МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Том 7
№ 2 (23)

Курск 2017

2017. Том 7, № 2 (23)
Научный рецензируемый журнал

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение

Основан в 2011 г.

Выходит четыре раза в год

Учредитель: ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

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

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

Редакционная коллегия

С. Г. Емельянов (главный редактор), д-р техн. наук, профессор, ректор ЮЗГУ;
М. В. Бобырь (заместитель главного редактора), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ;
Р. М. Алгулиев, д-р техн. наук, профессор;
Ю. С. Бехтин, д-р техн. наук, профессор;
А. А. Бурмака, д-р техн. наук, профессор;

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА 6

Гольцова И. А., Гуламов А. А.

Информационное обеспечение участка железной дороги..... 6

Захарова Л. Н.

Распознавание границ кластеров на земной поверхности и в массиве горных пород в процессе их необратимых сдвижений 12

Калегин С. Н.

Распознавание языка неструктурированной информации в системах глобального мониторинга 20

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

Разработка метода обеспечения целостности информации на сетевом уровне мультисервисных сетей связи..... 28

Дремов Е. Н.

Метод идентификации и распознавания отметок высот на топографических картах..... 39

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ..... 45

Колесин И. Д., Трояножко О. А.

Ранжирование диагностических показателей на основе коэффициента перекрытия 45

Шуткин А. Н.

Информативно-аналитическая модель принятия решений о профессиональной пригодности и оценке состояния здоровья работников опасных производств 56

Кореневский Н. А., Карякин О. Б., Бирюков В. А.

Прибор для контроля кровоснабжения и сопротивления биотканей предстательной железы..... 62

В. Н. Гридин, д-р техн. наук, профессор;
А. Л. Жизняков, д-р техн. наук, профессор;
Ж. Т. Жусубалиев, д-р техн. наук, профессор;
С. А. Зинкин, д-р техн. наук, доцент;
И. В. Зотов, д-р техн. наук, профессор;
Н. А. Кореневский, д-р техн. наук, профессор;
Е. Н. Коровин, д-р техн. наук, профессор;
А. Н. Пылькин, д-р техн. наук, профессор;
В. Г. Рубанов, д-р техн. наук, профессор;
С. П. Серегин, д-р мед. наук, профессор;
А. С. Сизов, д-р техн. наук, профессор;
В. С. Титов, д-р техн. наук, профессор;
С. А. Филист, д-р техн. наук, профессор;
А. В. Филонович, д-р техн. наук, профессор;
А. А. Ханова, д-р техн. наук, доцент

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

Оригинал-макет подготовлен О. В. Кофановой

Подписано в печать 18.05.17. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 16,9.
Тираж 1000 экз. Заказ 52. 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»

Серегин С. П., Кореневский Н. А., Зубарев Д. А., Потапова Е. С.

Звуковая стимуляция в комплексном лечении атонии и гипотонии органа 70

Кореневский Н. А., Бобырь М. В., Зубарев Д. А., Хрипина И. И.

Прогнозирование мочекаменной болезни на основе гибридных нечетких моделей с использованием электрических характеристик биологически активных точек 76

Лукашов М. И., Олисова О. Ю., Письменная Е. В., Лазурина Л. П.

Информационно-аналитическая модель базы знаний системы поддержки принятия решений ведения больных с генитальным герпесом 86

Скринникова А. В.

Моделирование процесса управления курсором методом анализа электрических цепей 96

Агарков Н. М., Кича Д. И., Субботина Т. И., Иванов А. В., Макконен К. Ф., Гонтарев С. Н.

Математические модели для прогнозирования частоты врожденных пороков развития 102

Пошибайлова А. В., Кислюк Г. Н., Воротынцев С. Г.

Прогнозирование бронхолегочной дисплазии в зависимости от инфекционных возбудителей 109

Кича Д. И., Иванов В. А., Луценко В. Д., Щульга Л. В., Яковлев А. П., Иванов А. В.

Дискриминантный метод в классификации больных острым сальпингоофоритом и здоровых 115

Артеменко М. В., Дронова Т. А., Калугина Н. М., Бойцов А. А.

Применение показателей системной организации в автоматизации диагностико-терапевтического процесса 123

К сведению авторов 135

© Юго-Западный государственный университет, 2017

2017. Vol. 7, No 2 (23)
Scientific reviewed journal

PROCEEDINGS

of the SOUTHWEST
STATE
UNIVERSITY
Series: Control, Computer engineering,
Information science. Medical instruments engineering

Foundel in 2011.
Publication fregnency: four times a year

Founder: Southwest State University

Registered in the Registar of the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies, and Mass Media (Roskomnadzor) (Certificate of mass media registration № FS77-44620 of April 15, 2011).

Included in the official list of top scientific journals of the Higher Attestation Commission of the RF Ministry of Science and Education of 01.12.2015. Scientific Specialities Groups:
03.01.00 Physical and Chemical Biology;
05.11.00 Instrument Engineering, Metrology and Information and Measuring Devices and Systems;
05.12.00 Radio Engineering and Communications;
05.13.00 Informatics, Computer Engineering, & Control
05.14.00 Energetics Pover Engeneering

Editors

S. G. Yemelianov (Editor-in-Chief), Doctor of Engineering, Professor, Rector of Southwest State University;
M. V. Bobyr (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Engineering, Professor;
R. M. Alguliyev, Doctor of Engineering, Professor;
Y. S. Bekhtin, Doctor of Engineering, Professor;

CONTENS

INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING 6

Goltsova I. A., Gulamov A. A.
Information support of the railway section 6

Zacharova L. N.
Recognition of the cluster boundary on the ground surface and in underground space during irreversible ground movement 12

Kalegin S. N.
Language identification of unstructured information in global monitoring systems 20

Chmelevskaya A. V., Koptev D. S., Shevtsov A. N., Shchitov A. N.
Development of the method of providing the integrity of information at the network level of multi-service communication networks 28

Dremov E. H.
Method of identification and recognition of height markings on topographic maps 39

MEDICAL INSTRUMENT ENGINEERING..... 45

Troyanozhko O. A., Kolesin I. D.
Diagnostic feature ranking via overlapping coefficient..... 45

Shutkin A. N.
Informative-analytical model of decision-making on professional suitability and the assessment of the health of workers in hazardous industries 56

Korenevskiy N. A., Karyakin O. B., Biryukov V. A.
A device for monitoring blood flow and resistance of tissues of the prostate gland 62

Seregin S. P., Korenevskiy N. A., Zubarev D. A., Potapova E. S.
Sound stimulation in the complex treatment of atony and hypotonia of the body..... 70

A. A. Burmaka, Doctor of Engineering, Professor;
V. N. Gridin, Doctor of Engineering, Professor;
A. L. Zhiznyakov, Doctor of Engineering, Professor;
Zh. T. Zhusubaliyev, Doctor of Engineering, Professor;
S. A. Zinkin, Doctor of Engineering, Associate Professor;
I. V. Zotov, Doctor of Engineering, Professor;
N.A. Korenevsky, Doctor of Engineering, Professor;
E. N. Korovin, Doctor of Engineering, Professor;
A. N. Pylkin, Doctor of Engineering, Professor;
V.G. Rubanov, Doctor of Engineering, Professor;
S. P. Seryogin, Doctor of Medical, Professor;
A. S. Sizov, Doctor of Engineering, Professor;
V. S. Titov, Doctor of Engineering, Professor;
S. A. Filist, Doctor of Engineering, Professor;
A. V. Filonovich, Doctor of Engineering, Professor;
A. A. Khanova, Doctor of Engineering, Associate Professor

Korenevsky N. A., Bobyr M. V., Zubarev D. A., Hripina I. I.
Prediction of urolithiasis based on hybrid fuzzy models using the electrical characteristics of biologically active points 76

Lukashov M. I., Olisova O. U., Pis'mennaya E. V., Lazurina L. P.
Information-analytical model of the knowledge base system decision support to the management of patients with genital herpesa 86

Skrynnykova A. V.
Modeling the process of cursor control by method of analysis the electrical chains..... 96

Kitcha D. I., Subbotina T. I., Ivanov A. V., Makkonen K. F., Gontarev S. N.
Mathematical models to predict the incidence of congenital malformations 102

Poshivailova A. V., Kislyuk G. N., Vorotyntsev S. G.
Prediction of bronchopulmonary dysplasia depending on the infectious agents 109

Kitcha D. I., Ivanov V. A., Lutsenko V. D., Shulga L. V., Yakovlev A. P., Ivanov A. V.
Discriminant method for classification of patients with acute salpingoophoritis and healthy 115

Artemenko M. V., Dronova T. A., Kalugina N. M., Boytsov A. A.
Application of indicators of the system organization in automation of diagnostiko-therapeutic process..... 123

Information for authors..... 135

© Southwest State University, 2017

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 004.91

И. А. Гольцова, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: d.golcov@mail.ru)

А. А. Гуламов, д-р физ.-мат. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: profgulamov@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Реализация современного уровня информационного обеспечения на железной дороге является очень важной задачей. Современная железная дорога представляет собой сложное многоотраслевое хозяйство, в состав которого входят железные дороги, предприятия, административно-хозяйственные, культурно-бытовые и медицинские учреждения, научно-исследовательские институты, вузы, техникумы. При этом организация железнодорожных перевозок является основным производственным процессом, который нуждается в современной информационной поддержке в первую очередь. Для осуществления процесса перевозки железные дороги располагают техническими средствами, включающими в себя подвижной состав и инфраструктуру. Организация работы такой сложной структуры в современных условиях невозможна без использования инфокоммуникационной обслуживающей системы, оказывающей информационную поддержку принятия решений. Разработка такой системы невозможна без анализа информационных потоков, обеспечивающих работу современного участка железной дороги.

Анализ процессов информационного обмена позволяет построить информационную модель обмена информацией на участке железной дороги. Основными звеньями информационного обмена на участке железной дороге являются администрация, линейные предприятия, главный вычислительный центр и служба безопасности, которые представлены в предложенной информационной модели как контуры. Внешними источниками информации являются федеральные и региональные законодательные органы власти, министерства и ведомства, ОАО «РЖД», предприятия и организации и др. Внутренними источниками информации являются работники администрации, линейных предприятий, главного вычислительного центра и службы безопасности. Основные документы формируемые в процессе информационного обмена в системе приведены отдельно. Предложенная информационная модель информационного обмена на участке железной дороги может служить основой в процессе разработки варианта типовой инфокоммуникационной системы.

Ключевые слова: *железная дорога, информационное обеспечение, информационная модель, инфокоммуникационные системы.*

Ссылка для цитирования: Гольцова И. А., Гуламов А. А. Информационное обеспечение участка железной дороги // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 6–11.

***

Железнодорожный транспорт представляет собой сложное многоотраслевое хозяйство, в состав которого входят железные дороги, предприятия, административно-хозяйственные, культурно-бытовые и медицинские учреждения, научно-исследовательские институты, вузы, техникумы.

Для осуществления перевозочного процесса железные дороги располагают техническими средствами, включающими в себя подвижной состав и инфраструктуру. Организация работы такой сложной структуры в современных условиях невозможна без использования инфокоммуникационной обслуживающей системы оказывающей информационную поддержку принятия решений. Реализация современного уровня информационного обеспечения на железной дороге является очень важной задачей. Разработка такой системы невозможна без анализа информационных потоков обеспечивающих работу современного участка железной дороги.

Вариант информационной модели информационного обмена на участке железной дороги представлен на рисунке.

Модель имеет четыре основных контура: административный, линейных предприятий, главного вычислительного центра (ГВЦ) и безопасности.

Административный контур формирует и направляет информацию текстового характера (нормативные документы, распоряжения и т. д.). Данный вид информации необходим для организации повседневной деятельности железнодорожного транспорта в рамках законодательства РФ и требований ОАО «РЖД». В административный контур поступает информация от федеральных, региональных законодательных органов власти, министерств и ведомств РФ, руководства ОАО «РЖД». Данная информация направлена на регулирование деятельности железной дороги в законодательной, налоговой и других сферах, а также деятельности по организации бесперебойной работы железнодорожного (ж/д) транспорта. Данная информация поступает в первую очередь к начальнику дороги, а затем распространяется по всему административному контуру (главный инженер и заместитель начальника дороги), после чего уже поступает в виде внутренних распоряжений, приказов во все остальные контуры информационной системы железной дороги.

Информация о работе дороги предоставляется в федеральные, региональные законодательные органы власти, министерства и ведомства РФ по их запросам. Текущая информация о работе дороги предоставляется в ОАО «РЖД».

В контур линейных предприятий входят: дирекции тяги, локомотивные депо, дистанции сигнализации централизации и блокировки (СЦБ) на ж/д транспорте и региональный центр связи (РЦС), диспетчерский контроль, вокзалы. Все линейные предприятия железнодорожного транспорта тесно взаимодействуют друг с другом.

Линейные предприятия дороги и остальные подразделения предоставляют текущую отчетную информацию и другую информацию в административный контур (приказы, распоряжения, отчеты, акты, протоколы и другие), таким образом, поток информации является двунаправленным. Аппарат управления дороги для связи со структурными подразделениями обеспечивается связью для проведения селекторных совещаний, технологической и персональной видеоконференцсвязью.

Дирекция тяги для осуществления своей деятельности руководствуется инструкциями, графиками движения поездов, заявлениями заказчиков на объемы работ. На основании этих документов проводится расчет потребности парка локомотивов и штата локомотивных бригад, необходимых для организации перевозочного процесса.

Локомотивное хозяйство обеспечивает перевозочную работу железных дорог тяговыми средствами и содержание этих средств в соответствии с техническими требованиями. В состав этого хозяйства входят основные локомотивные депо, специализированные мастерские по ремонту отдельных узлов локомотивов, пункты технического обслуживания, экипировки локомотивов и смены бригад, базы запаса локомотивов.

Устройства автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте, или, как их еще называют, средства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), предназначены для автоматизации процессов, связанных с управлением движением поездов, обеспечения безопасности и необходимой пропускной способности железных дорог, а также повышения производительности труда.

Основной задачей (РЦС) является обеспечение услугами технологической связи всех структурных подразделений ОАО «РЖД», находящихся в границах обслуживания дирекции дороги, и предоставление услуг связи абонентам.

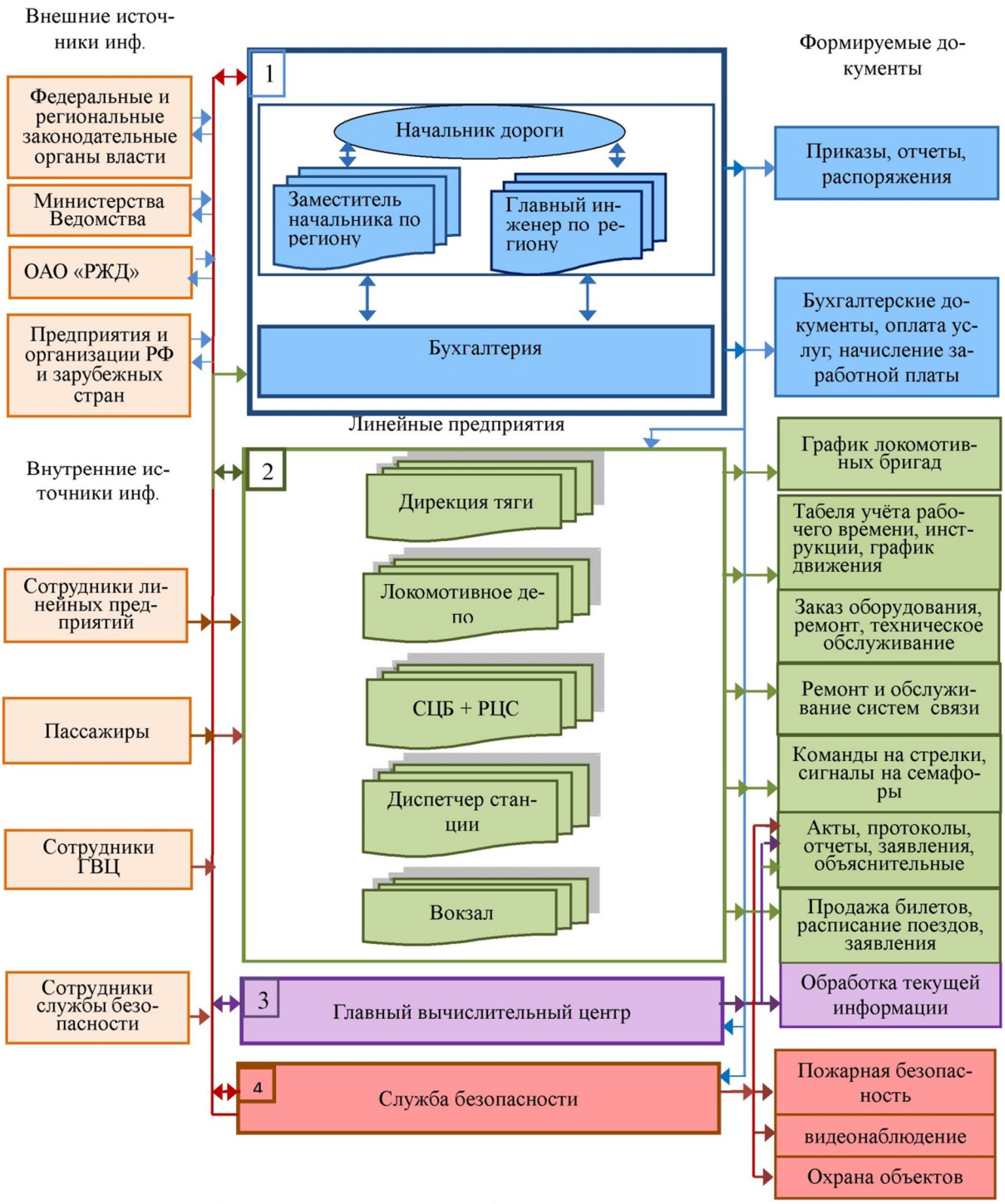

Рис. Информационная модель информационного обмена на участке железной дороги

Диспетчерский контроль движения поездов позволяет диспетчеру видеть на световом табло участка в каждый момент времени местонахождение всех поездов и состояние входных, выходных светофоров на станциях в пределах диспетчерского круга. Эта информация дает возможность оперативно руководить движением поездов, принимать своевременные меры по безусловному выполнению установленного графика. Особое значение приобретает диспетчерский контроль на участках с интенсивным движением

тяжеловесных составов и скоростных поездов.

Вокзалы сооружают в крупных городах, промышленных центрах и населённых пунктах. На вокзалах осуществляют обслуживание пассажиров (справочно-информационное обеспечение, продажу проездных билетов, посадку и высадку пассажиров, прием, хранение, выдачу багажа и ручной клади), прием и отправление почты, подготовку подвижного состава к перевозкам, организацию движения пассажирских поездов, обеспечение безопастности.

Контур главного вычислительного центра (ГВЦ) играет важную роль в автоматизации процессов управления перевозками с дистанционной передачей данных. Контур ГВЦ обеспечивает эффективное взаимодействие руководителей и линейных предприятий. Роль ГВЦ заключается в информационном обеспечении ключевых процессов деятельности предприятий ОАО «РЖД» путем предоставления качественных ИТ-услуг и обеспечения пользователей всех уровней достоверной информацией о работе железнодорожного транспорта.

Контур безопасности охватывает широкий спектр задач. Информация данного контура представляет собой видеоматериалы с камер видеонаблюдения, сигналы с датчиков регистрации пожарной безопасности. Он обеспечивает информационную безопасность и охрану. Обеспечение высокого уровня безопасности на железнодорожном транспорте в настоящее время является одной из первостепенных задач и государства, и организаций, ответственных за железнодорожные перевозки.

