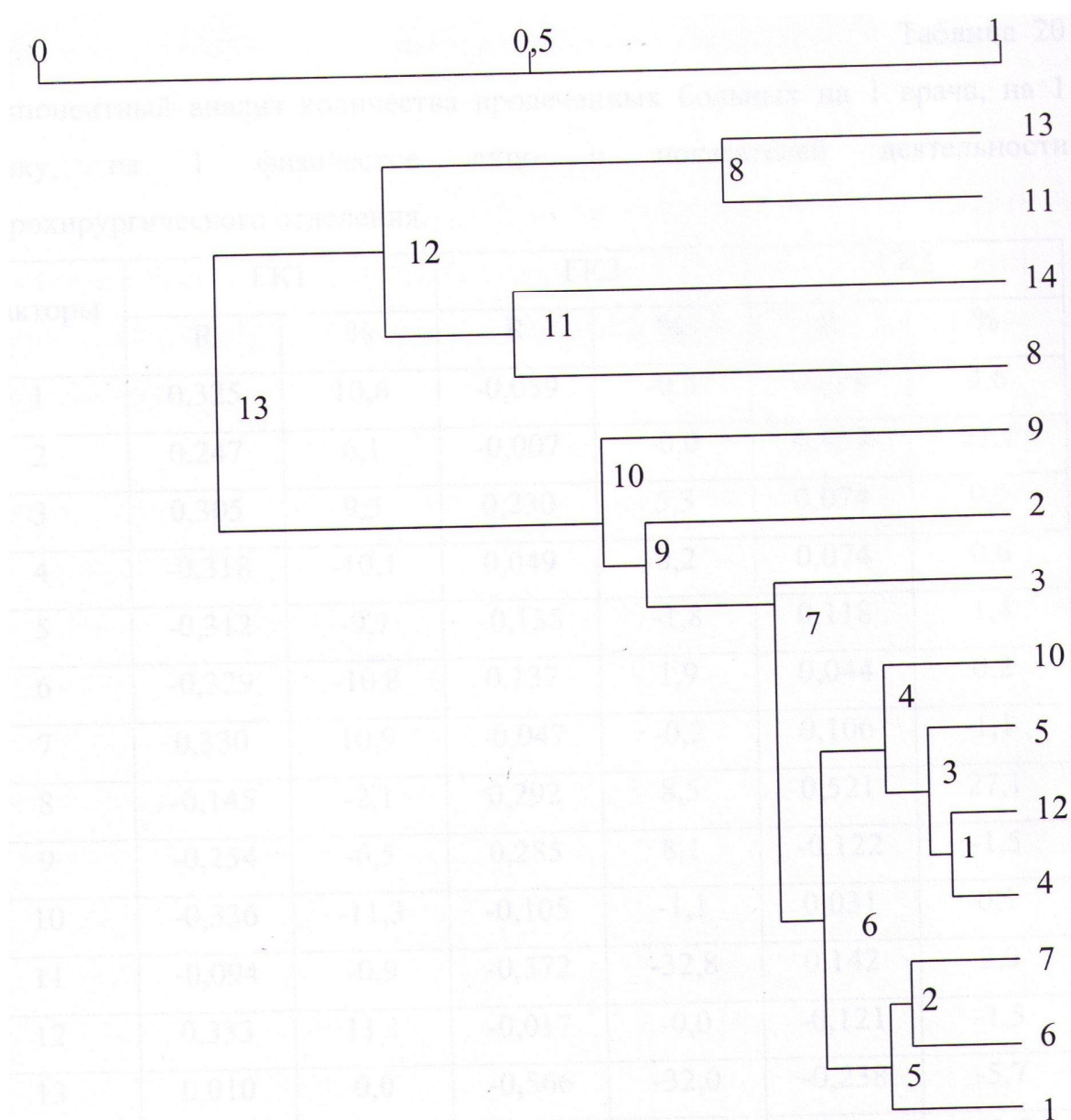


Рис. 3. Дендрограмма количества пролеченных больных на одного врача (1), на одну ставку (2), на одно физическое лицо (3); 4-8, 10-14, что и в таблице 3, число проведенных койко-дней до операции (9)