Основные виды формирующейся информации на участке железной дороги представлены в правой части рисунка. Сотрудники линейных предприятий, ГВЦ и контура безопасности получают организационно-распорядительную информацию от административного контура. На основе поступившей информации формируются акты, протоколы, отчеты, заявления и другие виды информации.

Внутренние источники информации – сотрудники административного контура, линейных предприятий, ГВЦ, службы безопасности и пассажиры – представляют заявления, обращения, жалобы и др. в руководство ЖД и её подразделения.

Предложенная информационная модель информационного обмена на участке железной дороги может служить основой в процессе разработки варианта типовой инфокоммуникационной системы. Анализ всех информационных потоков позволяет предложить оптимизацию варианта архитектуры и топологии инфокоммуникационной системы для типовых предприятий участка железной дороги.

Список литературы

1. Эскобар О. К., Гуламов А. А. Информационная модель обеспечения образовательного процесса студентов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 4(21). С. 29–33.

2. Гуламов А. А., Михайлов С. Н., Нассер А. А. Модель процессов информационно-аналитического обеспечения научных исследований ВУЗа // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. Т. 9, № 4. С. 28–31.

3. Гуламов А. А., Василенко Ю. А. Задачи инфокоммуникационной системы детской дошкольной организации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 2, ч. 3. С. 211–214.

4. Гуламов А. А., Василенко Ю. А. Информационная система дошкольного детского образовательного учреждения// Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения: материалы I Всероссийской науч.-практ. конф. Курск, 2014. С. 182–187.

5. Крутых В. Е., Гуламов А. А. Защита персональных данных в информационной системе управления университетом // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы V Региональной научно-практической конференции. Курск, 2013. С. 105–109.

6. Крутых В. Е., Гуламов А. А. Информационная безопасность инфокоммуникационной системы ВУЗа // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы IV Региональной научно-практической конференции. Курск, 2012. С. 189–194.

7. Крутых В. Е., Гуламов А. А. Повышение эффективности управления и функционирования ВУЗа посредством применения видеоконференцсвязи // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы IV Региональной научно-практической конференции. Курск, 2012. С. 184–189.

8. Нассер А. А., Гуламов А. А. Информационная модель административно-управленческой системы ВУЗа // Университетское управление: практика и анализ 2011. № 4. С. 71–75.

9. Нассер А. А., Гуламов А. А. Информационная модель процессов информационно-аналитического обеспечения в вузе // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2011. № 2. С. 111–114.

10. Гуламов А. А. Харитонов И. О. Организации связи взаимодействия служб экстренного реагирования различных ведомств в зоне чрезвычайной ситуации // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы III Региональной научно-практической конференции. Курск, 2011. С. 73–75.

Поступила в редакцию 05.04.17

УДК 004.91

I. A. Goltsova, Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: d.golcov@mail.ru)

A. A. Gulamov, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: profgulamov@mail.ru)

INFORMATION SUPPORT OF THE RAILWAY SECTION

The implementation of the modern level of information support on the railway is a very important task. The modern railway is a complex diversified economy, which includes railroads, enterprises, administrative and economic, cultural and household and medical institutions, research institutes, universities, technical schools. At the same time, the organization of rail transportation is the main production process, which needs modern information support in the first place. To carry out the transportation process, the railways have technical means, including rolling stock and infrastructure. The organization of such a complex structure in modern conditions is impossible without the use of an infocommunication service system providing information support for decision-making. The development of such a system is impossible without an analysis of the information flows of the modern railway section providing work. The analysis of the information exchange processes makes it possible to build an information model for the exchange of information on a section of the railway. The main links in the information exchange on the railway section are the administration, the linear enterprises, the main computer center and the security service, which are represented in the proposed information model as outlines. External sources of information are federal and regional legislative authorities, ministries and departments, Russian Railways, enterprises and organizations, etc. Internal sources of information are employees of the administration, line enterprises, the main computer center and the security service. Basic documents formed in the process of information exchange in the system are given separately. The proposed information model of information exchange on the railway section can serve as a basis for the development of a variant of a typical infocommunication system.

Key words: *railway, information support, information model, infocommunication systems.*

For citation: Goltsova I. A., Gulamov A. A. Information support of the railway section, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 6–11.

***

References

1. Ehskobar O. K., Gulamov A. A. Informacionnaya model' obespecheniya obrazovatel'nogo processa studentov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. № 4(21). S. 29–33.

2. Gulamov A. A., Mihajlov S. N., Nasser A. A. Model' processov informacionno-analiticheskogo obespecheniya nauchnyh issledovanij VUZa // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. 2011. T. 9, № 4. S. 28–31.

3. Gulamov A. A., Vasilenko Yu. A. Zadachi infokommunikacionnoj sistemy detskoj doshkol'noj organizacii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2012. № 2, ch. 3. S. 211–214.

4. Gulamov A. A., Vasilenko Yu. A. Informacionnaya sistema doshkol'nogo detskogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya// Infokommunikacii i informacionnaya bezopasnost': sostoyanie, problemy i puti resheniya: materialy I Vserossijskoj nauch.-prakt. konf. Kursk, 2014. S. 182–187.

5. Krutyh V. E., Gulamov A. A. Zashchita personal'nyh dannyh v informacionnoj sisteme upravleniya universitetom // Aktual'nye problemy infotelekommunikacij: materialy V Regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2013. S. 105–109.

6. Krutyh V. E., Gulamov A. A. Informacionnaya bezopasnost' infokommunikacionnoj sistemy VUZa // Aktual'nye problemy infotelekommunikacij: mat. IV Region. nauchnoprakt. konf. Kursk, 2012. S. 189–194.

7. Krutyh V. E., Gulamov A. A. Povyshenie ehffektivnosti upravleniya i funkcionirovaniya VUZa posredstvom primeneniya videokonferencsvyazi // Aktual'nye problemy infotelekommunikacij: materialy IV Regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2012. S. 184–189.

8. Nasser A. A., Gulamov A. A. Informacionnaya model' administrativno-upravlencheskoj sistemy VUZa // Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz 2011. № 4. S. 71–75.

9. Nasser A. A., Gulamov A. A. Informacionnaya model' processov informacionno-analiticheskogo obespecheniya v vuze // Vesti vysshih uchebnyh zavedenij Chernozem'ya. 2011. № 2. S. 111–114.

10. Gulamov A. A. Haritonov I. O. Organizacii svyazi vzaimodejstviya sluzhb ehkstrennogo reagirovaniya razlichnyh vedomstv v zone chrezvychajnoj situacii // Aktual'nye problemy infotelekommunikacij: materialy III Regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2011. S. 73–75.

УДК 528.72

Л. Н. Захарова, канд. техн. наук, Донецкий национальный технический университет (Покровск, Украина) (e-mail: mila2017ma@gmail.com)

РАСПОЗНАВАНИЕ ГРАНИЦ КЛАСТЕРОВ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД В ПРОЦЕССЕ ИХ НЕОБРАТИМЫХ СДВИЖЕНИЙ

Целью данной статьи является обоснование методики распознавания и выделения границ кластеров грунтовой поверхности или разреза в массиве горных пород в процессе исследования их необратимых сдвижений за пределом упругости. При выполнении исследований использованы методы кластерного анализа, вычислительной геометрии и термодинамики. Показано, что данная задача выделения кластеров грунта не имеет единственного решения, однако, опираясь на законы термодинамики необратимых процессов, был обоснован подход, при котором для классификации кластеров применяется взвешенный метод К-средних в евклидовой метрике, а для нанесения границ кластеров – диаграмма Вороного. Такое решение в области анализа необратимых сдвижений горных пород и грунтов получено впервые и представляет практическую ценность для прогнозирования опасных явлений, связанных с оползнями склонов и потерей устойчивости туннелей и горных выработок.

Ключевые слова*: распознавание образов, метод К-средних, диаграмма Вороного, необратимые деформации.*

Ссылка для цитирования: Захарова Л. Н. Распознавание границ кластеров на земной поверхности и в массиве горных пород в процессе их необратимых сдвижений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 12–19.

***

В последнее время технологии распознавания образов находят широкое применение в разных областях знаний, включая медицину, биологию, лингвистику, менеджмент, экономику, технику и другие отрасли. Актуальность выделения и кристаллизации осмысленной информации из случайных наборов данных неуклонно возрастает, что подтверждается большим числом публикаций и конференций по указанной проблеме [1, 2]. Особое место распознавание образов занимает в геодезии, картографии и геоинформатике [3, 4]. Специфический круг задач, решаемых геоинформационными системами, охватывает классификацию непрерывных полей, данные о которых получают в виде дискретных множеств и наборов, что обусловлено достаточно высокой стоимостью определения координат объектов. В связи с этим вначале выполняют процедуру сглаживания или усреднения данных, а затем производят классификацию. В процессе выполнения этих задач решается проблема неточности, а также неопределенности данных, устранения последствий ошибок измерений, помех и шумов.

Особое место занимают задачи классификации производных от результатов измерений. К такой задаче относится проблема восстановления кинематики необратимых сдвижений земной поверхности, а также массивов горных пород в процессе их разрушения и развития потенциально опасных и даже катастрофических явлений, таких как, например, оползни, лавины, сели, или обрушения подземных полостей и горных выработок [5]. Подобные явления представляют серьезную экологическую и технологическую опасность, которая часто сопровождается гибелью людей и разрушением строений, конструкций, а также природных объектов.

Разрушение наносов и грунтовых оснований на земной поверхности, а также массива горных пород на значительных глубинах не всегда означает потерю их устойчивости. В подавляющем большинстве случаев катастрофическое явление в реальном горном массиве предваряется процессом достаточно длительно-

го накопления поврежденности, в течение которого можно заблаговременно обнаружить необратимые сдвижения и деформации грунта и горных пород и предупредить нежелательное развитие опасного процесса или эвакуировать людей из потенциально опасной зоны.

Оказалось, что элементарные подвижки грунта и массива горных пород могут взаимно вычитаться, поскольку необратимый процесс деформирования горной породы сильно зависит от пути или истории нагружения. Таким образом, существенные детали и эффекты могут исчезать из поля зрения исследователя, что в итоге скрывает весьма важную информацию, которая могла бы быть использована для прогноза развития опасного явления.

На рисунке 1 показан фрагмент процесса развития оползня береговой линии Азовского моря. Была исследована эволюция структур грунтовой поверхности при развитии оползней склонов. Оползни изучались вдоль побережья Азовского моря, которое имеет характерный приморский абразионно-овражно-сдвиговый тип. Абразионный тип берега с короткими береговыми оврагами и оползневыми террасами наиболее ярко выражен в восточных районах Украины. Оползни образуются на верхнеплиоценовых глинах и активизируются после продолжительных осадков и увлажнения почвы (см. рис. 1, *а*). Поскольку оползни возникают и развиваются медленно, они являются удобными для детального изучения необратимых процессов сдвижения грунта.

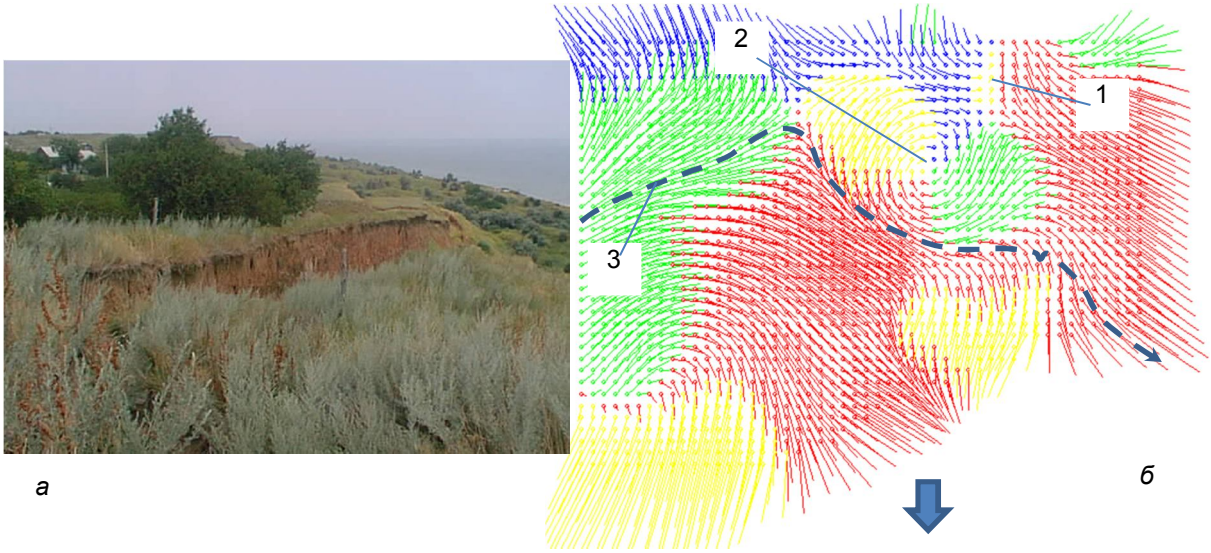

Рис. 1. Общий вид оползня (*а*) и характерные паттерны его диссипативных структур (*б*)

Для проведения мониторинга процесса сдвижения грунта геодезические знаки устанавливались на расстоянии 2,5–4 м друг от друга, что позволило зафиксировать важные детали механизма развития оползня. Инструментальные наблюдения за сдвижением почвенной поверхности осуществлялись в течение весеннего, летнего и начала осеннего сезонов. Результаты инструментальных наблюдений интерполировались методом кригинга и визуализировались в виде поля сдвижений (см. рис. 1, *б*). Оказалось, что сам процесс необратимых (неупругих) сдвижений грунта протекает неравномерно. При этом на земной поверхности можно выделить диссипативные структуры, рассеивающие потенциаль-

ную энергию оседающего и сползающего грунта. В первом приближении эти структуры показаны в виде больших кластеров, выделенных разными цветами.

Четырьмя различными цветами обозначены кластеры грунта, движущиеся вправо и вверх, вправо и вниз, влево и вниз, а также влево и вверх. Жирной стрелкой указано генеральное направление развития оползня. Как видно, не все участки грунта движутся в сторону развития оползня. Некоторые кластеры испытывают временные перемещения в стороны и даже против градиента силы тяжести, то есть против направления развития оползня. Отдельные кластеры группируются в домены, которые организуют временные структуры в виде вытоков 1, роторов или вихрей 2, стоков, потоков 3 и других паттернов. Кластерная мозаика периодически меняется во времени и пространстве, что дает новую важную информацию о сложном поведении грунта в процессе развития оползня и позволяет проследить его историю.

Для более детального распознавания самих кластеров и положения их границ нами использовались методы кластеризации [6-8]. В данной работе использован один из наиболее популярных методов кластеризации К-средних [6]. Идея метода основана на одновременной минимизации вариации расстояний между векторами внутри кластеров и максимизации разброса расстояний между центрами тяжести кластеров. Количество возможных кластеров менялось от 3-4 и далее. Первая оценка числа кластеров выполнялась упрощенным визуальным методом, описанным выше. Далее процесс классификации контролировался динамикой дисперсий или среднеквадратических отклонений расстояний от центров кластеров к общему центру. Важно подчеркнуть, что для визуализации кластерной мозаики использовалось интерполированное поле смещений грунта, тогда как в процессе кластерного анализа использовались только фактические изменения координат реперов, установленных на экспериментальном участке.

В таблице показаны результаты вычисления расстояний между кластерами на этапе, когда их было семь штук.

Расстояние между кластерами, $м^2$\м *

Номер кластера	1	2	3	4	5	6	7
1	0,0	2625,8	7398,7	1921,9	3231,4	8435,1	7990,9
2	51,2	0,0	2983,1	2990,7	3069,5	1672,4	2321,8
3	86,0	54,6	0,0	2976,9	12058,5	2567,0	8194,8
4	43,8	54,7	54,6	0,0	8432,0	7034,2	10574,4
5	56,8	55,4	109,8	91,8	0,0	7337,3	3031,1
6	91,8	40,9	50,7	83,9	85,7	0,0	2094,6
7	89,4	48,2	90,5	102,8	55,1	45,8	0,0

* Выше диагонали указаны квадраты расстояний, ниже – расстояния.

По мере увеличения числа кластеров длина и ориентация векторов смещений их центров изменялась, что видно на рисунке 2. Некоторые векторы демонстрировали относительную стабильность, тогда как ряд векторов распадались на составляющие, что свидетельствовало о большем разнообразии кластерной мозаики и необходимости дальнейшего итерационного процесса вычленения кластеров.

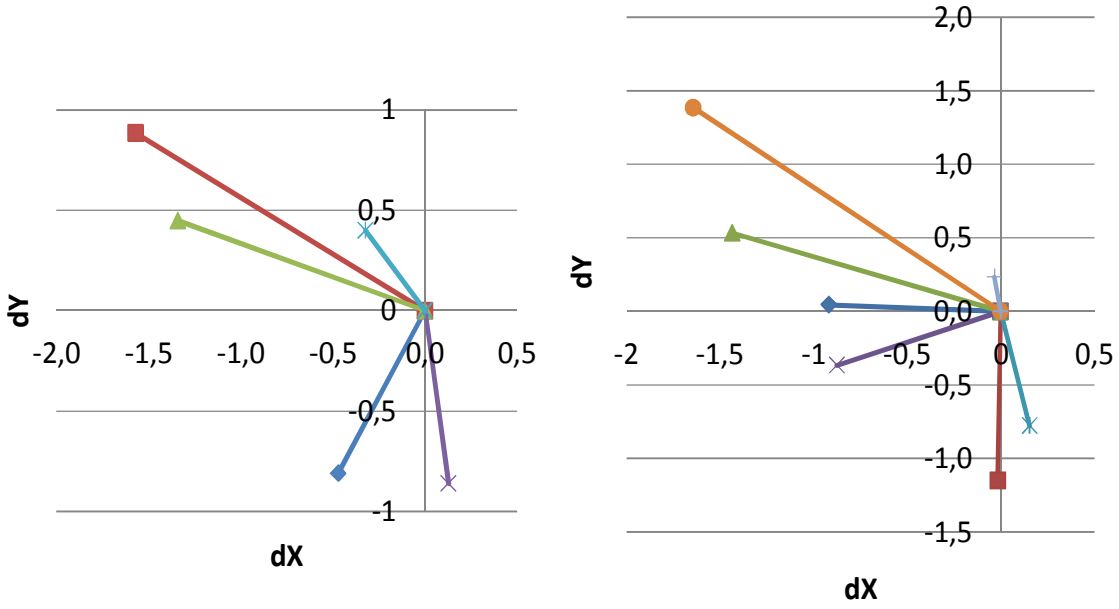

Рис. 2. Эволюция параметров кластеров в процессе увеличения их количества

В большинстве случаев на начальном этапе кластеризации все векторы необратимых сдвижений меняли свои параметры существенно. Так, в процессе увеличения числа векторов с 5 до 7 относительно стабильным остался лишь вектор, конец которого отмечен треугольником. Остальные векторы изменили либо длину, либо поменяли и длину, и направление.

Процесс насыщения дисперсий расстояний между кластерами векторов перемещений грунта и внутри кластеров наглядно иллюстрируется графиками на рисунке 3. На этом рисунке показана дисперсия расстояний между векторами сдвижений внутри кластеров и между центрами отдельных кластеров. При этом разброс расстояний указан отдельно по компонентам сдвижений вдоль осей X и У. Подчеркнем, что кластеризация векторов осуществлялась отдельно по их компонентам, поскольку важна не только длина векторов, но и их направление.