Согласно данным таблицы 4, увеличение количества пролеченных больных на одного врача сопровождается снижением общей, послеоперационной летальности, средней длительности пребывания, количества койко-дней после операции и увеличением оборота койки, числа выписанных больных с улучшением. Вторая компонента свидетельствует, что при этом происходит уменьшение числа выписанных больных с ухудшением и без перемен. А третья компонента показывает, что при повышении количества пролеченных на одного врача увеличивается число выписанных больных с ухудшением. Следовательно, структура первой главной компоненты указывает на положительное влияние увеличения количества прошедших больных на одного врача на многие показатели деятельности, а вторая и третья компоненты – на негативные тенденции показателей деятельности нейрохирургического отделения.

Таким образом, реализация компьютерной системы поддержки принятия решений на основе технологии выбора информативных параметров нагрузки персонала и управленческих решений позволила установить максимальную информативность таких показателей, как количество операций на одного врача и количество пролеченных больных на одного врача. На основе данных параметров нагрузки персонала нами принято и внедрено важное управленческое решение по оптимизации кадрового обеспечения нейрохирургического отделения – уменьшение нагрузки на одного врача с 12 больных до 10 больных.

Принятию такого управленческого решения заведующего нейрохирургическим отделением предшествовало выполнение компьютерной системой поддержки компьютерного мониторинга параметров нагрузки персонала (табл. 5) и осуществление разработанного нами алгоритма (рис. 4).

Таблица 5

Компьютерный мониторинг параметров нагрузки нейрохирургического отделения за 1997 - 2001 гг.

| Параметры нагрузки                                  | Годы   |       |        |       |        |
|-----------------------------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|
|                                                     | 1997   | 1998  | 1999   | 2000  | 2001   |
| Количество операций на 1 койку                      | 8,23   | 10,16 | 7,53   | 9,48  | 8,78   |
| Количество операций на 1 врача                      | 82,33  | 91,4  | 113,0  | 142,3 | 131,75 |
| Количество операций на 1 ставку                     | 47,05  | 48,1  | 47,58  | 59,9  | 82,08  |
| Количество операций на 1 физическое лицо            | 61,75  | 76,16 | 75,33  | 94,4  | 87,83  |
| Количество пролеченных больных на 1 врача           | 177,0  | 180,6 | 184,5  | 217,0 | 257,0  |
| Количество пролеченных больных на 1 ставку          | 111,79 | 150,5 | 116,53 | 137,0 | 252,0  |
| Количество пролеченных больных на 1 физическое лицо | 132,75 | 180,6 | 184,5  | 217,0 | 226,0  |
| Общее число фактически пролеченных больных          | 1062   | 903   | 1107   | 1307  | 1356   |
| Число пролеченных больных по плану                  | 954    | 716   | 954    | 1236  | 1236   |

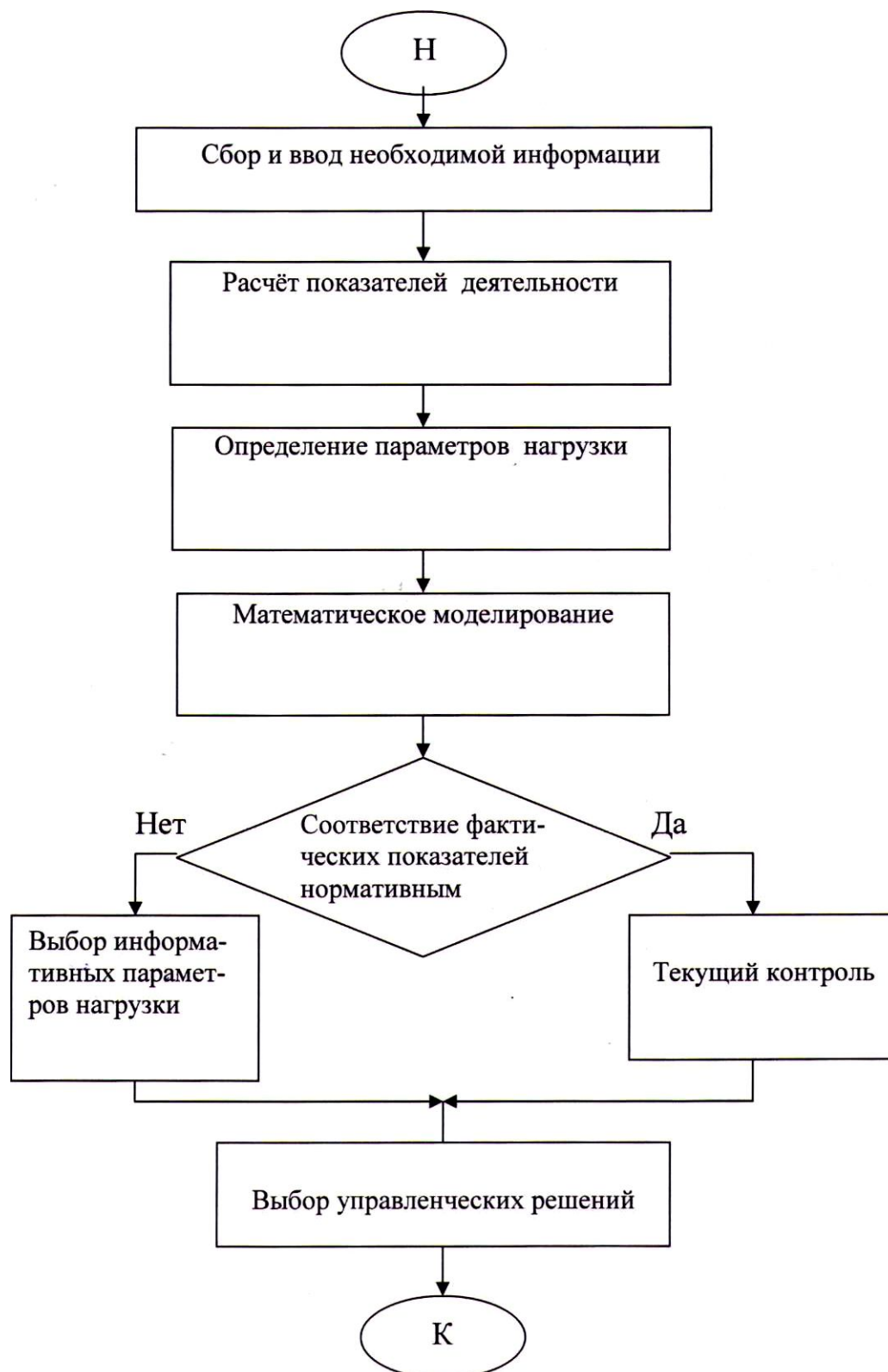


Рис. 4. Алгоритм выбора информативных параметров нагрузки и управленческих решений в нейрохирургическом отделении

Как видно из рис. 4, предложенный алгоритм включает:

- сбор и введение необходимой информации;
- расчёт показателей деятельности;
- расчёт параметров нагрузки персонала отделения;
- проведение математического моделирования;
- определение соответствия фактических показателей деятельности нормативным показателям;
- выбор информативных параметров нагрузки;
- выбор управленческих решений по улучшению кадрового обеспечения.

### Список литературы

1. Агарков Н.М., Артеян Н.В., Яковлев А.П. Диагностика нейродермита с учётом информативности показателей разного биологического качества у подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 3. – С. 497-501.
2. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинко-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.
3. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI. – Вып. 4. – С. 11-15.
4. Автоматизированная система поддержки решений врача-дерматолога / Н.М. Агарков, А.В. Иванов, В.А. Иванов, А.П. Яковлев // Врачи и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 71-74.
5. Прогнозирование тяжелого гестоза на основе компьютерных технологий / Н.М. Агарков, М.В. Фролов, В.Н. Снопков [и др.] // Врачи и информационные технологии. – 2013. – № 5. – С. 26-30.
6. Будник И.В., Гонтарев С.Н., Шульга Л.В. Многомерный математический анализ связей сальпингоофорита с инфекциями, передающимися половым путём, в различных возрастных и территориальных группах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 543-550.
7. Будник И.В. Математическое моделирование связей и прогнозирование гинекологической патологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX. – № 1. – С. 29-32.
8. Моделирование и информативность проявлений синдрома эндогенной интоксикации при тонзиллите у детей / Е.А. Гнездилова, С.Н. Гонтарев, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 73-77.
9. Компьютерная система обеспечения принятия решений детского стоматолога / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, В.А. Иванов // Врачи и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 64-69.
10. Диагностическая значимость и моделирование параметров гемограммы и гомеостаза при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, М.В. Фролов, В.Д. Луценко, И.В. Коломиец, Е.П. Афанасова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 106-113.
11. Поликритериальный математический отбор диагностических пара-

метров локального кровотока и размеров яичников при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, А.В. Шульга, В.А. Иванов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 157-163.