Как видно из графиков, при увеличении числа кластеров до 9 наблюдается стабилизация соответствующих дисперсий по обеим компонентам сдвижений точек земной поверхности. Вместе с тем дальнейшее продолжение процесса кластеризации показало, что эта стабилизация может хотя и не существенно, но нарушаться. Это свидетельствует о том, что для выбора момента останова указанного процесса необходим дополнительный критерий.

Для обоснования этого критерия была учтена физика процесса развития оползня. Термодинамический анализ показал, что изучаемая совокупность массива горных пород или наносов, затронутых процессом необратимых сдвижений, является открытой термодинамической системой, которая обменивается с окружающей толщей горных пород энергией и веществом (подземными водами, например). Под воздействием случайных и очень слабых флуктуаций эта система способна образовывать диссипативные структуры в результате самоорганизации разрушающейся толщи. Эти структуры периодически меняются, что описывается с математической точки зрения бифуркациями, характеризующими резкие переходы из одного состояния в другое. Оказалось, что для того чтобы начался ката-

строфический оползень или обвал массива в подземной выработке, необходима серия таких бифуркационных перестроек кластерной мозаики, чтобы накопить достаточный или критический объем пустотности. По кинетике этих состояний можно прогнозировать тенденции развития опасного процесса и предсказывать момент возможной катастрофы.

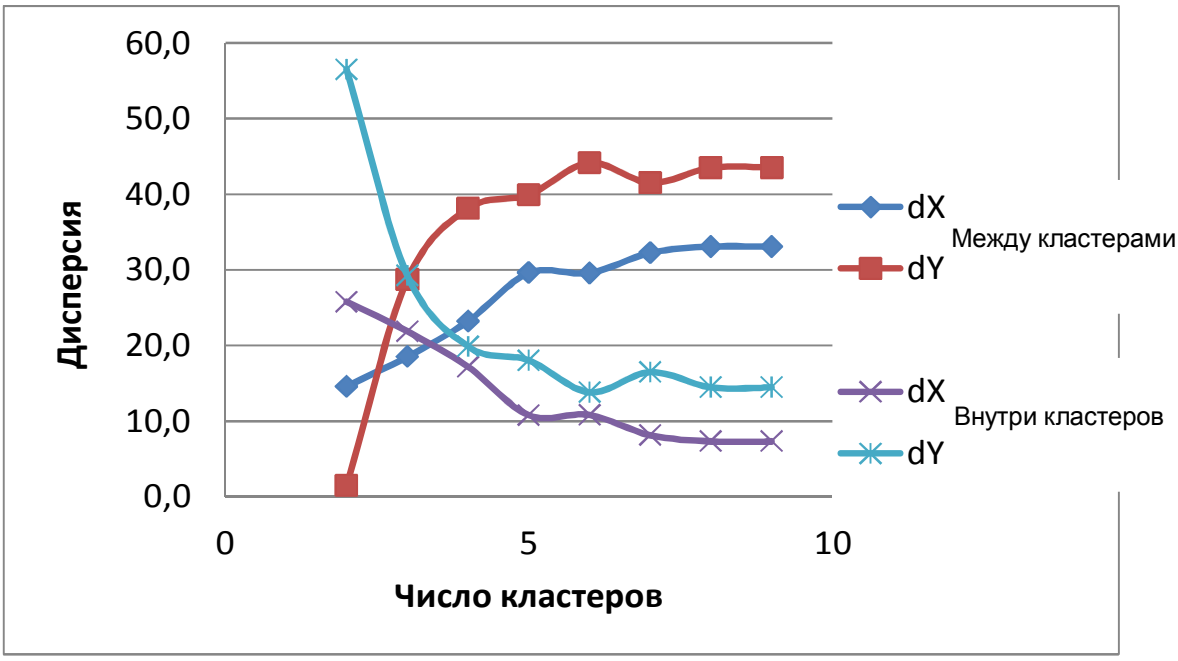

Рис. 3. Зависимость дисперсии от количества кластеров

Описание этого механизма выходит за пределы данной статьи, поэтому пока важно то, что состояние самоорганизации, согласно Пригожину [9], возможно при соблюдении следующего условия:

$$dS/dt = \int I(dX/dt)dv \leq 0, \qquad (1)$$

где S – энтропия, а ее производную называют производством энтропии,

t – время;

I и X – термодинамические силы (компоненты горного давления) и потоки (необратимые сдвижения толщи) соответственно;

v – элементарный объем массива, по которому выполняется интегрирование.

Нами было доказано, что наиболее вероятное состояние толщи горных пород, грунта или наносов соответствует максимуму энтропии, которая выражается с помощью известной формулы Больцмана через вероятность возникновения каждого j-го кластера p_j:

$$S = k\sum p_j \ln p_j, \qquad 1 \leq j \leq N, \qquad (2)$$

где k – постоянная;

N – общее число кластеров.

При этом энтропия S достигает минимума, когда вероятности возникновения всех кластеров равны между собой, то есть

$$p_j = 1/N. \qquad (3)$$

И тогда $dS/dt = 0$.

В реальных условиях результаты наблюдений всегда имеют определенную погрешность, и поэтому условие (3) недостижимо, однако оно является той величиной, на которую можно нормировать фактически полученные вероятности возникновения кластеров в процессе выполнения кластеризации.

Таким образом, в процессе кластеризации поля необратимых сдвижений грунтовой толщи подсчитывалось число случаев, когда с точностью до погрешности измерений размеры, форма и положение одного и того же кластера не менялись при увеличении их числа. Энтропия диссипативной системы вычислялась по зависимости (2) через вероятность p_j, которая рассчитывалась как доля повторяющегося кластера в общем их числе на текущем этапе кластеризации. Эта величина нормировалась на минимально возможную энтропию. Результаты эксперимента показали, что, действительно, существует момент, когда энтропия достигает минимума, по которому следует остановить процесс кластеризации.

Вторая проблема касалась определения местоположения границ кластеров. Дело в том, что отдельные члены кластера могут быть разбросаны в пространстве так, что границы кластеров перекрываются, что вносит заметную неопределенность в конечный результат. В связи с этим была использована диаграмма Вороного [10], которая определяет положение границ кластеров на линиях, которые перпендикулярны центрам отрезков, соединяющих центры тяжести соседних кластеров. Нами было доказано, что именно такое положение границ отвечает условию (3), что минимизирует неопределенность, обусловленную погрешностью определения координат реперов и точек на местности.

На рисунке 4 показано совмещенное распределение векторов сдвижений грунтового массива и мозаики Вороного.

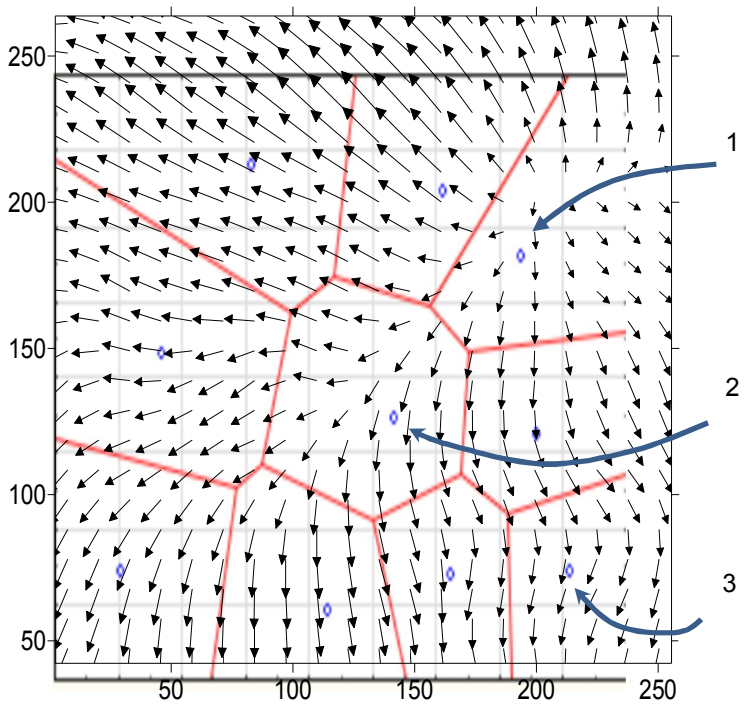

Рис. 4. Совмещение поля сдвижений и полигонов Вороного

Видно, что предложенный алгоритм адекватно выделил все характерные кластеры грунтового массива. Важно, что такие паттерны диссипативной системы, как выток 1, веер 2 или полуротор 3, не были разбиты на составляющие, поскольку это могло бы случиться при дальнейшем увеличении числа кластеров.

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать следующие **выводы**.

Благодаря применению комплекса методов кластерного анализа, вычислительной геометрии и термодинамики разработана методика вычленения кластеров массива горных пород, наносов и земной поверхности в процессе развития необратимых сдвижений и деформаций, а также определено положение границ указанных кластеров. Процесс кластеризации выполняется методом К-средних в евклидовой метрике с последовательным увеличением числа кластеров и проверкой критерия останова, в основу которого положен второй закон термодинамики в форме минимизации избыточного производства энтропии, а для нанесения границ кластеров применяется диаграмма Вороного, что дает возможность выявить характерные диссипативные структуры грунта и горных пород. Такое решение в области анализа необратимых сдвижений горных пород и грунтов получено впервые и представляет практическую ценность для прогнозирования опасных явлений, связанных с оползнями и потерей устойчивости туннелей и горных выработок.

Список литературы

1. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning hristopher. Berlin: Springer, 2006.

2. Pattern Recognition and Image Analysis 8th Iberian Conference, Alexandre L. A. (Ed.) IbPRIA 2017, Faro, Portugal, June 20-23, 2017, Proceedings. 496 p.

3. Шуклин И. И., Мосин С. А., Мирошниченко С. Ю. Влияние свойств данных дистанционного зондирования земли и параметров их трансформирования на время построения результирующего изображения местности // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 6(69). С. 16–27.

4. Ramachandra T. V., Bharath H. A. and Sowmyashree M. V. Analysis of spatial patterns of urbanisation using geoinformatics and spatial metrics. Theoretical and empirical research in urban management. 2013, 8(4): 4-24.

5. Nazimko I. V. & Zakharova L. M. Clustering of the Ground Movement using Photogrammetric Methods. Proc. int. conf. «Surveying in geotechnologies». NMU, Dnipropetrovs'k, 2010: 46-52.

6. Berikov V., Pestunov I. Ensemble clustering based on weighted co-association matrices: Error bound and convergence properties. Pattern Recognition, 63(3): 427-436.

7. Gónzalez S., García S., Lázaro M., Figueiras-Vidal A.R., Herrera F. Class Switching according to Nearest Enemy Distance for learning from highly imbalanced data-sets. Pattern Recognition, 70(10): 12-24.

8. Rodrigues E.O., Torok L., Panos Liatsis, José Viterbo, Aura Conci.k-MS: A novel clustering algorithm based on morphological reconstruction Pattern Recognition, 66(7), 2017: 392-403.

9. Kondepudi D. & Prigogin I. (2015). Modern Thermodynamics: from Heat Engines to Dissipative Structures. Second edition. John Wiley & Sons; XXVI.

10. Voronoi G. F. (1908). "Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie de formes quadratiques". Journal für die reine und angewandte Mathematik. 134: 198–287.

Получено 17.03.17

UDC 528.72

L. N. Zacharova, Candidate of Engineering Sciences, Donetsk National Technical University (Pokrovsk, Ukraine) (e-mail: mila2017ma@gmail.com)

RECOGNITION OF THE CLUSTER BOUNDARY ON THE GROUND SURFACE AND IN UNDERGROUND SPACE DURING IRREVERSIBLE GROUND MOVEMENT

Purpose of this paper was to develop the method for recognition and identification of the ground cluster boundary on the surface and in underground rock mass during irreversible ground movement in the inelastic state. We used cluster analysis, computational geometry, and thermodynamics as the methods of investigation. This is NP-problem and there is not a single solution, but using the methods of thermodynamics of irreversible processes, we have developed an approach for the cluster classification. This method makes use the weighted K-means clustering in Euclid metrics to identify coordinates of the cluster centers, and boundaries of the clusters were located using Voronoi diagrams. Such a solution increases the accuracy and has been made for the first time in the area of investigation the nonreversible ground movement. Practical implementation of this method increases safety because it provides the possibility to forecast dangerous and catastrophic events such as landslides and roof falls in underground openings.

Key words: *pattern recognition, K-means clustering, Voronoi diagram, irreversible deformation.*

For citation: Zacharova L. N. Recognition of the cluster boundary on the ground surface and in underground space during irreversible ground movement, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 12–19.

***

References

1. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning hristopher. Berlin: Springer, 2006.

2. Pattern Recognition and Image Analysis 8th Iberian Conference, Alexandre L. A. (Ed.) IbPRIA 2017, Faro, Portugal, June 20-23, 2017, Proceedings. 496 p.

3. Shuklin I. I., Mosin S. A., Miroshnichenko S. Yu. Vliyanie svojstv dannyh distancionnogo zondirovaniya zemli i parametrov ih transformirovaniya na vremya postroeniya rezul'tiruyushchego izobrazheniya mestnosti // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. № 6(69). С. 16–27.

4. Ramachandra T. V., Bharath H. A. and Sowmyashree M. V. Analysis of spatial patterns of urbanisation using geoinformatics and spatial metrics. Theoretical and empirical research in urban management. 2013, 8(4): 4-24.

5. Nazimko I. V. & Zakharova L. M. Clustering of the Ground Movement using Photogrammetric Methods. Proc. int. conf. «Surveying in geotechnologies». NMU, Dnipropetrovs'k, 2010: 46-52.

6. Berikov V., Pestunov I. Ensemble clustering based on weighted co-association matrices: Error bound and convergence properties. Pattern Recognition, 63(3): 427-436.

7. Gónzalez S., García S., Lázaro M., Figueiras-Vidal A.R., Herrera F. Class Switching according to Nearest Enemy Distance for learning from highly imbalanced data-sets. Pattern Recognition, 70(10): 12-24.

8. Rodrigues E.O., Torok L., Panos Liatsis, José Viterbo, Aura Conci.k-MS: A novel clustering algorithm based on morphological reconstruction Pattern Recognition, 66(7), 2017: 392-403.

9. Kondepudi D. & Prigogin I. (2015). Modern Thermodynamics: from Heat Engines to Dissipative Structures. Second edition. John Wiley & Sons; XXVI.

10. Voronoi G. F. (1908). "Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie de formes quadratiques". Journal für die reine und angewandte Mathematik. 134: 198–287.

УДК 004.62

С. Н. Калегин, аспирант, ЗАО «МНИТИ» (Московский научно-исследовательский телевизионный институт) (Москва, Россия) (e-mail: skalegin@inbox.ru, ksn@mniti.ru)

РАСПОЗНАВАНИЕ ЯЗЫКА НЕСТРУКТУРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ГЛОБАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА

В статье представлена проблема распознавания языка неструктурированных информационных блоков в системах глобального мониторинга, без решения которой невозможно полностью автоматизировать процесс обработки входящих данных, и показаны возможные способы её решения с целью выявления их преимуществ и недостатков, а также выбора универсальной технологии языковой идентификации, подходящей для всех подобных систем, что позволит унифицировать соответствующие программные модули обработки входящей информации.

Современные способы решения указанной проблемы могут быть разделены на 2 категории: символьные и словарные, которые составляют соответствующие идентификационные принципы и обусловливают результаты их применения. Для определения эффективности этих способов автором проведены специальные исследования, позволившие выявить их особенности и определить возможность применения в автоматизированных системах мониторинга. Данные исследования показали, что существующие технологии и программные решения в сфере языковой идентификации информации имеют общие недостатки, которые обусловлены выбором принципов и способов идентификации, каждому из которых присущи характерные преимущества и недостатки. По этой причине разработчикам подобных систем следует обращать внимание на технологическую основу, которой обусловлены характеристики, результаты работы и условия применения конечного продукта. Кроме того, по результатам исследований видно, что универсальных способов или технологий определения языковой принадлежности информационных блоков сегодня не существует по объективным причинам и в каждой конкретной ситуации требуется их подбор под решаемые задачи, что является стимулом для соответствующих специалистов к поиску новых решений.

Ключевые слова: *система глобального мониторинга информации, языковая идентификация информации, способ языковой идентификации, определение языка текста, определение языковой принадлежности информации.*

Ссылка для цитирования: Калегин С. Н. Распознавание языка неструктурированной информации в системах глобального мониторинга // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 20–27.

***

В современном информационном мире государственным структурам и коммерческим организациям становится всё труднее следить за динамично меняющимся информационным полем, которое содержит множество различных неструктурированных данных. При этом большая часть информации представлена в текстовом виде (или в него конвертируется), что существенно затрудняет экспресс-обзор по нужной тематике. Поэтому регулярного просмотра новостных лент в СМИ или Интернете и поиска необходимой информации в соответствующих системах не всегда достаточно, так как объём данных, скорость их накопления и разнородность не позволяют человеку провести полный анализ в нужной сфере за приемлемое время [1]. Для этих целей созданы автоматизированные системы глобального мониторинга, позволяющие получать требуемую информацию из различных источников, во всех видах и на разных языках, а также проводить её анализ и создавать нужные отчёты в автоматическом режиме. На основе таких отчётов можно не только анализировать состояние дел в заданной области, но и строить прогнозы развития ситуации, что необходимо для принятия верных решений и стратегического планирования.

На сегодняшний день создано множество систем мониторинга, предназначенных для сбора и обработки определённой информации. Например, система «Астарта» компании Cognitive Technologies, представляющая собой экспертный рубрикатор для сбора, хранения и семантического анализа текстовых ма-

териалов; информационно-аналитическая система «Медиалогия» одноименной компании, позволяющая производить разнообразный анализ данных по определённой тематике; программа TextAnalyst от НПИЦ "МикроСистемы", которая является инструментом смыслового поиска информации и формирования электронных архивов, и многие другие. Последняя способна строить семантические деревья по отдельным статьям, в результате чего создаётся смысловой портрет каждого текста на основе количества упоминаний и частоты встречаемости значимых слов. В TextAnalyst также имеется модуль, генерирующий реферат текстового документа, а многие из подобных систем снабжены внешними или встроенными авторубрикаторами и аннотаторами, которые становятся фактически стандартными атрибутами информационно-аналитических систем. Однако в настоящее время наиболее востребованы системы глобального многоязычного поиска, которые могут собирать информацию на различных языках со всего мира и выдавать унифицированный результатирующий отчёт, а в таком случае возникает проблема языковой идентификации собранных данных. Без решения этой проблемы невозможно полностью автоматизировать процесс обработки входящих информационных блоков, что существенно затормаживает развитие подобных систем.

Для решения указанной проблемы разработано множество способов языковой идентификации, наиболее популярными из которых являются следующие [2]:

использование уникальных символов;

• использование статистики комбинаций символов (n-грамм);

• использование словарей;

• поиск характерных коротких слов.

Эти способы могут быть разделены на 2 категории: символьные и словарные, которые составляют соответствующие идентификационные принципы и обусловливают результаты их применения. Для определения эффективности этих способов автором были проведены специальные исследования, которые позволили выявить их особенности и определить возможность применения в автоматизированных системах мониторинга.

При обработке многоязычной информации в автоматическом режиме перед машиной возникает несколько задач, связанных с выделением блоков на каждом языке и работой с ними. Для их решения создаются специальные программные модули и системы – языковые определители. Место такого определителя в системе глобального мониторинга информации показано на рисунке.

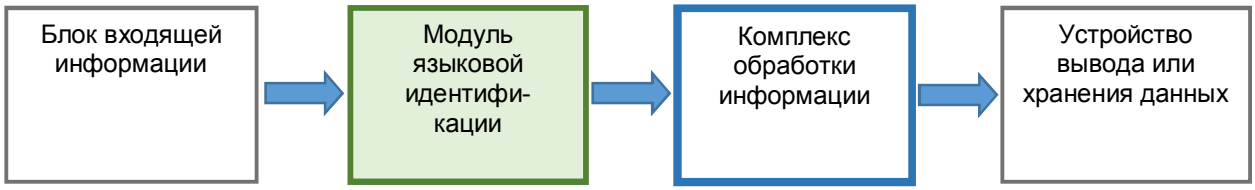

Рис. Место модуля языковой идентификации в системе глобального мониторинга информации

Как следует из рисунка, языковой определитель является первым фильтром и обработчиком входящего информационного блока. Однако каждая подобная программа имеет свои преимущества и недостатки, обусловленные принципом и способом идентификации, заложенными в её основу, или эффективностью корреляции нескольких принципов при их объединении [3], а также их технической реализацией и особенностями результати-

рующего алгоритма, что будет показано далее.

Большинство разработчиков предлагают разделять разноязычные блоки на основании различий письменных систем [4], то есть использовать символьный принцип, что частично рационально для тех языков, традиционные письменности которых существенно отличаются. Например, из текста на английском языке легко выделяются цитаты на арабском, если они записаны арабскими буквами. Однако, как показывает практика, языковая идентификация таких блоков будет носить вероятностный характер и не всегда соответствовать действительности, на что справедливо обращают внимание некоторые специалисты [5, 6]. Например, арабской письменностью фиксируется информация не только на арабском языке, но и на фарси, дари, пушту, кашмири, пенджаби, синдхи, хауса, фула и т.д.; латинский алфавит применяется для записи текстов на сотнях различных языков, включая языки всех континентов, а кириллица используется славянскими, тюркскими, уральскими и другими народами, населяющими Восточную Европу, Кавказ и территорию бывшего СССР.

Ниже приведены фрагменты текстов на языках различных генеалогических групп, использующих латиницу, которые наглядно демонстрируют несостоятельность данного подхода к определению языковой принадлежности информации.

Итальянский язык (романская группа)

Il Talenti propone un nuovo modello per la Cattedrale, che modifica in modo sostanziale il progetto arnolfiano allargando notevolmente l'ampiezza delle campate e riducendo a tre il loro numero in modo da lasciare inalterata la lunghezza delle navate.

Валлийский язык (кельтская группа)

"A dweud y gwir allwn ni ddim ag enwi un peth. Wy'n gwybod y byddai hynnyn beth eitha' ystrydebol i ddweud, ond... mae e i gyd yn deillio mewn gwirionedd ohonof fi'n pigo off beth mae pawb arall yn y band yn cael eu dylanwadu ganddo.

"Mae gan Robin chwaeth hollol wahanol i'r gweddill ohonon ni, ac mae pawb yn codi eu dylanwadau eu hunain ac yn eu rhoi nhw at ei gilydd. Mae'r caneuon i gyd wedi'i gwneud gan un syniad bychan neu ychydig o syniadau bychain.

Голландский язык (германская группа)

Het Mobiele Verkeersplein is door Veilig Verkeer Nederland (VVN) en Shell in het leven geroepen, om kinderen bewuster en veiliger om te leren gaan met het verkeer. Precies vijf jaar geleden werd dit gezamenlijke project op dezelfde locatie in Mijdrecht opgestart. Inmiddels hebben 75.000 kinderen aan het levensechte parcours met verkeersborden, skelters, fietsjes, zebrapaden en verkeerslichten meegedaan. Na menig succesvolle jaren van samenwerking gaat VVN verder met praktisch verkeersonderwijs.

Идо (искусственный язык)

En Nederlando existas granda sabloduni. Sen l' interveno di la naturamiki hike ja de longe esus foresto. En altra distrikto trovesas granda erikeyi. La naturo ne prizas nur unspeca plantaro e probas kreskigar arbori e herbi di fekunda mixuro. Ma se irgaloke videbleskas birketo en erikeyo, naturamiki quik efacas ol.

Суахили (группа банту)

Hadi sasa watu 36 wameripotiwa kuokolewa kutokana na kazi kubwa, iliyofanywa na vikosi vya uokoaji vya Jeshi la Polisi kwa kushirikiana na wananchi wanaoishi katika vijiji vya pembezoni mwa Ziwa Nyasa.

Chanzo cha habari kutoka eneo la tukio, kililiambia gazeti hili jana kuwa boti hiyo ilizama baada ya kugonga mwamba ndani ya ziwa hilo saa tisa alasiri jirani na kilipo kijiji cha Mkenda wilaya ya Nyasa mkoani Ruvuma.

Из приведённых примеров видно, что по знакам письменности определить язык практически невозможно, так как в большинстве случаев она не связана с каким-либо языком непосредственно, а является только одним из возможных средств для фиксации информации, что отражено в определениях понятий «язык» и «письменность».

Однако, несмотря на очевидные недостатки, многие специалисты предлагают использовать особенности традиционной для конкретного языка письменности в целях языковой идентификации текстов на этом языке [7, 8]. В качестве языковых маркеров авторы подобных способов и подходов предлагают использовать характерные символы или сочетания, которые обычно применяются для фиксации информации на данном языке, или статистически наиболее употребительные сочетания символов – n-граммы (табл.) [9], которые могут объединяться в специальные наборы – языковые модели. Такие символы и сочетания называются «идентификационными маркерами» языка, некоторые примеры которых приведены ниже.

Характерные символы различных письменностей

Кириллические: Ё, Й, Ъ, Ь, Ғ, Ә, Ҥ, Ц, Ч, Ҡ …

Латинские: Ł, À, Æ, Ê, Ï, Ü, Ä, Ö, Õ, Ñ, Í, Č, Ď, Ħ, Ş, Ŝ, Ž …

Характерные сочетания символов в разных языках

SCH, TSCH, CK, CZ, DZ, DŹ, DŻ, RZ, SZ, SZCZ, ŚĆ, ŹDŹ, ŻDŻ …

Фрагмент таблицы n-грамм для нескольких языков

Шведский	Английский	Немецкий	Французский	Итальянский
en_	_th	en_	_de	_di
_._	he_	er_	es_	to_
er_	the	_de	de_	_de
et_	_,_	der	ent	di_
tt_	nd_	ie_	nt_	_co
_de	ed_	ich	_le	la_
ar_	_an	sch	e_d	re_
-,-	and	ein	le_	ion
fr	_._	che	ion	ent
om_	_to	die	s_d	e_d
_oc	ing	ch_	e_l	le_

Однако такой подход тоже не даёт высокой точности распознавания языка информационных блоков, так как подобные символы и их сочетания могут встречаться в текстах на различных языках. Для примера можно сравнить следующие фрагменты на немецком и турецком языках, содержащие умляуты (буквы с тремой: «**ä**» «**ö**» и «**ü**»), являющиеся отличительной особенностью немецких текстов.

Немецкий язык

*„Wir nehmen im Match diesen Ball auf und werden ihn weiter voranspielen“, sagte Sch**ä**ubles Sprecher in Berlin. Die sogenannten Panama Papers seien keine **Ü**berraschung, erh**ö**hten aber den Druck auf Steueroasen auf der ganzen Welt. Das „Unterholz“ bei Versuchen, die Steuerbeh**ö**rden*

*auszutricksen, **müsse** besser ausgeleuchtet werden. **Schäuble** selbst werde vor der **Frühjahrstagung** des Internationalen **Währungsfonds** (IWF) und der Weltbank vom 15. bis zum 17. April in Washington die Initiative ergreifen in der Frage, wie es international mehr Transparenz gegen illegale **Finanzgeschäfte** geben **könne**, **kündigte** **Jäger** an.* (Из новостной ленты)

Турецкий язык

*Uzun yıllar **önce** Çin'de bir kral vardı. Kralın sarayı çok **büyük** ve çok **güzeldi**. Çatısı altındı. Pencerelerinde bin tane lâmba vardı. Koridorları uzun ve bahçeleri sayısızdı.*

Sarayın çevresinde yeşil bir orman ve mavi bir deniz vardı.

*Ormanda sayısız hayvan vardı. Fakat hayvanların en meşhuru **küçük** gri **bülbüldü**. Sesi çok **güzel** ve harikaydi. İnsanlar her yerde **bülbülün** **güzel** şarkılarından bahsetti.*

*Balıkçılar deniz kenarında **bülbülün** **güzel** sesini dinledi. Herkes **bülbülün** **güzel** şarkılarını duydu ama kimse onu **görmedi**.*

***Bülbül** Çin'de ve komşu **ülkelerde** meşhur oldu. Uzak **ülkelerden** insanlar **bülbülü** dinlemek için ormana geldiler. Şairler **bülbül** için şiirler yazdılar. **Ülkede** herkes **bülbülün** **ününü** duydu. Yalnız **ülkenin** kralı bundan haberdar değildi.* (Отрывок из сказки Kral ve bülbül)

Как видно из приведённых фрагментов, по характерным для традиционной письменности конкретного языка символам также невозможно гарантированно идентифицировать язык информационного блока, как и без них, в силу их широкой распространённости. А значит, определять языковую принадлежность текста или речи разумно только по форме их компонентов и лексико-грамматическим элементам, то есть морфемам, словам, синтагмам и т.д.

Для повышения надёжности языковой идентификации разработаны словарные способы, позволяющие определять язык по характерным коротким, служебным или всем значимым словам текста, для чего к программе подключаются специальные списки или словари всех идентифицируемых языков. Однако такой подход к решению проблемы многократно повышает ресурсоёмкость процесса языковой идентификации в целом и не даёт ожидаемых результатов, так как формы слов (особенно коротких) могут полностью совпадать в различных языках, а словарные варианты встречаются далеко не во всех предложениях, что показано на следующих примерах, где в качестве идентификационных маркеров (выделены полужирным шрифтом) используются словарные формы (для русского языка) и короткие слова (для польского).

Русский язык

*Нова была красивой планетой, первой успешной земной колонией. **Сейчас** это **пустыня**. Целые города исчезли с её лица, уничтоженные взрывами нейтронных бомб. Нечего **опознать**. Нечего **похоронить**. Некого **оплакать**. **Вторжение** началось **внезапно**. Объединённые силы Земли нанесли коварные удары по всей территории планеты. **После** них остались растерзанные тела. Крики женщин и детей о помощи захлебнулись в плазменном огне, прожегшем их **плоть**. Мы слышали **много** проповедей о добродетелях прогресса и науки. Что хорошего от них, если целые цивилизации разрушаются в **мгновение** ока?* (Вступление из компьютерной игры "Power DOLLS")

Польский язык

*Przewodniczący Rady Europejskiej opowiadał też, że podczas jego rozmów z innymi premierami **i** prezydentami największe zainteresowanie budziły dwie sprawy. - Byłem trochę tym zaskoczony, ale **po** chwili zrozumiałem dlaczego. **To** były pytania **o** Puszczę Białowieską **i o** stadninę koni. Może dlatego, że **to ma** też wymiar symboliczny. Muszę powiedzieć, że dla mnie jako Polaka ktoś, kto wycina starodrzew al-*

*bo doprowadza **do** śmierci koni - **i to** w takiej stadninie jak Janów - robi straszne rzeczy. Zastanawiam **się**, czy nie zaczną też strzelać **do** bocianów – powiedział.* (Отрывок из газеты)

В первом примере пропускаются целые предложения, а во втором встречаются такие слова, как **to, ma, i, o, do**, которые присущи текстам и на других языках (английском, итальянском, португальском, гаэльском и т.д.). Следовательно, для верной языковой идентификации такие маркеры также малопригодны.

Таким образом, обработка разноязычных информационных блоков требует разработки комплексных алгоритмов, что существенно усложняет технологию языковой идентификации в целом, но повышает её надёжность и результативность. Например, использование в одном определителе сразу нескольких способов языковой идентификации, основанных на различных принципах, существенно повышает вероятность верного определения языка информационного блока за счёт гибридного подхода. Но при этом возникает проблема определения верности результатов применения каждого способа в результатирующем алгоритме, так как адекватной технологии для этого не существует, а рейтинг показателей вероятности не всегда соответствует действительности. Следовательно, простого объединения разных способов в одной программе или системе языковой идентификации недостаточно для гарантированного определения языка, а значит, требуется разработка других технологий, возможно, с привлечения специальных лингвистических знаний. Кроме того, объединение нескольких способов требует привлечения дополнительных ресурсов, например n-грамм-моделей и словарей, а также многократно увеличивает требования к вычислительной мощности аппаратного обеспечения, что может сделать процесс языковой идентификации нерационально ресурсоёмким.

В ходе проведённого исследования были определены следующие критерии, выявляющие основные преимущества и недостатки, а также результативность, ресурсоёмкость и целесообразность применения конкретного способа, технологии, программы или системы:

- основополагающий идентификационный принцип;
- объём и структура идентификационного набора;
- длина (объём) идентификационного маркера;
- количество и качество идентификационных маркеров;
- требуемое количество операций сравнения;
- требуемый объём оперативной памяти;
- требуемая вычислительная мощность компьютера;
- необходимость использования дополнительных систем, моделей, баз данных, словарей и т.п.;
- вероятность верного результата.

Как видно из приведённого списка, на результат машинного определения языковой принадлежности текста тем или иным способом существенное влияние оказывают как принцип и способ идентификации, на базе которого строится логика алгоритма данной технологии, программы или системы, так и технические показатели конкретной реализации.

По итогам проведённых исследований также следует отметить, что все современные технологии языковой идентификации так или иначе зависят от письменной системы, применяемой в анализируемом тексте, а также правил грамматики и орфографии каждого анализируемого языка, что делает невозможным их применение при записи текста нетрадиционным или несовременным способом. Кроме того, для верной идентификации определителю часто требуется существенно больше анализируемого материала, чем декларируют разработчики, что ставит под сомнение заявляемые ими

преимущества рассмотренных способов или программных решений.

Резюмируя сказанное выше, следует отметить, что, несмотря на большое количество и разнообразие существующих технологий и программных решений для определения языковой принадлежности неструктурированного текста, они имеют общие недостатки, которые обусловлены не совершенством алгоритма и не его технической реализацией, а выбором принципов и способов идентификации, каждый из которых имеет характерные особенности [10]. По этой причине при разработке соответствующего программного обеспечения важно не только и не столько стремиться к совершенству алгоритмов и технических решений, сколько обращать внимание на их технологическую основу, которой обусловлены основные характеристики, результаты работы и условия применения конечного программного продукта. Кроме того, результаты исследований показали, что универсальных способов или технологий определения языковой принадлежности информационных блоков сегодня не существует по объективным причинам и в каждой конкретной ситуации требуется их подбор под решаемые задачи. Это является стимулом для разработчиков систем глобального мониторинга к поиску новых решений.

Список литературы

1. Опарин А. Системы мониторинга и анализа СМИ [Электронный ресурс] // PC Week/RE. 2003. № (413) 47. URL: https://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=66333.

2. Grefenstette G. Comparing two language identification schemes / 3rd International Conference JADT 1995 (Statistical Analysis of Textual Data). Rome, Italy.

3. Калегин С. Н. Важность выбора основного идентификационного принципа при проектировании языковых определителей // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. Т. 12, № 2. С. 194–204.

4. Лидовский В.В. Первичная машинная обработка текста: методика и проблематика: монография. М., 1997. Деп. в ИНИОН РАН. 1998, № 53656.

5. Malek Boualem, “Multilingual text editing and Arabic language processing”, AI’95, Conférence en Génie linguistique, Montpellier, France, 1995.

6. Malek Boualem, Jérôme Vinesse Multilingual text processing difficulties, EURESCOM, P923, 1999.

7. Гиляревский Р. С. Определитель языков мира по письменностям. М., 1961. 303 с.

8. Пат. 2251737 Рос. Федерация, G06K9/68. Способ автоматического определения языка распознаваемого текста при многоязычном распознавании / Анисимович К. В., Терещенко В. В., Рыбкин В. Ю.; Аби Софтвер Лтд. (CY); опубл. 10.05.2005.

9. Калегин С. Н. Способы определения языковой принадлежности неструктурированного текста в мультиязычной информационной среде // Международная конференция «CONCORT-2016». Н. Новгород, 2016.

10. Калегин С. Н. Оценка эффективности методов определения языковой принадлежности неструктурированного текста и варианты их программной реализации // Международная конференция «CONCORT-2016». Н. Новгород, 2016.

Поступила в редакцию 13.03.17

UDC 004.62

S. N. Kalegin, Post-Graduate Student, Moscow Scientific Research Television Institute (Moscow, Russia) (e-mail: skalegin@inbox.ru, ksn@mniti.ru)

LANGUAGE IDENTIFICATION OF UNSTRUCTURED INFORMATION IN GLOBAL MONITORING SYSTEMS

The article presents the problem of language identification of unstructured information blocks in global monitoring systems, without it's solution is impossible to completely automate the process of incoming data processing, and shows possible methods to solve the problem in order to identify advantages and disadvantages, as well as the choice of a universal language identification technology suitable for all similar systems, which will allow to unify the appropriate software modules for incoming information processing.

Modern solutions of this problem can be divided into two categories: symbolic and vocabulary, which corresponding identification principles and determine the results of their application. To determine the effectiveness of these methods, the author carried out special studies that made it possible to identify their features and determine the possibility of using them in automated monitoring systems. These studies have shown that existing technologies and software solutions in the field of language identification have common shortcomings, which are due to the choice of identification principles and methods, each of which has its own inherent advantages and disadvantages. For this reason, developers of such systems should pay attention to the technological basis, which determines the characteristics, results of work and the conditions for using the final product. In addition, according to the research results, it is clear that there are no universal methods or technologies for language identification of information blocks today for objective reasons and in each specific situation they need to be selected for the tasks to be solved, which is an incentive for the relevant specialists to search for new solutions.

Key words: *system of global information monitoring, language identification of information, language identification method, text language definition, language detection of information.*

For citation: Kalegin S. N. Language identification of unstructured information in global monitoring systems, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 20-27.

***

References

1. Oparin A. Sistemy monitoringa i analiza SMI [Ehlektronnyj resurs] // PC Week/RE. 2003. № (413) 47. URL: https://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=66333.

2. Grefenstette G. Comparing two language identification schemes / 3rd International Conference JADT 1995 (Statistical Analysis of Textual Data). Rome, Italy.

3. Kalegin S. N. Vazhnost' vybora osnovnogo identifikacionnogo principa pri proektirovanii yazykovyh opredelitelej // Sovremennye informacionnye tekhnologii i IT-obrazovanie. 2016. T. 12, № 2. S. 194–204.

4. Lidovskij V.V. Pervichnaya mashinnaya obrabotka teksta: metodika i problematika: monografiya. M., 1997. Dep. v INION RAN. 1998, № 53656.

5. Malek Boualem, "Multilingual text editing and Arabic language processing", AI'95, Conférence en Génie linguistique, Montpellier, France, 1995.

6. Malek Boualem, Jérôme Vinesse Multilingual text processing difficulties, EURESCOM, P923, 1999.

7. Gilyarevskij R. S. Opredelitel' yazykov mira po pis'mennostyam. M., 1961. 303 s.

8. Pat. 2251737 Ros. Federaciya, G06K9/68. Sposob avtomaticheskogo opredeleniya yazyka raspoznavaemogo teksta pri mnogoyazychnom raspoznavanii / Anisimovich K. V., Tereshchenko V. V., Rybkin V. Yu.; Abi Softver Ltd. (CY); opubl. 10.05.2005.