12. Информативность биомаркеров злокачественных новообразований органов желудочно-кишечного тракта и прогнозирование на индивидуальном уровне / С.Н. Гонтарев, А.В. Шульга, А.П. Яковлев, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 204-210.

13. Иванов А.В., Артенян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 48-52.

14. Компьютерное моделирование ассоциаций гипертонической болезни с заболеваемостью и смертностью от других болезней системы кровообращения / А.В. Иванов, В.Н. Мишустин, Е.В. Стародубцева, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 114-121.

15. Иванов В.А. Организация и ведение компьютерного банка данных по заболеваемости дерматозами у детей // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 1058-1061.

16. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, В.Н. Снопков, Л.В. Шульга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 122-126.

17. Синтез нечетких решающих правил прогнозирования эффективности литолиза уратных камней почек / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 138-139.

18. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения / В.Ф. Луценко, Т.Н. Татьяненко, Е.В. Стародубцева, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 78-83.

19. Дифференциация острого тонзиллита у детей на основе математических моделей / В.Ф. Луценко, Е.А. Гнездилова, Е.В. Стародубцева, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 84-88.

20. Серёгин С.П., Забровский А.Н., Мишустин В.Н. Многокритериальное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 41-49.

21. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В.Н. Снопков, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, Г.И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 168-171.

22. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-2. – С. 209-215.

Получено 26.09.14

**I.V. Chekanov**, Candidate of Sciences, Professor, Kursk State Medical University (Kursk)  
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

**I.V. Kolomiets**, Candidate of Sciences, the Director of the Kursk branch «POCHO-MC»  
(e-mail: vitalaxen@mail.ru)

**N.M. Agarkov**, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**K.F. Makkonen**, Doctor of Sciences, Professor, Belgorod State National Research University  
(e-mail: b.og@mail.ru)

**S.N. Gontarev**, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

### **IMPROVING NEUROSURGICAL SERVICES ON THE BASIS OF COMPUTER TECHNOLOGIES AND MULTIVARIATE MATHEMATICAL METHODS**

*Presents a computer system for managing neurosurgeons-ical Department multidisciplinary hospital-based analysis and education information processing activities multidimensional mathematical IU-today, allowing to make decisions with consideration of the estimates.*

**Key words:** multidimensional mathematical methods, computer-characteristic system of the head of the neuro-surgery Department.

УДК 616.6

**С.Д. Долженков**, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»  
(Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**С.В. Петров**, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»  
(Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**М. С. Чернега**, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»  
(Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**С. П. Серегин**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**А.В. Новиков**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

### **СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВРАЧА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ И ДИАГНОСТИКЕ УРОГИНЕКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

*Представлена СППР по прогнозированию, диагностике и лечению урогинекологических заболеваний, разработанная на кафедре биомедицинской инженерии ЮЗГУ, которая поддерживает задачи синтеза и реализации нечетких правил принятия решений для медицинских приложений. Анализ возможностей этой системы показал, что если в ее состав ввести блоки, позволяющие решать задачи прогнозирования, диагностики, профилактики и лечения пиелонефрита беременных или других урологических заболеваний, то полученный программный комплекс будет удовлетворять всем необходимым требованиям. В таком варианте решения система нечеткой классификации позволяет моделировать пространство информативных признаков с заданными вероятностными характеристиками, проводить разведочный анализ выбранного признакового пространства, автоматически синтезировать функции принадлежности с возможностью их коррекции в интерактивном режиме и синтезировать агрегатор (агрегаторы) посредством алгоритмических решений.*

**Ключевые слова:** автоматизированные системы, нечеткие функции, агрегатор, урологические заболевания.

\*\*\*

Для повышения качества при прогнозировании и диагностике многих заболеваний применяются автомати-

зированные системы управления лечебно-диагностическим процессом [1 – 12; 20 – 24], однако анализ лите-

ратуры показывает, что существующие системы поддержки принятия решений (СППР), включая системы медицинского назначения, не решают поставленных задач при урогинекологических заболеваниях [9; 13 – 19]. Наиболее близкой по прогнозированию, диагностике и лечению урогинекологических заболеваний является оболочка СППР, разработанная на кафедре биомедицинской инженерии ЮЗГУ, которая поддерживает задачи синтеза и реализации нечетких правил принятия решений для медицинских приложений.