9. Kalegin S. N. Sposoby opredeleniya yazykovoj prinadlezhnosti nestrukturirovannogo teksta v mul'tiyazychnoj informacionnoj srede // Mezhdunarodnaya konferenciya «CONCORT-2016». N. Novgorod, 2016.

10. Kalegin S. N. Ocenka ehffektivnosti metodov opredeleniya yazykovoj prinadlezhnosti nestrukturirovannogo teksta i varianty ih programmnoj realizacii // Mezhdunarodnaya konferenciya «CONCORT-2016». N. Novgorod, 2016.

УДК 004.722

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

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

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

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

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИИ НА СЕТЕВОМ УРОВНЕ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

В настоящее время построение мультисервисных сетей с интеграцией различных услуг является одним из наиболее перспективных направлений развития корпоративных сетей. Основная задача мультисервисных сетей заключается в обеспечении сосуществования и взаимодействия разнородных коммуникационных подсистем в единой транспортной среде, когда для передачи обычного трафика (данных) и трафика реального времени (голоса и видео) используется единая инфраструктура. Создание мультисервисной сети позволяет достигнуть сокращения расходов на каналы связи, администрирование и поддержание работоспособности сети. Такие сети дают возможность проведения единой административно-технической политики в области информационного обмена и способствуют увеличению конкурентоспособности организации за счет введения в операционную деятельность новых корпоративных сервисов и приложений и, как следствие, повышения производительности труда сотрудников.

Мультисервисная сеть во многих случаях является самым эффективным решением по созданию корпоративной инфраструктуры, упрощающей внедрение новых конвергентных приложений и подстраиваемой под постоянно меняющиеся бизнес-требования за счет интеллектуальной адаптивности и масштабируемости. Используя мультисервисные сети, операторы расширяют свои сетевые магистрали в направлении предоставления новых сервисов, предлагая дополнительные услуги для широкого круга корпоративных клиентов. Таким образом, мультисервистная сеть – это сеть, предоставляющая широкий спектр услуг: ATM, Frame Relay, Internet, IP, передачи голоса и видеосигнала с гарантированным качеством обслуживания (QoS) и максимальной готовностью. При этом клиент становится абонентом недорогих и надежных служб от одного поставщика, получает высокоскоростной доступ к Интернету, имеет возможность вносить изменения в набор услуг, служб и оплачивает только один счет.

В статье предложен метод обеспечения целостности информации на базе протоколов сетевого уровня мультисервисных сетей связи, который позволит поддерживать целостность информации и оптимизировать систему маршрутизации в мультисервисных сетях связи при условии внешних деструктивных воздействий.

Ключевые слова: *мультисервисная сеть связи, канал связи, решающее устройство, целостность информации, трафик реального времени имитационное моделирование, критерий выбора.*

Ссылка для цитирования: Разработка метода обеспечения целостности информации на сетевом уровне мультисервисных сетей связи / А. В. Хмелевская, Д. С. Коптев, А. Н. Шевцов, А. Н. Щитов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 28–38.

***

Реализация параллельной передачи и обработки информации в точке приема является одним из эффективных методов, обеспечивающих надежность вычислительных и телекоммуникационных систем [1-4]. Данный подход применяется для обеспечения целостности информации с поддержанием показателей QoS высокоскоростных приложений мультисервисных сетей связи (МСС), функционирующих в реальном масштабе времени.

Допустим, в МСС между узлом-источником и узлом-получателем передаётся сообщение, представляющее собой битовый поток $M = (M_1, M_2)$ с соответствующими априорными вероятностями $P(M_1)$ и $P(M_2)$.

Сообщение передается от узла-источника (УИ) к узлу-получателю (УП) по n параллельным соединениям через m транзитных узлов (ТУ) в каждом соединении (рис. 1).

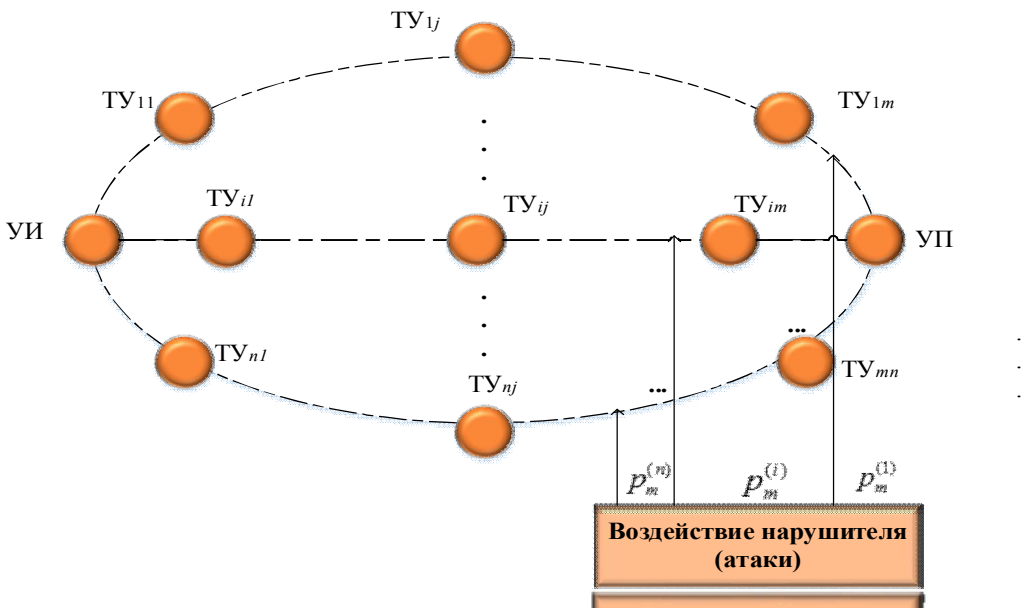

Рис.1. Организация параллельных соединений

В данном случае целостность информации достигается за счет принятия решения в УП по n принятым символам . В результате значение M^* на выходе решающего устройства (РУ) будет соответствовать переданному значению M_1 или M_2.

Условные вероятности принятия решения в пользу M_1 или M_2 соответственно определяются так:

$$P\left(M_1/\left(x_i;=\overline{1,n}\right)\right)= \\ =\frac{P(M_1)\cdot\left\{\prod\limits_{i;x_i=M_1}\left(1-P_M^{(i)}\right)\cdot\prod\limits_{i;x_i=M_2}P_M^{(i)}\right\}}{P\left(x_i;i=\overline{1,n}\right)}; \quad (1)$$

$$P\left(M_2/\left(x_i;=\overline{1,n}\right)\right)= \\ =\frac{P(M_2)\cdot\left\{\prod\limits_{i;x_i=M_1}\left(1-P_M^{(i)}\right)\cdot\prod\limits_{i;x_i=M_2}P_M^{(i)}\right\}}{P\left(x_i;i=\overline{1,n}\right)}. \quad (2)$$

Возьмем отношение этих выражений. Если результат окажется больше 1, то принимаем решение в пользу M_1, в противном случае M_2:

$$\frac{P\left(M_1/\left(x_i;i=\overline{1,n}\right)\right)}{P\left(M_2/\left(x_i;i=\overline{1,n}\right)\right)}= \\ =\frac{P(M_1)}{P(M_2)}\times\frac{\prod\limits_{i;x_i=M_1}\left(1-P_M^{(i)}\right)}{\prod\limits_{i;x_i=M_1}P_M^{(i)}}\times\frac{\prod\limits_{i;x_i=M_2}P_M^{(i)}}{\prod\limits_{i;x_i=M_2}\left(1-P_M^{(i)}\right)}. \quad (3)$$

Прологарифмируем выражение (3):

$$\ln\frac{P\left(M_1/\left(x_i;i=\overline{1,n}\right)\right)}{P\left(M_2/\left(x_i;i=\overline{1,n}\right)\right)}= \\ =\ln\frac{P(M_1)}{P(M_2)}+\sum_{i;x_i=M_1}\ln\frac{\prod\limits_{i;x_i=M_1}\left(1-P_M^{(i)}\right)}{\prod\limits_{i;x_i=M_1}P_M^{(i)}}+ \\ +\sum_{i;x_i=M_1}\ln\frac{\prod\limits_{i;x_i=M_2}P_M^{(i)}}{\prod\limits_{i;x_i=M_2}\left(1-P_M^{(i)}\right)}. \quad (4)$$

Обозначим

$$a_0 = \ln\frac{P(M_1)}{P(M_2)};\ a_i = \ln\frac{\left(1-P_M^{(t)}\right)}{P_M^{(t)}}. \quad (5)$$

В результате получим

$$\ln\frac{P\left(M_1/\left(x_i; i=\overline{1,n}\right)\right)}{P\left(M_2/\left(x_i; i=\overline{1,n}\right)\right)} = a_0 + \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot a_i. \quad (6)$$

Таким образом, имеет место следующее правило принятия решения [5, 6]:

$$a_0 + \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot a_i \begin{cases} если > 0 => M^* = M_1, \\ если < 0 => M^* = M_2. \end{cases} \quad (7)$$

Функциональная схема решающего устройства приведена на рисунке 2.

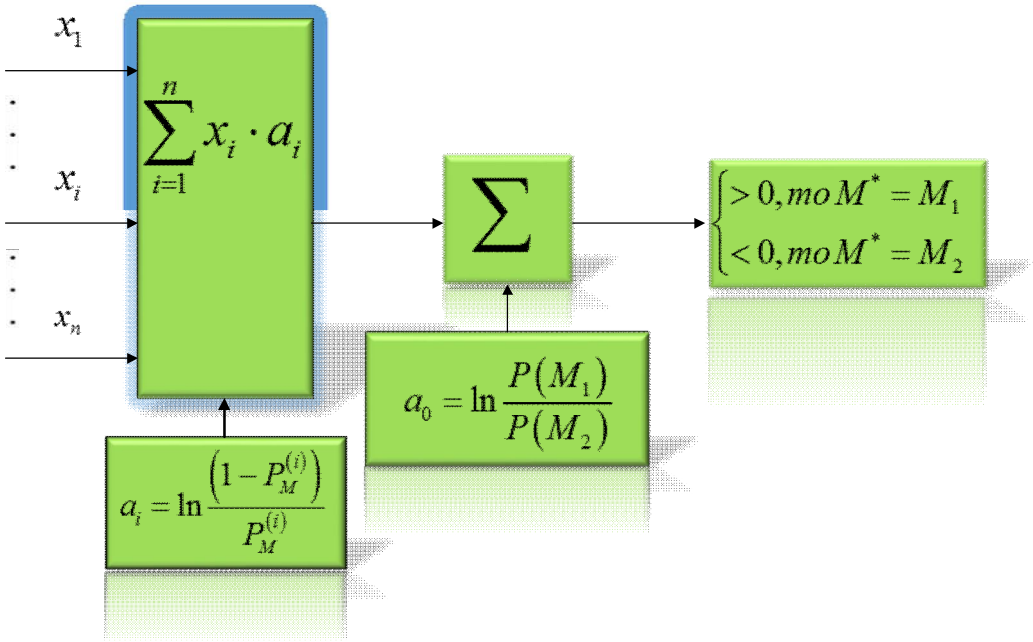

Рис. 2. Функциональная схема решающего устройства

Оценка вероятности целостности информации

Введем следующие ограничения:

– вероятности модификации $M = (M_1, M_2)$ по всем соединениям между УИ и УП равны (см. рис. 1) и независимы;

– количество параллельных соединений n между УИ и УП нечетно и $n \geq 3$.

Тогда вероятность целостности информации (см. рис. 2) определяется выражением

$$P_{цРУ} = 1 - \sum_{i=0}^{(n-1)/2} C_n^{(n+1+2\cdot i)/2} \cdot \left(1-P_M\right)^{(n-1-2\cdot i)/2} \cdot P_M^{(n+1+2\cdot i)/2}, \quad (8)$$

где $C_n^{(n+1+2\cdot i)/2}$ – число сочетаний $(m+1+2\cdot i)/2$ из n.

На рисунке 3 приведены результаты оценки целостности информации, рассчитанные по формуле (8).

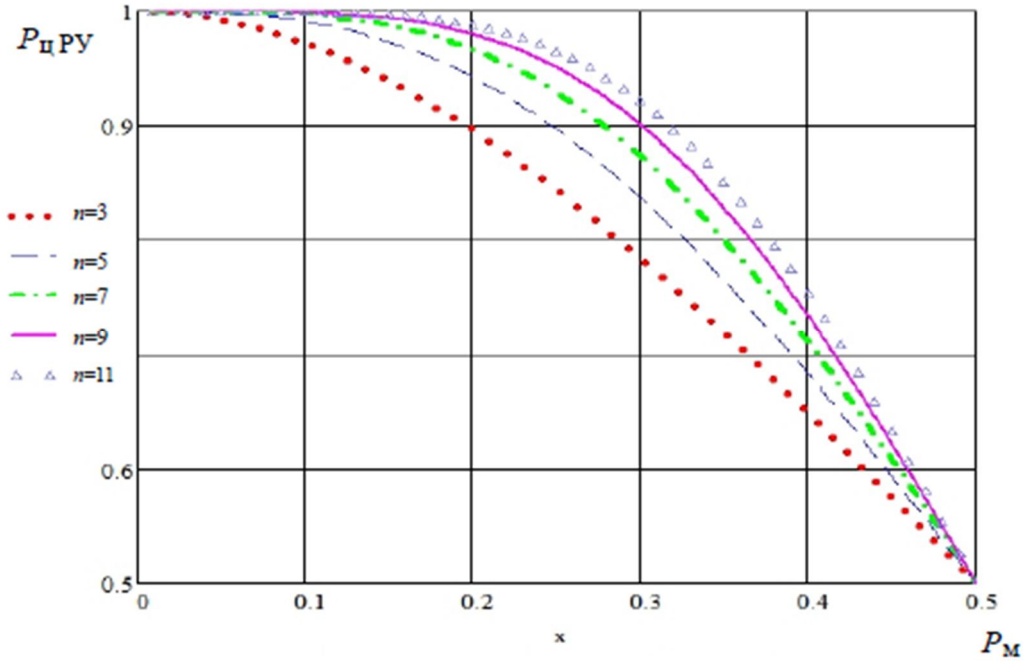

Рис. 3. Результаты теоретического расчета $P_{цРУ} = f\left(P_M\right)$ для различных значений *n*

Статическое и динамическое моделирование обеспечения целостности информации на сетевом уровне мультисервисных сетей связи

Апробация функционирования решающего устройства (см. рис. 2), реализующего алгоритм, представленный на рисунке 4, на действующей сети связи сопряжена с финансовыми, организационными и временными затратами. В этой связи для подтверждения теоретических результатов оценки вероятности целостности информации на выходе РУ воспользуемся методом статистического моделирования (см. рис. 4), проверим теоретический расчёт имитационным моделированием, проведённым в среде динамического моделирования MATLAB/Simulink [1– 5, 10, 12].

Исходными данными алгоритма моделирования являются:

$P\left(M_1\right); P\left(M_2\right)$ – априорные вероятности появления $M = \left(M_1, M_2\right)$ на выходе УИ при условии $P\left(M_1\right) + P\left(M_2\right) = 1$;

n – количество соединений между УИ и УП;

$P_M^{(i)}; i = \overline{1, n}$ – вероятности модификации битового потока $M = \left(M_1, M_2\right)$ в каждом из *n* соединений между УИ и УП;

N_0 – количество переданных значений $M = \left(M_1, M_2\right)$ между УИ и УП (количество независимых испытаний при статистическом моделировании).

Осуществим N_0 независимых испытаний, каждое из которых состоит из четырех этапов.

На первом этапе испытаний формируется случайный битовый поток $M = \left(M_1, M_2\right)$ по правилу

$$M = \begin{cases} +1, если\, z_k \le P\left(M_1\right), \\ -1, если\, z_k > P\left(M_1\right), \end{cases} \qquad (9)$$

где z_k – случайное число, генерируемое датчиком случайных чисел с равномерным законом распределения $\left(0 \le z_k \le 1; k = \overline{1, N_0}\right)$.

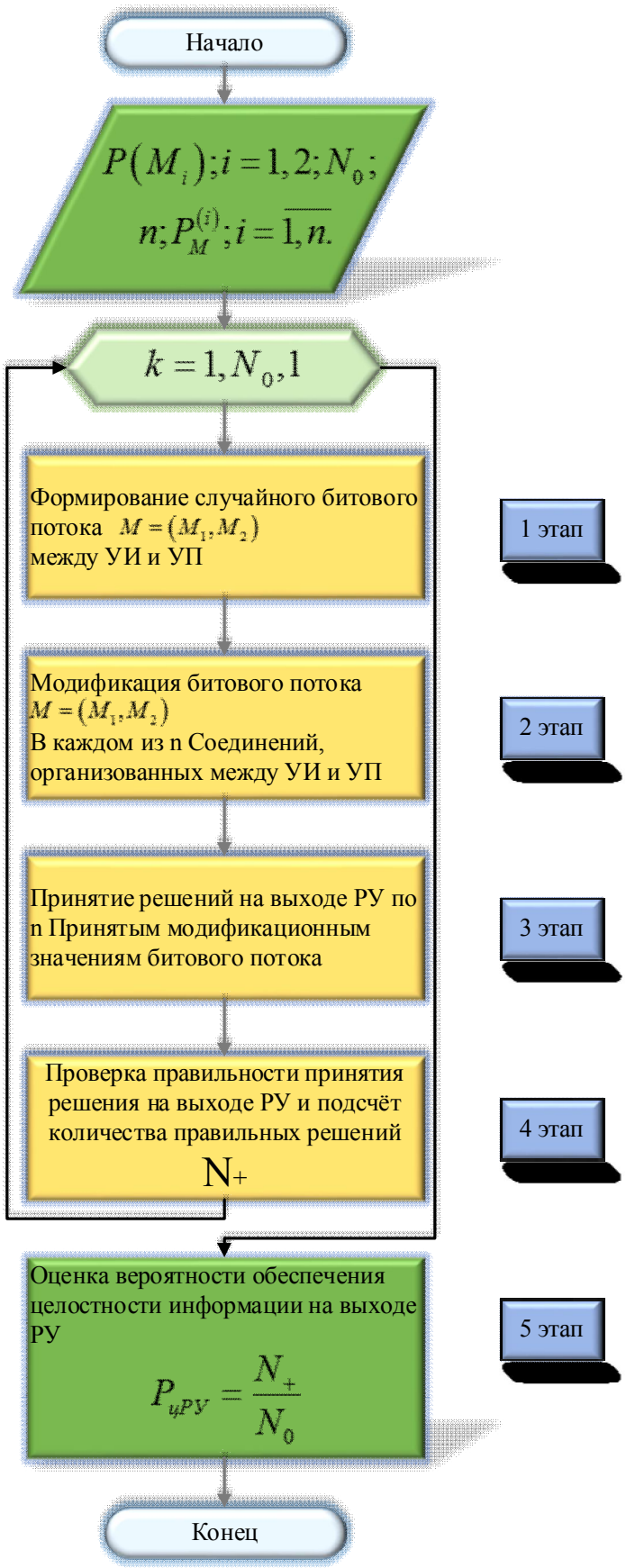

Рис. 4. Основные этапы оценки целостности информации на выходе РУ методом статистического моделирования

Второй этап посвящен модификации значений $M=(M_1,M_2)$ в каждом из n установленных параллельных соединений между УИ и УП:

$$x_i=\begin{cases} \textit{если}\, z_k \le P_M, \\ \text{то модификация есть}, x_i = M\times(-1), \\ \textit{если}\, z_k > P_M, \\ \text{то модификации нет},\ x_i = M. \end{cases} \quad (10)$$

Третий этап – расчет коэффициентов по формулам (5) и принятие решения по правилу (7).

На четвертом этапе проверяется правильность принятия решения по правилу (7) и подсчет N_+ – количества правильно принятых значений $M=(M_1,M_2)$ из N_0 переданных.

На пятом этапе определяется оценка вероятности целостности информации на выходе РУ:

$$P_{цРУ}=\frac{N_+}{N_0}. \quad (11)$$

Метод статистического моделирования является приближенным [15]. Погрешность результата вычисления имеет статистическую природу. Количественная взаимосвязь между абсолютной погрешностью и числом испытаний определяется следующей формулой:

$$\Delta_a = N_0^{-0,5}\cdot\sigma\cdot t_\beta, \quad (12)$$

где Δ_a – абсолютное значение ошибки (половина доверительного интервала);

$P_{цРУ},\sigma$ – значение искомой величины и среднеквадратичное отклонение от $P_{цРУ}$;

дисперсия искомой величины определяется выражением

$$\sigma^2 = P_{цРУ}\cdot\left(1-P_{цРУ}\right); \quad (13)$$

β – достоверность полученной оценки;

t_β – функция, обратная нормальной при аргументе $(1+\beta)^{-1}$.

В практике статистического моделирования задача $P_{цРУ}$ формулируется иначе: сколько необходимо провести испытаний, чтобы обеспечить заданную абсолютную или относительную погрешность вычисления.

Тогда из (12) легко получить искомую величину:

$$N_0 = t_\beta^2\cdot\sigma^2\cdot\Delta_a^{-2}. \quad (14)$$

В формулу входят значения $P_{цРУ}$ и σ в качестве точных значений. Но поскольку само $P_{цРУ}$ является предметом измерения и может быть получено лишь приближенно, то погрешность Δ_a по результатам опыта не может быть получена точно.

Оценку можно получить экспериментально путем проведения небольшого количества предварительных испытаний $\left(N_{0предв.}\approx 5\div 20\right)$.

В качестве $P_{цРУ}$ и σ берутся следующие величины:

$$\begin{aligned} \widehat{P}_{цРУ} &= N_{опредв.}^{-1}\cdot\sum_{i=1}^{N_{опредв}} y_i; \\ \widehat{\sigma} &= N_{опредв}^{-1}\cdot\sum_{i=1}^{N_{опредв}}\left(y_i-\widehat{P}_{цРУ}\right), \end{aligned} \quad (15)$$

где y_i – значения, которые принимает измеряемая случайная величина.

Затем эти оценки учитываются в формуле (14) для расчета требуемого количества испытаний N_0.

Результаты оценки целостности информации на выходе РУ (см. рис. 2) методом статистического моделирования (см. рис. 4) (программная реализация выполнена в среде MatLab) представлены на рисунке 5. Данные результаты получены при условиях $N_0=30000, \beta=0,999$ и $t_\beta=3,29$, что при $P_{цРУ}=0,5$ обеспечивает абсолютную погрешность $\Delta_a\le 0,01$.

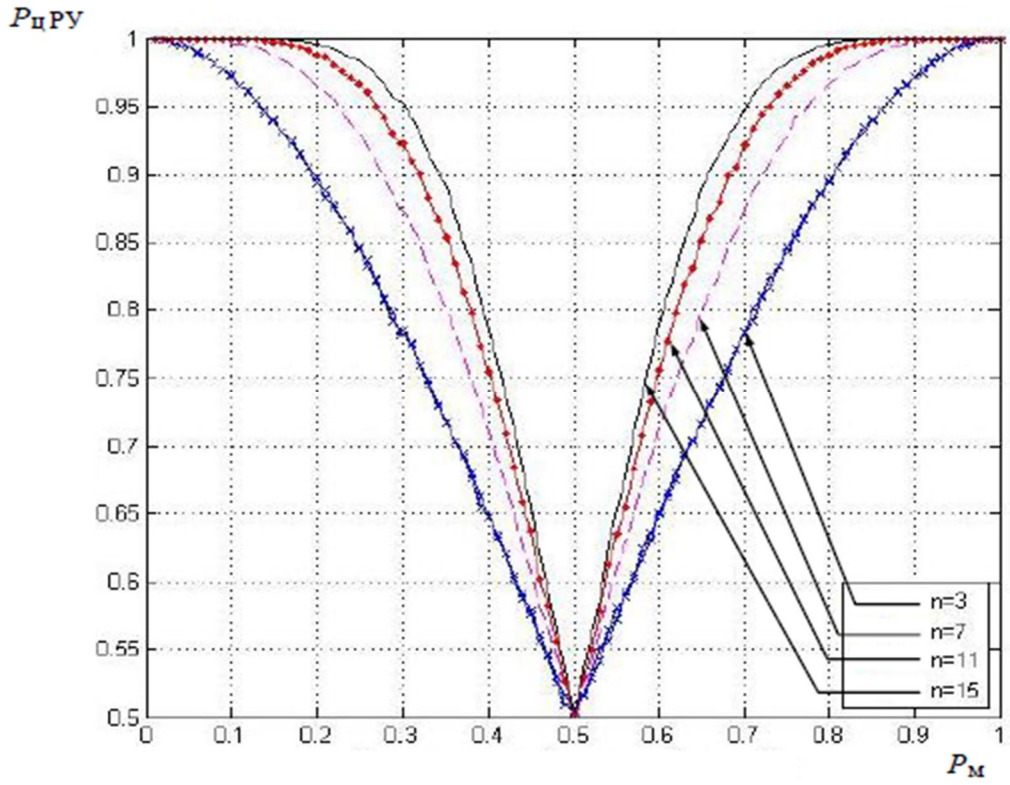

Рис. 5. Результаты имитационного моделирования работы РУ $P_{цРУ} = f\left(P_M\right)$ для различных значений *n*

Результаты имитационного моделирования подтверждают теоретические расчеты по формуле (8).

Моделирование обеспечения целостности информации на сетевом уровне мультисервисных сетей связи

Резервирование каналов связи и дублирование самой информации являются базовыми методами обеспечения целостности информации в телекоммуникационных системах. Применительно к МСС данный подход реализуется за счет организации параллельных соединений между УИ и УП (см. рис. 1). В данном случае необходимо определить критерий выбора соединений между УИ и УП, обеспечивающий требуемый уровень целостности пользовательской информации [9-14].

Введем следующие обозначения:

c_i – стоимость *i*-го соединения между УИ и УП (см. рис. 1), участвующего в обеспечении целостности информации;

p_i – вероятность обеспечения целостности *i*-го соединения $\left(i = \overline{1,n}\right)$.

Тогда общая стоимость организации *n* параллельных соединений составит

$$C_0 = \sum_{i=1}^{n} c_i . \qquad (16)$$

Пусть воздействия нарушителей на каждое соединение являются независимыми событиями. В этом случае результирующую (общую) вероятность обеспечения целостности информации можно определить как

$$P_{рез} = 1 - \prod_{i=1}^{n}\left(1 - p_i\right). \qquad (17)$$

Введем следующие обозначения:

$$Q_{рез} = 1 - P_{рез};$$
$$q_i = 1 - p_i; \qquad (18)$$
$$i = \overline{1,n}.$$

Предположим, что все n соединений (см. рис. 1) одинаковы по стоимости и вероятности обеспечения целостности информации [3].

Тогда

$$C_0 = n \cdot c_i; i = \overline{1,n}, \quad (19)$$

$$Q_{рез} = q_i^n; i = \overline{1,n}. \quad (20)$$

Прологарифмируем выражение (20):

$$\ln Q_{рез} = n \cdot \ln q_i; \quad i = \overline{1,n} \quad (21)$$

и разделим на (19).

В результате получим

$$\frac{\ln Q_{рез}}{C_0} = \frac{\ln q_i}{c_i}; i = \overline{1,n}. \quad (22)$$

Учитывая, что

$$\frac{\ln Q_{рез}}{C_0} = \frac{\ln q_i}{c_i} < 0; \quad i = \overline{1,n}, \quad (23)$$

примем

$$\left|\frac{\ln Q_{рез}}{C_0}\right| = \left|\frac{\ln q_i}{c_i}\right|; \quad i = \overline{1,n}. \quad (24)$$

Из выражения (24) следует, что для обеспечения целостности информации за счет организации n параллельных независимых соединений между УИ и УП необходимо выбирать те соединения, у которых соотношения равны [14].

Выводы

Параллельные соединения между узлом-источником и узлом-получателем, учитывающие вероятностно-стоимостные параметры, позволяют по совокупности параллельно принятых символов восстановить переданную информацию, тем самым обеспечить ее целостность и уменьшить время задержки передачи информации (по сравнению с известными методами, использующими контроль модификации переданной информации и запрос на ее повторную передачу).

Формирование параллельных независимых соединений в соответствии с критерием выбора сетевых ресурсов, учитывающим вероятностно-стоимостные параметры соединений, обеспечивает доступность и целостность информации в мультисервисных сетях связи. Применение метода информационного резервирования и резервирования элементов инфраструктуры позволяет обеспечить защиту информации с QoS.

Процедуры, участвующие в мониторинге инфраструктуры мультисервисной сети связи, выборе оптимального маршрута и установлении соединений, позволяют обеспечить не только QoS приложений, но и требуемый уровень информационной безопасности.

В этой связи возникает необходимость в разработке и исследовании новых методов маршрутизации, способных решать задачи защиты информации с поддержкой QoS приложений мультисервисной сети связи.

Список литературы

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

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

3. Новиков С. Н. Методология защиты информации на основе технологий сетевого уровня мультисервисных сетей

связи: дис. … д-ра техн. наук. Новосибирск, 2016. С. 235.

4. Коптев Д. С., Бабанин И. Г. Программно-конфигурируемые сети на базе протокола OPENFLOW // Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения: сборник научных статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции». Курск, 2016. С. 182–192.

5. Коптев Д. С., Шевцов А. Н., Щитов А. Н. Принципы взаимодействия управляющего и управляемого оборудования в программно-конфигурируемых сетях с поддержкой протокола OPENFLOW // Новые решения в области упрочняющих технологий: взгляд молодых специалистов: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Курск, 2016. С. 67– 75.

6. Коптев Д. С., Шевцов А. Н., Щитов А. Н. Анализ работы протокола защиты сетевого трафика на IP-уровне (IPsec) // Наука и современность: международный журнал (г. Тамбов). 2016. № 3 (9). С. 133–143.

7. Коптев Д. С., Шевцов А. Н., Щитов А. Н. Особенности физического уровня модели взаимодействия открытых систем (OSI) – алгоритм обнаружения и устранения коллизий в сети Ethernet // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2016. Т. 3, № 1. С. 178–185.

8. Шевцов А. Н., Щитов А. Н. Моделирование телекоммуникационных систем с помощью СМО // Математика и ее приложения в современной науке и практике: материалы V Международной научно-практической конференции. Курск, 2015. С. 128–132.

9. Демьяненко В. Ю., Блинов В. Н. Сеть передачи данных группы управления полётов аэропорта // Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Курск, 2016. С. 339–346.

10. Потапенко А. М., Довбня В. Н. Основные направления и особенности развития телекоммуникаций на современном этапе // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы II Региональной научно-практической конференции. Курск, 2010. С. 9–15.

11. Севрюков А. Е. Выбор критерия оптимизации инфокоммуникационных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы III Региональной научно-практической конференции. Курск, 2011. С. 82–86.

12. Мухин И. Е., Бабанин И. Г. Computation of power loss in bandpass filters receiving signals with quadrature amplitude modulation // Telecommunications and Radio Engineering. 2013. Т. 72, № 13. С. 1149–1155.

13. Business game using ineormation technologies for the students of final courses to direction of telecommunication / А. В. Хмелевская, О. Е. Ключникова, П. В. Головин, А. С. Якушев // INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATION OF THE XXI CENTURY (ITE-XXI): Proceedings of the International Scientific-Practical Conference. 2017. С. 307.

14. Потапенко А. М., Хмелевская А. В. Проблема измерения информации в задачах развития инфотеллекоммуникаций, // Радиотехника. 2010. Т. 8, № 7. С. 16.

15. Ключникова О. Е., Ключников А. В. Постановка задачи обоснования создания межрегиональной сети связи // Инфокоммуникации и информационная безопасноть: состояние, проблемы и пути решения: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Курск, 2016. С. 219–226.

Поступила в редакцию 07.04.17

UDC 004.722

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

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

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

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

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF PROVIDING THE INTEGRITY OF INFORMATION AT THE NETWORK LEVEL OF MULTI-SERVICE COMMUNICATION NETWORKS

At present, the construction of multi-service networks with the integration of various services is one of the most promising directions for the development of corporate networks. The main task of multiservice networks is to ensure the coexistence and interaction of heterogeneous communication subsystems in a single transport environment, when a single infrastructure is used to transfer normal traffic (data) and real-time traffic (voice and video). The creation of a multiservice network allows to achieve a reduction in costs for communication channels, administration and maintenance of the network. Such networks make it possible to carry out a unified administrative and technical policy in the field of information exchange and help to increase the competitiveness of the organization by introducing new corporate services and applications into the operational activities and, as a result, increasing the productivity of employees.

Multiservice network in many cases is the most effective solution for creating a corporate infrastructure that simplifies the implementation of new convergent applications and adapts to constantly changing business requirements due to intellectual adaptability and scalability. Using multi-service networks, operators expand their network backbones in the direction of providing new services, offering additional services for a wide range of corporate clients. Thus, a multiservice network is a network providing a wide range of services: ATM, Frame Relay, Internet, IP, voice and video transmission with guaranteed quality of service (QoS) and maximum availability. In this case, the client becomes a subscriber of low-cost and reliable services from one provider, receives high-speed Internet access, has the ability to make changes to the set of services and services and pays only one account.

The article proposes a method for ensuring the integrity of information based on network layer protocols of multiservice communication networks. The developed method will support the integrity of information and optimize the routing system in multi-service communication networks under the condition of external destructive influences.

Key words: *multiservice communication network, communication channel, decision device, information integrity, real-time traffic simulation simulation, selection criterion.*

For citation: Chmelevskaya A. V., Koptev D. S., Shevtsov A. N., Shchitov A. N., Development of the method of providing the integrity of information at the network level of multi-service communication networks, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 28-38.

***

References

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

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

3. Novikov S. N. Metodologiya zashchity informacii na osnove tekhnologij setevogo urovnya mul'tiservisnyh setej svyazi: dis. … d-ra tekhn. nauk. Novosibirsk, 2016. S. 235.

4. Koptev D. S., Babanin I. G. Programmno-konfiguriruemye seti na baze protokola OPENFLOW // Infokommunikacii i informacionnaya bezopasnost': sos-

toyanie, problemy i puti resheniya: sbornik nauchnyh statej po materialam III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii». Kursk, 2016. S. 182–192.

5. Koptev D. S., Shevcov A. N., Shchitov A. N. Principy vzaimodejstviya upravlyayushchego i upravlyaemogo oborudovaniya v programmno-konfiguriruemyh setyah s podderzhkoj protokola OPENFLOW // Novye resheniya v oblasti uprochnyayushchih tekhnologij: vzglyad molodyh specialistov: sbornik nauchnyh statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii». Kursk, 2016. S. 67– 75.

6. Koptev D. S., Shevcov A. N., Shchitov A. N. Analiz raboty protokola zashchity setevogo trafika na IP-urovne (IPsec) // Nauka i sovremennost': mezhdunarodnyj zhurnal (g. Tambov). 2016. № 3 (9). S. 133–143.

7. Koptev D. S., Shevcov A. N., Shchitov A. N. Osobennosti fizicheskogo urovnya modeli vzaimodejstviya otkrytyh sistem (OSI) – algoritm obnaruzheniya i ustraneniya kollizij v seti Ethernet // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2016. T. 3, № 1. S. 178–185.

8. Shevcov A. N., Shchitov A. N. Modelirovanie telekommunikacionnyh si-stem s pomoshch'yu SMO // Matematika i ee prilozheniya v sovremennoj nauke i praktike: materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2015. S. 128–132.

9. Dem'yanenko V. Yu., Blinov V. N., Set' peredachi dannyh gruppy upravleniya polyotov aehroporta // Infokommunikacii i informacionnaya bezopasnost': sostoyanie, problemy i puti resheniya: materialy III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2016. S. 339–346.

10. Potapenko A. M., Dovbnya V. N. Osnovnye napravleniya i osobennosti razvitiya telekommunikacij na sovremennom ehtape // Aktual'nye problemy infotelekommunikacij: materialy II Regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2010. S. 9–15.

11. Sevryukov A. E. Vybor kriteriya optimizacii infokommunikacionnyh sistem // Aktual'nye problemy infotelekommunikacij: materialy III Regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2011. S. 82–86.

12. Muhin I. E., Babanin I. G. Computation of power loss in bandpass filters receiving signals with quadrature amplitude modulation // Telecommunications and Radio Engineering. 2013. T. 72, № 13. S. 1149–1155.

13. Business game using ineormation technologies for the students of final courses to direction of telecommunication / A. V. Hmelevskaya, O. E. Klyuchnikova, P. V. Golovin, A. S. Yakushev // INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATION OF THE XXI CENTURY (ITE-XXI): Proceedings of the International Scientific-Practical Conference, 2017. S. 307.

14. Potapenko A. M., Hmelevskaya A. V. Problema izmereniya informacii v zadachah razvitiya infotellekommunikacij // Radiotekhnika. 2010. T. 8, № 7. S. 16.

15. Klyuchnikova O. E., Klyuchnikov A. V. Postanovka zadachi obosnovaniya sozdaniya mezhregional'noj seti svyazi // Infokommunikacii i informacionnaya bezopasnot': sostoyanie, problemy i puti resheniya: materialy III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2016. S. 219–226.

УДК 004.932.2

Е. Н. Дремов, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: evgeni-dremov@yandex.ru)

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ОТМЕТОК ВЫСОТ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ

В статье рассмотрен метод идентификации и распознавания отметок высот на векторных топографических картах, основанный на контурном анализе, проверках на соответствие заданным правилам построения последовательностей цифр и соблюдении правил семантики значений высот. Рассмотрены основные этапы работы предлагаемого метода: выделение векторного слоя, описывающего рельеф местности, начальная фильтрация исходных контуров выделенного слоя, вычисление дескрипторов, характеризующих форму анализируемых контуров, предварительное распознавание с использованием дескрипторов, распознавание цифр с использованием контурного анализа. Приведены результаты применения предлагаемого метода для автоматического распознавания отметок высот на векторных слоях геопространственных данных в форматах GeoPDF.

В результате экспериментальной проверки установлено, что представленный метод обеспечивает инвариантность распознавания отметок высот к размерам и углу поворота составляющих их цифр. Для уменьшения вычислительной сложности метода идентификации и распознавания типов значений высот на топографических картах введен дескриптор для быстрого поиска шаблонов и отсеивания заведомо ложных. В качестве дескриптора, описывающего форму контура, используется автокорреляционная функция (АКФ), являющаяся инвариантной к переносу, вращению, масштабированию и выбору начальной точки.

По полученным данным сделан вывод о том, что для повышения быстродействия без уменьшения точности распознавания эталонную длину контура можно определить равной 6 – 8 элементам. Установлено, что в качестве вершин контура, описывающего анализируемую цифру, необходимо использовать точки, находящиеся в углах контура либо в местах значительного изменения направления дуги контура. Точность предложенного метода подтверждена в результате экспериментальных исследований на сериях векторных слоев геопространственных данных. Результаты экспериментальных исследований подтверждают целесообразность использования предложенного метода для идентификации и распознавания отметок высот на топографических картах. Предлагаемый метод относится к области картографии и применяется при создании и актуализации цифровых моделей рельефа с использованием в качестве исходного материала векторных топографических карт.