Анализ возможностей этой системы показал, что если в ее состав ввести блоки, позволяющие решать задачи прогнозирования, диагностики, профилактики и лечения пиелонефрита беременных или других урологических заболеваний, то полученный программный комплекс будет удовлетворять всем необходимым требованиям. Структура добавочного программного обеспечения СППР врача-уролога, врача-гинеколога приведена на рис. 1.

Согласно данной схемы информация, отражающая состояние пациентки, в виде ее паспортных данных, блоков истории болезни, информативные признаки о состоянии пациентки по исследуемому классу заболеваний вводится в систему поддержки принятия решений через интерфейс пользователя. Интерфейс пользователя функционирует таким образом, что ввод данных и выдача информации о принимаемых решениях реализуется в многооконном режиме, при котором пользователь отвечает на вопросы, формируемые на экране дисплея, или вводит соответствующие слова и цифры, продолжая смысловые предложения, предлагаемые системой. Вводимые значения информативных при-

знаков обрабатываются логическими блоками прогнозирования или диагностики в зависимости от решаемой задачи.

Логические блоки включают:

- фазификатор, который рассчитывает значения соответствующих функций принадлежности;

- блок правил вывода, рассчитывающий на основании решающих правил КУ вывода;

- дефазификатор, трансформирующий нечеткий вывод в четкое решение;

- блок реализации алгоритма управления, который функционирует в соответствии с разработанными на кафедре БМИ ЮЗГУ алгоритмами.

Итоги работы алгоритма в форме сообщений об этапах исполнения схемы алгоритма и выбранных схем лечения выдается врачу через интерфейс пользователя. В случае необходимости получения информации, отражающей путь формирования принимаемого решения, блок объяснения выводит через интерфейс расчеты блока вывода. В базе данных сохраняются литературные данные о предметной области, электронная копия медицинской карты пациента, в которой содержатся паспортные данные, данные анамнеза, результаты опросов, осмотров, экспериментальных исследований, диагностические заключения, графики посещения врачей и т.д.

С помощью интерфейса пользователя реализуются:

- необходимые опросники для врача и пациента;

- механизмы ведения электронной медицинской карты пациента;

- отображение графической, символической и сопутствующей числовой информации;

- корректировка параметров лечебно-оздоровительных мероприятий;