***Ключевые слова**: топографическая карта, контурный анализ, обработка изображений, распознавание высот, GeoPDF*

Ссылка для цитирования: Дремов Е. Н. Метод идентификации и распознавания отметок высот на топографических картах // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 39–44.

***

Существует множество различных методов идентификации и распознавания символов на изображениях [1]. Наибольшее распространение получили методы сравнения с набором подготовленных шаблонов, с использованием различного рода критериев рассматриваемого объекта, самообучающиеся алгоритмы, а также нейронные сети [2]. Для распознавания отметок высот на топографических [3] картах предпочтительными являются методы, основанные на контурном анализе, инвариантные к повороту и изменению масштаба анализируемых контуров [4].

Сложность этапа получения векторного слоя, описывающего рельеф местности, по растровому изображению составляет как минимум $O(n^2)$, где n – линейный размер изображения [5].

В настоящее время все большую популярность получает GeoPDF [6] – расширенный формат PDF, содержащий геопространственные данные: географическую широту и долготу, описание рельефа и т.д. Данный формат содержит векторные представления геопространственных данных, которые можно выделять и рассматривать отдельно. Имеется возможность получения векторного слоя, описывающего рельеф (рис. 1).

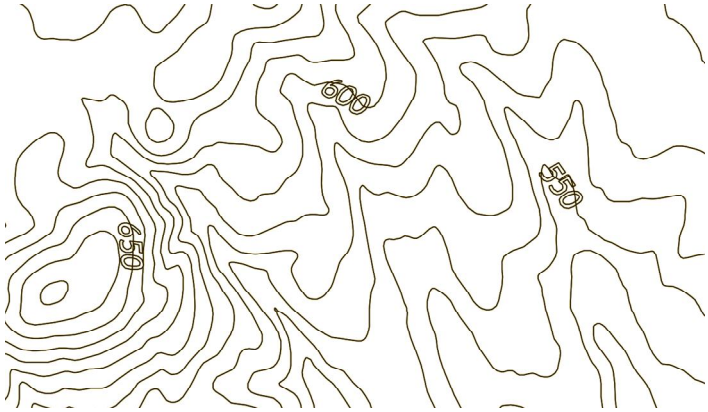

Рис. 1. Пример векторного слоя, описывающего рельеф

Метод идентификации и распознавания отметок высот на топографических картах включает в себя следующие этапы:

1. Выделение векторного слоя, описывающего рельеф местности, из набора представленных в GeoPDF.

2. Начальная фильтрация исходных контуров выделенного слоя по периметру, площади, коэффициенту формы и т.д.

3. Вычисление дескрипторов, характеризующих форму анализируемых контуров.

4. Предварительное распознавание с использованием дескрипторов.

5. Распознавание цифр с использованием контурного анализа.

Выделив векторный слой, описывающий рельеф местности, из набора представленных в GeoPDF, получим набор контуров горизонталей и отметок высот. Для отсеивания из рассмотрения контуров горизонталей производим начальную фильтрацию исходного векторного слоя.

При работе с векторным слоем, в отличие от растровых карт, отсутствует пересечение с другими объектами, так как каждый примитив, описывающий анализируемую цифру, является замкнутым объектом, не связанным с соседними [7].

Контуры горизонталей в отличие от высот, описывающих отметки, могут быть незамкнутыми, замкнутые же контуры горизонталей имеют сравнительно большие периметры и площади в отличие от цифр, формирующих отметки высот.

Также учитывается, что цифры, формирующие отметку высоты, находятся на одной прямой, допустимый радиус отклонения центра прямоугольника, описывающего цифру, не более 10% высоты. Значения высот цифр различаются не более чем на 10% [8].

Распознавание цифр с использованием контурного анализа включает в себя сравнение контуров, для которого нужно найти максимум взаимокорреляционной функции (ВКФ) [9]. Для вычисления ВКФ необходимо провести k вычислений скалярного произведения, где k – длина контура. Следовательно, вычисление ВКФ имеет сложность порядка $O(k^2)$. Также следует учесть, что сравнение выполняется с множеством шаблонов. Таким образом, время поиска шаблона для контура оценивается как $O(k^2 t)$, где t – число шаблонных контуров.

С целью дальнейшего уменьшения вычислительной сложности метода идентификации и распознавания типов значений высот на топографических картах введем дескриптор для быстрого поиска шаблонов и отсеивания заведомо ложных. В качестве дескриптора, описывающего форму контура, выступает автокорреляционная функция (АКФ), являющаяся инвариантной к переносу, вращению, масштабированию и выбору начальной

точки. Преимуществом АКФ является то, что она является функцией одного контура, а также симметричной, то есть определенной на интервале $\left\{0,...,\frac{k}{2}\right\}$.

Предварительное распознавание с использованием дескрипторов используется для отсеивания заведомо неподходящих шаблонов, поэтому при сравнении значений АКФ шаблона и анализируемого контура достаточно сопоставить первые 4-5 значений свертки АКФ, в случае их совпадения перейти к распознаванию с использованием контурного анализа, а если имеются значительные расхождения, исключить шаблон из рассмотрения [9]. Данный подход позволяет уменьшить вычислительную сложность метода идентификации и распознавания типов значений высот на топографических картах. При использовании предварительного распознавания с использованием дескриптора сложность работы метода идентификации и распознавания типов значений высот оценивается как $O\left(k^2+\frac{k}{2}t\right)$.

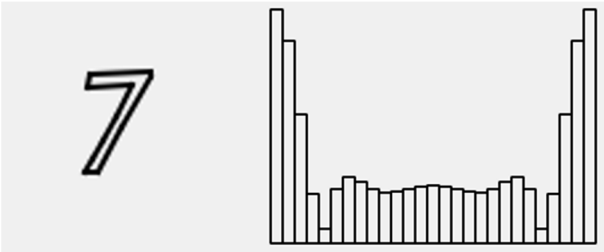

Рис. 2. Пример графика автокорреляционной функции

Анализируемые контуры идентифицированных отметок высот необходимо нормализовать относительно эталонов. Для метода идентификации и распознавания отметок высот, реализуемого с использованием контурного анализа, необходимо соблюдение равенства длины контуров распознаваемых цифр и шаблонов. В разработанном методе, помимо приведения к единой длине, производится сглаживание контура методом скользящего среднего [9].

Для векторных слоев, полученных из GeoPDF, было проведено исследование, в ходе которого был сделан вывод о нецелесообразности выбора сравнительно большого значения эталонной длины контура. С увеличением длины контура проводится все более мелкомасштабное сглаживание, приводящее к высокой детализации, которая, в свою очередь, увеличивает число различий между шаблонами и анализируемыми контурами.

График зависимости суммарного количества ошибок распознавания в зависимости от длины контура представлен на рисунке 3.

Сложность распознавания также возрастает пропорционально увеличению размера контура. График зависимости вычислительной сложности работы метода распознавания отметок высот от эталонной длины анализируемых контуров приведен на рисунке 4.

По полученным данным можно сделать вывод, что для повышения быстродействия без уменьшения точности распознавания эталонную длину контура следует определить равной 6 – 8 элементам. В качестве вершин контура, описывающего анализируемую цифру, необходимо использовать точки, находящиеся в углах контура либо в местах значительного изменения направления дуги контура.

Рис. 3. График зависимости суммарного количества ошибок распознавания в зависимости от длины контура

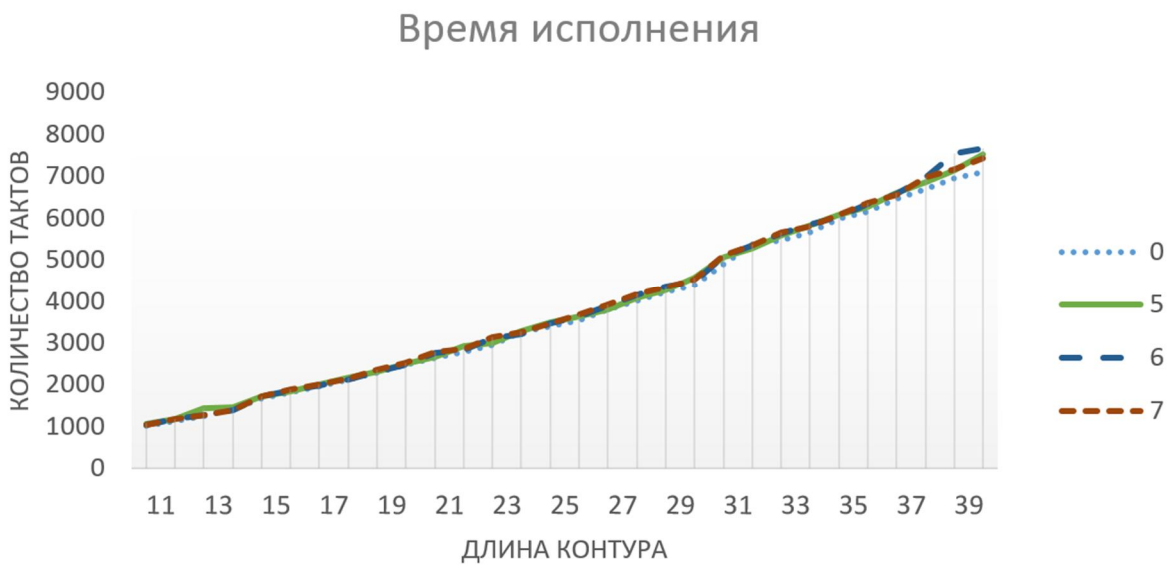

Рис. 4. График зависимости вычислительной сложности от эталонной длины анализируемых контуров

Степень соответствия эталона и распознаваемой цифры (анализируемого контура) рассчитывается исходя из максимума модуля нормированного скалярного произведения (НСП) контуров анализируемого объекта и эталона [9]. В ходе экспериментальных исследований предлагаемого метода была определена минимальная степень соответствия, гарантирующая корректное распознавание анализируемого контура, составляющая 85%.

Результаты работы предложенного метода на примере работы с векторным слоем, состоящем из 1766 объектов горизонталей и цифр, приведены в таблице.

Результаты работы предложенного метода

Всего цифр	Правильно распознано	Ошибок классификации	Ошибок 1-го рода [10]	Ошибок 2-го рода [10]
267	258	0	5	4

Точность предложенного метода подтверждена в результате экспериментальных исследований на сериях векторных слоев геопространственных данных. Результаты экспериментальных исследований подтверждают целесообразность использования предложенного метода для идентификации и распознавания отметок высот на топографических картах.

Таким образом, представленный метод позволяет посредством анализа векторных слоев геопространственных данных идентифицировать и распознать отметки высот, используемые в качестве исходных данных при создании и актуализации цифровых моделей рельефа.

Список литературы:

1. Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. С. 1072.

2. Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории. М: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2010. С. 480.

3. Мирошниченко С. Ю., Дремов Е. Н. Метод локализации, распознавания и определения типов значений высот на топографических картах // Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы (ИИС-2016): материалы докладов IV заочной региональной научно-практической конференции. Курск, 2016. С. 155–157.

4. Фурман Я. А. Введение в контурный анализ и его приложение к обработке изображений и сигналов / под ред. Я. А. Фурмана. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. С. 592.

5. Шуклин И. И., Мосин С. А., Мирошниченко С. Ю. Влияние свойств данных дистанционного зондирования земли и параметров трансформирования на время построения результирующего изображения // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 6 (69). С. 16–27.

6. ГИС решение [Электронный ресурс]. URL: http://www.hitachi-solutions.com/ru/geopdf/sp/

7. Дремов Е. Н. Метод распознавания значений высот на векторных слоях геопространственных данных // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание – 2017: сборник материалов XIII Международной научно-технической конференции. Курск, 2017. С. 134–136.

8. Мирошниченко, С. Ю., Титов В. С. Построение цифровых моделей рельефа по растровым топографическим картам // Телекоммуникации. 2017. № 4. С. 34–43.

9. Habrahabr [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20130202143214/http://habrahabr.ru/post/118486/.

10. Сизов А. С., Чеглов А. В. Выбор и сравнение показателей достоверности распознавания изображений // Известия Юго-Западного государсвенного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 1. С. 15–19.

Поступила в редакцию 25.04.17

UDC 004.932.2

E. H. Dremov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia)
(e-mail: evgeni-dremov@yandex.ru)

METHOD OF IDENTIFICATION AND RECOGNITION OF HEIGHT MARKINGS ON TOPOGRAPHIC MAPS

The article considers the method of identification and recognition of elevation marks on vector topographic maps, based on contour analysis, checks for compliance with the specified rules for constructing sequences of digits

and observing the rules for the semantics of heights. The main stages of the proposed method: selection of a vector layer describing the terrain, the initial filtration of the original contours of the selected layer, the calculation of the descriptors characterizing the shape of the analyzed contours, the preliminary recognition using descriptors, the recognition of figures using contour analysis. Results of application of the proposed method for automatic recognition of elevation marks on vector layers of geospatial data in GeoPDF formats are presented. As a result of experimental verification, it is established that the presented method ensures the invariance of recognition of elevation marks to the size and angle of rotation of the constituent numbers. To reduce the computational complexity of the identification method and to recognize the types of heights on topographic maps, a descriptor has been introduced to quickly search for templates and filter out deliberately false ones. As a descriptor describing the shape of the contour, an autocorrelation function is used that is invariant to the transfer, rotation, scaling, and selection of the starting point. According to the data obtained, it is concluded that to increase the speed without decreasing the recognition accuracy, the reference length of the contour can be determined to be 6 - 8 elements. It is established that as the vertices of the contour describing the analyzed digit, it is necessary to use points located at the corners of the contour, or in places where the arc of the contour changes significantly. The accuracy of the proposed method is confirmed as a result of experimental studies on a series of vector layers of geospatial data. The results of experimental studies confirm the expediency of using the proposed method for identifying and recognizing elevations on topographic maps. The proposed method relates to the field of cartography and is used in the creation and updating of digital terrain models using vector topographic maps as a source material.

Key words: *topographic map, contour analysis, image processing, height recognition, GeoPDF.*

For citation: Dremov E. H., Method of identification and recognition of height markings on topographic maps, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 39-44.

***

References

1. Gonzales R., Vuds R. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij. M.: Tekhnosfera, 2006. S. 1072.

2. Galushkin A. I. Nejronnye seti: osnovy teorii. M: Izd-vo «Goryachaya liniya – Telekom», 2010. S. 480.

3. Miroshnichenko S. Yu., Dremov E. N. Metod lokalizacii, raspoznavaniya i opredeleniya tipov znachenij vysot na topograficheskih kartah // Intellektual'nye informacionnye sistemy: tendencii, problemy, perspektivy (IIS-2016): materialy dokladov IV zaochnoj regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kursk, 2016. S. 155–157.

4. Furman Ya. A. Vvedenie v konturnyj analiz i ego prilozhenie k obrabotke izobrazhenij i signalov / pod red. Ya. A. Furmana. M.: FIZMATLIT, 2002. S. 592.

5. Shuklin I. I., Mosin S. A., Miroshnichenko S. Yu. Vliyanie svojstv dannyh distancionnogo zondirovaniya zemli i parametrov transformirovaniya na vremya postroeniya rezul'tiruyushchego izobrazheniya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. № 6 (69). S. 16–27.

6. GIS reshenie [Ehlektronnyj resurs]. URL: http://www.hitachi-solutions. com/ru/geopdf/sp/

7. Dremov E. N. Metod raspoznavaniya znachenij vysot na vektornyh sloyah geoprostranstvennyh dannyh // Optiko-ehlektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavaniya obrazov, obrabotki izobrazhenij i simvol'noj informacii. Raspoznavanie – 2017: sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii. Kursk, 2017. S. 134–136.

8. Miroshnichenko, S. Yu., Titov V. S. Postroenie cifrovyh modelej rel'efa po rastrovym topograficheskim kartam // Telekommunikacii. 2017. № 4. S. 34–43.

9. Habrahabr [Ehlektronnyj resurs]. URL: https://web.archive.org/web/20130202143214/http://habrahabr.ru/post/118486/.

10. Sizov A. S., Cheglov A. V. Vybor i sravnenie pokazatelej dostovernosti raspoznavaniya izobrazhenij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarsvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2012. № 1. S. 15–19.

УДК 519.254

И. Д. Колесин, д-р физ.-мат. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия) (e-mail: kolesin_id@mail.ru)

О. А. Трояножко, аспирантка, Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия) (e-mail: med_otpor@mail.ru)

РАНЖИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕКРЫТИЯ

В данной работе представлен алгоритм выявления наиболее информативных диагностических показателей для решения вопроса об отнесении пациента к группе "болен" или "здоров". Алгоритм опробован на двух базах данных. Диагностические показатели в базе данных рака молочной железы (РМЖ) были получены в результате инвазивного метода диагностики – тонкоигольной аспирационной пункции. Диагностические показатели в базе данных по острому аппендициту были получены в приемном покое больницы путем визуального осмотра и пальпирования профильными специалистами.

Выбор и оценка степени информативности диагностических показателей была выполнена методом фильтрации с использованием коэффициента перекрытия, измеряющего меру сходства между классами. Применение коэффициента перекрытия основывалось на предположении о зависимости площади перекрытия от диагностической ценности показателя. Приведены примеры применения коэффициента перекрытия в решении задачи ранжирования показателей при обработке данных из разных областей знания. В результате ранжирования были выявлены наиболее информативные показатели как в базе данных по онкологии, так и в базе данных по острому аппендициту. Для проверки качества диагностики по выявленным с помощью коэффициента перекрытия диагностическим показателям был использован алгоритм, основанный на применении дискретной функции ошибок, регистрирующей число неверно распознанных объектов.

Сравнительный анализ подтвердил, что точность диагностики оказалась не хуже точности, полученной другими методами, однако при меньшей сложности алгоритма ранжирования. Предложенный метод ранжирования диагностических показателей на основе коэффициента перекрытия может быть полезен для экспресс-диагностики различных патологий.

Ключевые слова: *диагностика, ранжирование показателей, информативность, оптимизация, коэффициент перекрытия, рак молочной железы, аппендицит.*

Ссылка для цитирования: Колесин И. Д., Трояножко О. А. Ранжирование диагностических показателей на основе коэффициента перекрытия // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 45–55.

***

Введение

Одна из первейших задач врача заключается в постановке диагноза по доступному анамнезу. При диагностике возникает проблема выделения наиболее информативных показателей. Для понижения размерности базы данных применяется ранжирование, что облегчает и ускоряет процесс классификации.

На данный момент существуют три основных метода для выделения диагностических показателей: **метод фильтрации** (filter method, основанный на мере релевантности между показателем и группой) [2, 12, 22], **обёрточный метод** (wrapper method, где набор показателей тесно привязан к используемому алгоритму) [15, 18] и встроенный метод (embedded method использующий возвратный алгоритм удаления показателей) [10, 23].

Методы фильтрации выявляют диагностические показатели вне зависимости от применяемого алгоритма классификации. Они основываются лишь на общих признаках, таких как корреляция с "переменной-диагнозом". Выявленные наиболее информативные диагностические показатели – "лидеры" и будут задействованы в модели классификации. Методы фильтрации особенно эффективны с точки зрения вычислительного вре-

мени и устойчивы к переобучению [226]. Однако методы фильтрации также выявляют и избыточные диагностические показатели, поскольку они не принимают во внимание взаимосвязи между показателями. Поэтому они в основном используются как методы предварительной обработки, а корреляционный анализ поможет исключить избыточные показатели, выявив связи между ними.