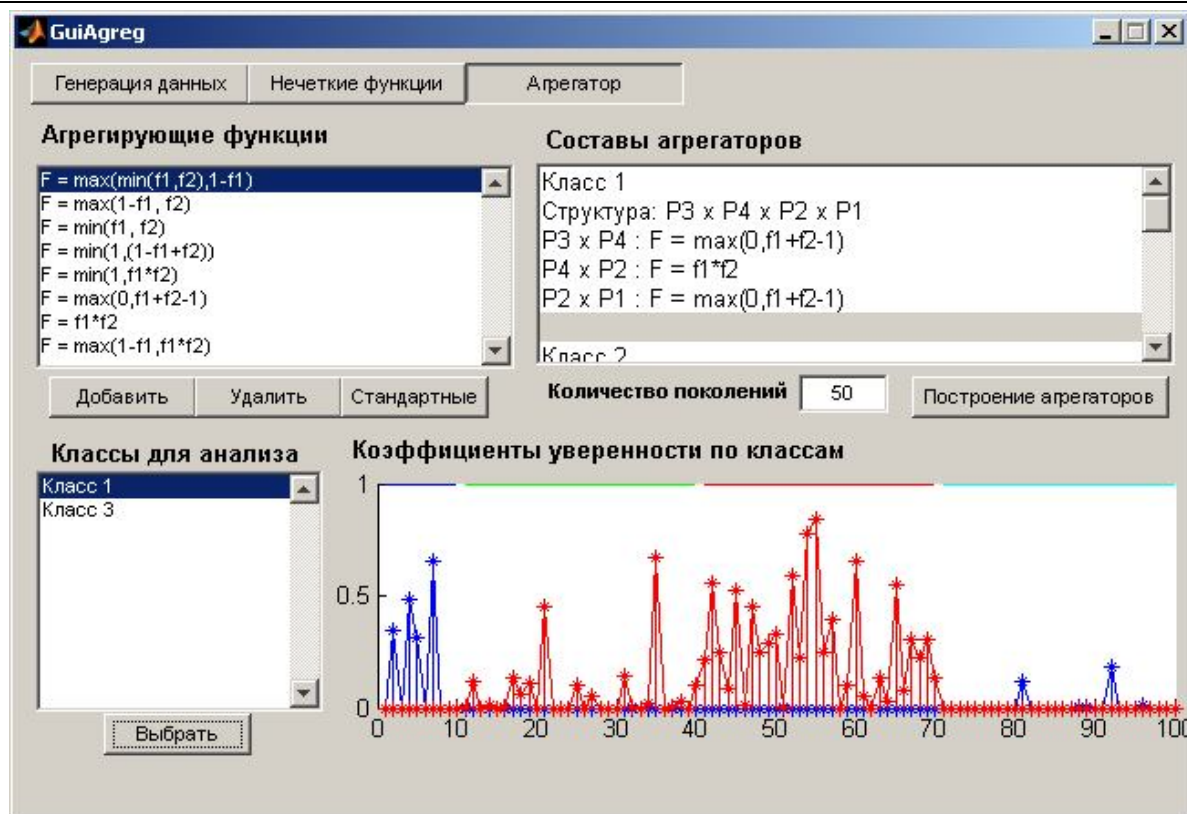


Рис. 3. Вид окна «Агрегатор»

Список «Классы для анализа» окна «Агрегатор» предназначен для выбора классов, для которых будут отображены графики коэффициентов уверенности. Для заполнения данного списка необходимо нажать кнопку «Выбрать» и в появившемся окне выделить нужные классы (несколько классов можно выделить, зажав клавишу «Ctrl»). После выбора классов на графике «Коэффициенты уверенности по классам» отображается графическое представление полученных в результате агрегирования коэффициентов уверенности. Для каждого из объектов отображаются коэффициенты уверенности его принадлежности к каждому классу. В верхней части графика горизонтальными линиями разных цветов выделены области расположения объектов классов. Таким образом, график позволяет наглядно оценить результаты агрегирования признаков. Например, если в списке

«Классы для анализа» выбран первый класс, а на графике наблюдаются высокие коэффициенты уверенности в области третьего класса и низкие в области первого, следовательно, необходима корректировка функций принадлежности первого класса в сторону расширения охвата (так как имеющиеся функции недостаточно полно захватывают «свои» объекты) и функций принадлежности третьего класса в сторону сужения области охвата (так как имеющиеся функции захватывают «чужие» объекты).

После получения и визуальной оценки результатов агрегирования необходимо вернуться к окну «Нечеткие функции» (рис. 4) и отредактировать функции принадлежности в соответствии с полученной картиной коэффициентов уверенности. После корректировки функций следует провести повторное построение агрегатора и сравнить результаты количества

ошибок агрегатора в первом и во втором случае. Необходимо повторить процедуру подстройки функций принадлежности с различными вариантами параметров с целью нахождения оптимальной конфигурации.

На третьем этапе выполняется расчет коэффициентов уверенности  $K_u$  для контрольной выборки объек-

тов. Для каждого объекта выборки вычисляется вектор  $Ku_1..Ku_m$ , показывающий уверенность принадлежности объекта к каждому из классов, и строится графическое отображение полученных данных (рис. 5). Горизонтальные линии в верхней части графика отображают изначальное распределение объектов по классам.

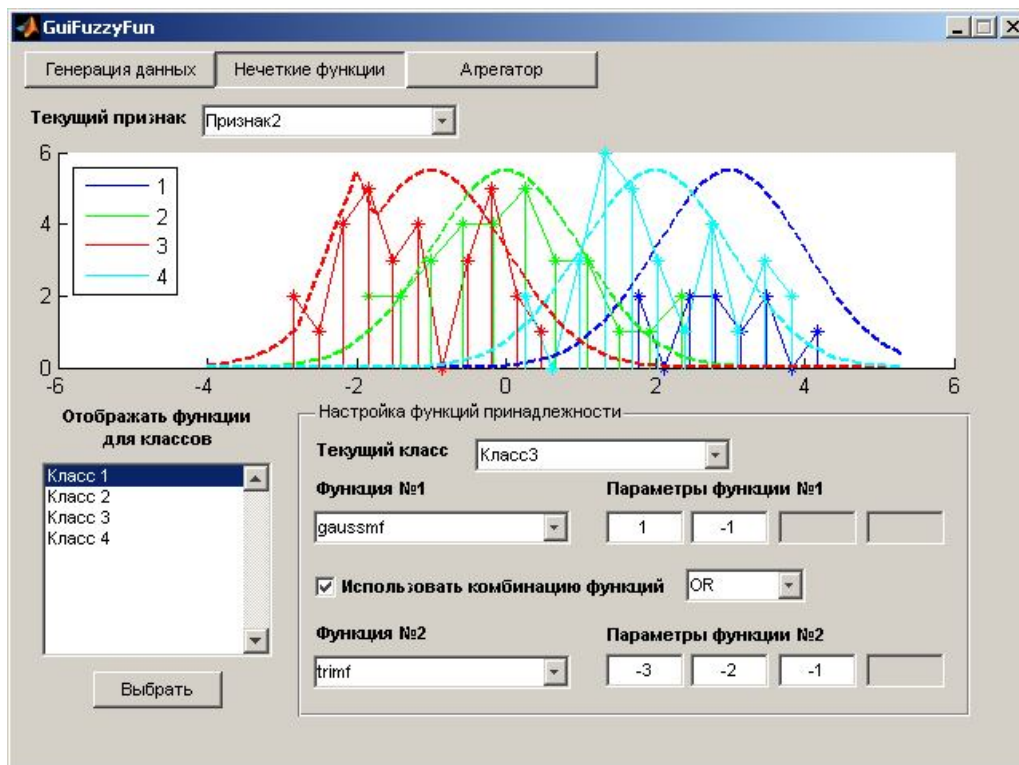


Рис. 4. Вид окна «Нечеткие функции»

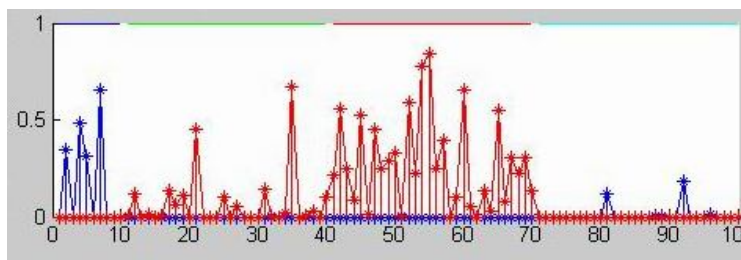


Рис. 5. Коэффициенты уверенности принадлежности каждого из 100 объектов к классу «риск внезапной смерти» и к классу «нет риска внезапной смерти»

В таком варианте решения система нечеткой классификации позволяет моделировать пространство информативных признаков с заданными вероятностными характеристиками (с заданной геометрией распределения

признаков), проводить разведочный анализ выбранного признакового пространства, автоматически синтезировать функции принадлежности с возможностью их коррекции в интерактивном режиме и синтезировать агре-

гатор (агрегаторы) посредством алгоритмических решений.

### Список литературы

1. Агарков Н.М., Артеян Н.В., Яковлев А.П. Диагностика нейродермита с учётом информативности показателей разного биологического качества у подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 3. – С. 497-501.

2. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.

3. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI. – Вып. 4. – С. 11-15.

4. Автоматизированная система поддержки решений врача-дерматолога / Н.М. Агарков, А.В. Иванов, В.А. Иванов, А.П. Яковлев // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 71-74.

5. Прогнозирование тяжелого гестоза на основе компьютерных технологий / Н.М. Агарков, М.В. Фролов, В.Н. Снопков [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 5. – С. 26-30.

6. Будник И.В., Гонтарев С.Н., Шульга Л.В. Многомерный математический анализ связей сальпингоофорита с инфекциями, передающимися половым путём, в различных возрастных и территориальных группах // Системный анализ и управление в био-

медицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 543-550.

7. Будник И.В. Математическое моделирование связей и прогнозирование гинекологической патологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX. – № 1. – С. 29-32.

8. Моделирование и информативность проявлений синдрома эндогенной интоксикации при тонзиллите у детей / Е.А. Гнездилова, С.Н. Гонтарев, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 73-77.

9. Компьютерная система обеспечения принятия решений детского стоматолога / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, В.А. Иванов // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 64-69.

10. Диагностическая значимость и моделирование параметров гемограммы и гомеостаза при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, М.В. Фролов, В.Д. Луценко, И.В. Коломиец, Е.П. Афанасова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 106-113.

11. Поликритериальный математический отбор диагностических параметров локального кровотока и размеров яичников при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, А.В. Шульга, В.А. Иванов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 157-163.

12. Информативность биомаркеров злокачественных новообразований органов желудочно-кишечного тракта и прогнозирование на индивидуальном уровне / С.Н. Гонтарев, А.В. Шульга, А.П. Яковлев, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белго-

родского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 204-210.

13. Иванов А.В., Артенян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 48-52.

14. Компьютерное моделирование ассоциаций гипертонической болезни с заболеваемостью и смертностью от других болезней системы кровообращения / А.В. Иванов, В.Н. Мишустин, Е.В. Стародубцева, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С.114-121.

15. Иванов В.А. Организация и ведение компьютерного банка данных по заболеваемости дерматозами у детей // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 1058-1061.

16. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 122-126.

17. Синтез нечетких решающих правил прогнозирования эффективности литолиза уратных камней почек / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С.138-139.

18. Автоматизированная система прогнозирования, диагностики, лечения и профилактики хронического простатита / О.И. Братчиков, Н.А. Кореневский, С.П. Серегин [и др.] // Урология. – 2009. – № 4. – С. 44-48.

19. Коцарь А.Г., Серегин С.П., Новиков А.В. Автоматизированная система поддержки принятия решения уролога по прогнозированию и профилактике камнеобразования при мочекаменной болезни // Урология. – 2013. – № 5. – С. 16-20.

20. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения / В.Ф. Луценко, Т.Н. Татьяненко, Е.В. Стародубцева, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 78-83.

21. Дифференциация острого тонзиллита у детей на основе математических моделей / В.Ф. Луценко, Е.А. Гнездилова, Е.В. Стародубцева [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 84-88.

22. Серёгин С.П., Забровский А.Н., Мишустин В.Н. Многокритериальное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 41-49.

23. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В.Н. Снопков, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, Г.И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 168-171.

24. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-2. – С. 209-215.

Получено 29.09.14

**S.D. Dolzhenkov**, Doctoral Candidate, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**S.C. Petrov**, Doctoral Candidate, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru),

**M.S. Chernega**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**S.P. Seregin**, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

**A.V. Novikov**, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)  
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

## **THE STRUCTURE OF AUTOMATED SYSTEM OF DOCTOR DECISION SUPPORT DURING PROGNOSIS AND DIAGNOSIS OF UROLOGICAL AND GYNECOLOGICAL DISEASES**

*Presents a DSS for the prediction, diagnosis, and treatment of urogynecological disorders, developed at the Department of biomedical engineering SWSU, which supports the tasks of synthesis and implementation of fuzzy decision rules for medical applications. The analysis this system indicates that it allows to solve problems of prediction, diagnosis, prevention and treatment of pyelonephritis of pregnant women, or other urological diseases. The software of the system system will meet all necessary requirements. In current version we have used a fuzzy classification that allows to create the space of informative features with a given probabilistic characteristics, conduct exploratory analysis of the selected feature space, automatically synthesize membership function with the ability to correct them interactively and to synthesize aggregator through algorithmic solutions.*

**Key words:** automated systems, fuzzy functions, aggregator, urological diseases.

---

## 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 ( $\Omega$ ,  $\eta$ ,  $\beta$ ,  $\mu$ ,  $\omega$ ,  $\nu$  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>.