В **оберточном методе** выделение информативных показателей реализовано как обертка вокруг индукционного алгоритма, использующегося как части функции, оценивающей подмножества показателей. Недостатком является риск переобучения при недостаточном количестве наблюдений, а также значительное вычислительное время при большом количестве показателей.

Встроенный метод сочетает в себе преимущества двух предыдущих. Но он зависит от алгоритма классификации, одновременно выполняя и выделение показателей, и классификацию.

Методы фильтрации обычно оказываются самыми быстрыми из трех методов отбора диагностических показателей, т. к. они не требуют алгоритм обучения для оценивания показателей и у них отсутствует зависимость от множества дополнительных параметров, подбор которых является искусством.

Выбор критерия останова является также важным вопросом в методах фильтрации, т.к. не существует оценки ошибки для отслеживания качества выполнения. В общем случае либо выбирается заданное число диагностических показателей (например, врача интересует 6 наиболее информативных показателей, на 7-м он останавливается), либо поиск продолжается до тех пор, пока мера оценки для всех оставшихся невыбранных показателей не перейдет пороговое значение (например, врача интересует значение площади перекрытия функций плотности распределения меньше, чем 0,5, и все показатели, превышающие заданную меру оценки, отбрасываются) [17]. Из последних работ по ранжированию показателей в медицинских базах данных с применением более развитых подходов можно выделить, например, статьи [1, 4].

Наряду с описанными способами существует способ, использующий коэффициент перекрытия. Применение коэффициента перекрытия основывается на предположении о наличии зависимости площади перекрытия от диагностической ценности (информативности) показателя: чем меньше площадь перекрытия функций плотности распределения, тем более информативен диагностический показатель. Однако отсутствие явного доказательства этой зависимости приводит к необходимости проводить исследование для каждой базы отдельно. Цель предлагаемой статьи – показать возможность эффективного применения коэффициента перекрытия для ранжирования диагностических показателей в базах данных с онкологией и острым аппендицитом.

Опыт ранжирования на основе коэффициента перекрытия

Обратимся к истории ранжирования диагностических показателей методом фильтрации с применением коэффициента перекрытия как меры сходства между классами. Проводя исследования по выделению наиболее значимых диагностических показателей для последующей классификации методом фильтрации, в 1984 г. H. F. Inman защитил докторскую диссертацию "Поведение и свойства коэффициента перекрытия как мера сходства между распределениями" [13]. В 1989 г. H. F. Inman и E. L. Bradley в совместной статье [14] продублировали термин Δ для измерения меры сходства между двумя функциями распределения или двумя выборками, представленными этими распределениями. По определению E.L. Bradley в Энциклопедии статистических наук [11], Δ равен площади перекрытия функций плотности распределения. Δ является мерой сходства между

двумя распределениями и варьируется от 0 до 1.

Если $\Delta = 0$, тогда перекрытие отсутствует, если $\Delta = 1$, то распределения идентичны. Соответственно, из минимального значения Δ следует максимальная информативность показателя, а из максимального Δ – минимальная. На рисунке 1 представлены различные случаи перекрытия двух плотностей распределения для анализируемого показателя.

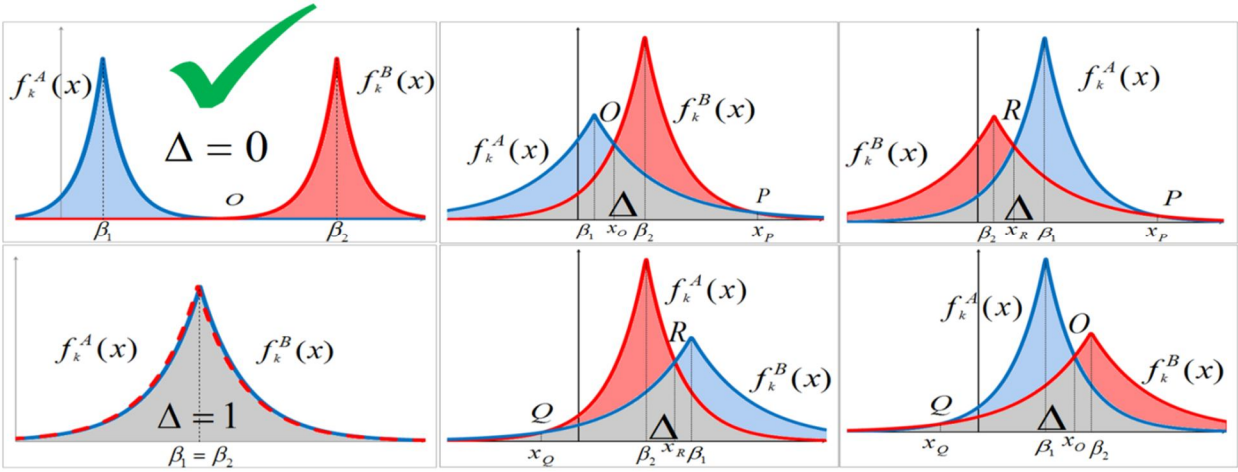

Рис. 1. Графическое представление коэффициента перекрытия Δ

Δ получил широкое применение в области распознавания и классификации образов. Приведем некоторые примеры его использования в новейшей англоязычной литературе. В 2011 г. математик R. Vogel [24] использует ранжирование множества выборок для получения непараметрической ядерной оценки Δ. Прикладной статистик H. Samawi [19] предлагает новый непараметрический тест симметрии, также основанный на Δ и использующий оценку плотности ядра. В исследовании показано, что новый тест мощнее существующих, включая тест на симметрию.

В 2012 г. биостатистик Silva-Fortes [21] решала задачу микроматричного анализа – определения специфичных генов, проявляющихся по-разному в разных образцах тканей. В экспериментах по молекулярной классификации опухолей Δ использовался для определения значимых подтипов рака.

В 2013 г. S. Lourens [16] использовал Δ при оценке параметров в смеси нормальных распределений, имеющей множество практических приложений. Было выполнено исследование для сравнения оценок смещения, полученных методом наибольшего правдоподобия и характеристической функцией случайной величины в широком диапазоне значений расхождения. Авторы использовали Δ для количественного измерения несоответствия, а также для оценки качества в смесях нормальных распределений. Численные эксперименты проведены на базе данных с синдромом Хантингтона – генетическом заболевании нервной системы, в ходе которых вычислялись когнитивные биомаркеры прогрессирования заболевания.

В 2014 г. биостатистик Araya-Ajoy [8] использовал Δ для описания различий в поведенческих характеристиках у диких синиц. Оценивалась степень агрессивности особей в период откладки и высиживания яиц на разных уровнях иерархии: в рамках индивидуального и группового поведения.

И снова в 2016 г. прикладной статистик H. Samawi [20], продолжая экспери-

менты с Δ, предлагает новый тест на симметрию, используя оценку плотности ядра и расстояние Кульбака-Лейблера. Результаты моделирования показали, что новый тест превосходит по качеству другие тесты на симметрию.

В заключение отметим преимущество использования Δ – высокую наглядность, т. е. возможность визуально выбирать наиболее информативные показатели (см. рис. 1, серая область).

Прием классификации, основанный на применении функции ошибок

Пусть заданы множества $A \subset R^n$ и $B \subset R^n$ (n – количество диагностических показателей), причём $A = \{a_i \in R^n \mid i \in I\}$, $B = \{b_j \in R^n \mid j \in J\}$, где количество пациентов $I = 1 : N_1$, $J = 1 : N_2$. Общее количество пациентов $N = N_1 + N_2$, $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, ..., a_{in})$, $b_j = (b_{j1}, b_{j2}, ..., b_{jn})$.

По стандартным формулам математической статистики вычисляем математическое ожидание и дисперсию величин a_{ik} и b_{jk}, $k = \overline{1, N}$, а по ним строим функцию распределения Лапласа $f_k^A(x)$ и $f_k^B(x)$.

Далее вычисляем коэффициент перекрытия (далее – "Δ") как площадь пересечения функций плотности распределения: $\Delta = \int_{R^n} \min[f^A(x), f^B(x)]\,dx$. В дискретном случае Δ вычисляется аналогично: $\Delta = \sum_X \min[f^A(x), f^B(x)]$.

Привлекательность распределения Лапласа и основание для его использования в данной работе заключается в его простой аналитической форме, первообразная которого выражается формулой

$$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\operatorname{sgn}(x-\beta)(1 - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma}|x-\beta|}),$$

где β – математическое ожидание;

σ – среднеквадратичное отклонение.

Упорядочивая полученный ряд из Δ по возрастанию, выбираем оптимальный набор показателей с наименьшими значениями Δ.

По набору наиболее информативных диагностических показателей m, отобранных из исходного набора показателей n, будем строить оптимальную гиперплоскость

$$D(\alpha,x)=\alpha_0+\alpha_1 x_1+...+\alpha_m x_m,$$

разделяющую A и B с ошибкой r, равной отношению числа неверно распознанных объектов $(\overline{n}_A+\overline{n}_B)$ к общему числу объектов N:

$$r = (\overline{n}_A+\overline{n}_B) / N.$$

При этом количество неверно распознанных объектов должно быть минимальным.

Материалы и методы исследования

Работоспособность метода исследовалась на базе данных по онкологии РМЖ-569 [9], содержащей данные о 569 пациентах, имеющих опухоль, и о 30 непрерывных диагностических показателях. По результатам анализа характеристик ядер клеток проводилось разделение по двум классам: доброкачественная опухоль и злокачественная (357 и 212 пациентов). Также использовалась база данных Аппендицит-103, содержащая информацию по 8 дискретным показателям для 103 пациентов с подозрением на острый аппендицит. Разделение по классам: 79 прооперированных пациентов в связи с острым аппендицитом и 24 неоперированных пациента без симптомов острого аппендицита. Симптомы (диагностические показатели) фиксируются врачом во время первичного обследования. Данные любезно предоставлены Военно-медицинской академией имени С. М. Кирова (ВМедА). Программное обеспечение для ранжирования диагностических показателей и классификации пациентов детально описано в [6].

Результаты исследования и их обсуждение

На основании меры сходства между двумя выборками (Δ) выделены характерные случаи перекрытия графиков функций плотности распределения. Построены аналитические формулы для вычисления площадей перекрытия для каждого случая. Значение Δ по каждому диагностическому показателю заносится в таблицу по степени уменьшения информативности показателя (табл. 1).

Таблица 1

Результаты ранжирования диагностических показателей (РМЖ-569)

$\Delta_{Гаусс}$	Показатели формы ядра клетки		$\Delta_{Лаплас}$
0,1863	Max_Вогн_участки_конт._28	Max_Вогн_участки_конт._28	0,1544
0,1958	Вогн_участки_конт._8	Вогн_участки_конт._8	0,1602
0,3147	Степ_вогнут_7	Степ_вогнут_7	0,2440
0,3712	Max_Степ_вогнут_27	Max_Степ_вогнут_27	0,2837
0,4289	Max_Плотность_26	Max_Плотность_26	0,3355
0,4369	Плотность_6	Плотность_6	0,3393
0,5842	Max_Симметрия_29	Max_Симметрия_29	0,4918
0,6329	Max_Гладкость_25	Max_Гладкость_25	0,5098
0,6422	Ст.откл._Выгнутость_18	Ст.откл._Выгнутость_18	0,5185
0,6794	WФракт_размер_30	Гладкость_5	0,5671
0,6877	Гладкость_5	WФракт_размер_30	0,5925
0,7134	Ст.откл._Степ_вогнут_17	Симметрия_9	0,6021
0,7176	Симметрия_9	Ст.откл._Степ_вогнут_17	0,6379
0,7505	Ст.откл._Плотность_16	Ст.откл._Плотность_16	0,6415
0,8158	Ст.откл._Фракт_размер_20	Ст.откл._Фракт_размер_20	0,8351
0,8265	Ст.откл._Симметрия_19	Ст.откл._Симметрия_19	0,8672
0,9397	Ст.откл._Гладкость_15	Ст.откл._Гладкость_15	0,9050
0,9439	Фракт_размер_10	Фракт_размер_10	0,9557
	Показатели размера ядра клетки		
0,1947	Max_Размер_24	Max_Размер_24	0,1554
0,1960	Max_Радиус_21	Max_Радиус_21	0,1604
0,2031	Ст.откл._Размер_14	Ст.откл._Размер_14	0,1812
0,2557	Размер_4	Размер_4	0,2009
0,2690	Радиус_1	Радиус_1	0,2112
0,3569	Ст.откл._Радиус_11	Ст.откл._Радиус_11	0,2924
	Показатели текстуры ядра клетки		
0,5947	Max_Текстура_22	Max_Текстура_22	0,4712
0,6338	Текстура_2	Текстура_2	0,5102
0,9037	Ст.откл._Текстура_12	Ст.откл._Текстура_12	0,9262
	Объединенный показатель размера и формы ядра клетки		
0,1869	Max_Периметр_23	Max_Периметр_23	0,1542
0,2507	Периметр_3	Периметр_3	0,1983
0,3453	Ст.откл._Периметр_13	Ст.откл._Периметр_13	0,2869

В ходе численных экспериментов был исследован вопрос о влиянии вида распределения на точность ранжирования диагностических показателей и проведено сравнение результатов ранжирования посредством коэффициента перекрытия при аппроксимации различными распределениями [5]. При этом для сравнения были использованы данные из работы [25], где осуществлялся полный перебор показателей. При сравнении результатов было установлено, что наиболее информативные показатели совпадают при аппроксимации распределением Гаусса и Лапласа.

В таблице 1 представлены названия диагностических показателей и сравнены соответствующие им значения коэффициентов перекрытия, аппроксимированных распределением Гаусса $\Delta_{Гаусс}$ и Лапласа $\Delta_{Лаплас}$ – упорядоченный по уменьшению степени информативности список показателей, причем разделенных по трем подгруппам.

В двух крайних столбцах галочками помечены коэффициенты перекрытия с наименьшими значениями, соответствующие наиболее информативным показателям; крестиками – неинформативные.

В экспериментальной базе данных оцифрованные снимки представлены тремя подгруппами диагностических показателей, характеризующими снимки ядер клеток:

1 – размером, выраженным радиусом и площадью;

2 – формой, выраженной гладкостью, степенью вогнутости, плотностью, долей вогнутых участков контура, симметрией и фрактальностью;

3 – текстурой, полученной разницей интенсивности черно-белой шкалы в компонентах пикселя [25].

Результаты анализа в таблице 1 демонстрируют изменение коэффициента перекрытия от наименьшего значения $\Delta = 0{,}1542$ (соответствующего наиболее информативному показателю Max_Периметр x_{23}) до наибольшего значения $\Delta = 0{,}9557$ (соответствующего наименее информативному показателю Фракт_размер x_{10}). Из приводимых результатов вытекает численное доказательство эффективности применения коэффициента перекрытия для ранжирования диагностических показателей на примере базы данных РЖМ-569.

В таблице 2 представлены результаты различных методов ранжирования показателей, выявленные показатели, соответствующие им значения коэффициентов классифицирующей дискриминантной функции и наилучший (минимальный) процент ошибок. Погрупповой подход имитирует консилиум врачей разных специальностей, где каждую выделенную группу диагностических показателей возглавляет врач-специалист.

С помощью погруппового подхода разделение показателей было использовано для выделения трех наиболее информативных диагностических показателей: наихудший показатель текстуры x_{22}, наибольшая площадь x_{24} и наибольшая доля вогнутых участков контура x_{28}.

В итоге процент ошибочно классифицированных на основе дискретной функции ошибок [7] снимков удалось снизить с $r = 5{,}27\%$ до $r = 3{,}69\%$, т.е. качество классификации улучшилось на $1{,}58\%$. (см. табл. 2). Результаты анализа в таблице 2 демонстрируют уменьшение ошибки классификации, что является численным обоснованием эффективности погруппового подхода к ранжированию – объединению специфических показателей в меньшие группы с выделением информативных в каждой.

Таблица 2

Погрупповой подход: уменьшение ошибок диагностики (РМЖ-569)

Метод ранжирования показателей	Набор показателей	Коэффициенты дискриминантной	Процент ошибок
W.N. Street, полный перебор	Max_Размер_24, Max_Гладкость_25, Текстура_2	-3,29; 0,001101; 11,7; 0,041	3,69%
Лаплас, погрупповой подход	Max_Вогн_участки_конт._28, Max_Размер_24, Max_Текстура_22	-2,25; -7,65; -0,00058; -0,027	3,69%
Гаусс, погрупповой подход	Max_Вогн_участки_конт._28, Max_Размер_24, Max_Текстура_22	-2,25; -7,65; -0,00058; -0,027	3,69%
Лаплас, смешанный подход	Max_Периметр_23, Max_Размер_24, Max_Вогн_участки_конт._28,	-2,552; 0,01394; 6,8169; 0,00001	5,27%
Гаусс, смешанный подход	Max_Периметр_23, Max_Размер_24, Max_Вогн_участки_конт._28,	-2,552; 6,8169; 0,01394; 0,00001	5,27%

Рассмотрим отдельно определение степени информативности **дискретного** показателя N_{xi}, где xi – порядковый номер показателя. Δ вычисляется как часть от общего количества элементов в группе, которая была неправильно определена [3].

Приведем пример вычисления информативности показателя Симптома Ровзинга (N_{x7}) в базе Аппендицит-103. Найдем минимальную из двух дробей: в числителе первой дроби – количество пациентов с наличием диагностического показателя (симптом Ровзинга $x_7 = 0$, "нет/отсутствует") в первой группе, в знаменателе – число пациентов в первой группе (23/24). Другими словами, у 23 пациентов из группы здоровых численностью 24 человека нет болей в правой подвздошной области при проверке Симптома Ровзинга. В числителе второй дроби – количество пациентов с наличием диагностического показателя (симптом Ровзинга $x_7 = 0$, "нет/отсутствует") во второй группе, в знаменателе – число пациентов во второй группе (18/79). Другими словами, лишь у 18 пациентов из группы больных численностью 79 человек нет болей в правой подвздошной области при проверке Симптома Ровзинга.

Далее аналогичным способом найдем минимальное значение из двух дробей с наличием диагностического показателя (симптом Ровзинга $x_7 = 1$, "да/присутствует"). Сложим два минимальных значения и получим конечное число N_{x7} от 0 до 1.

$$N_{x7} = \min_{X7=0}\left(\frac{23}{24};\frac{18}{79}\right) + \min_{X7=2}\left(\frac{1}{24};\frac{61}{79}\right) =$$
$$= \min_{X7=0}(0{,}9583;\ 0{,}2278) + \min_{X7=2}(0{,}0417;\ 0{,}7722) =$$
$$= 0{,}2278 + 0{,}0417 = 0{,}2695$$

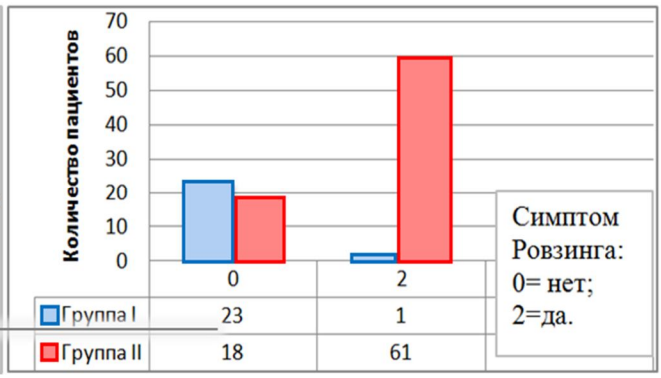

Рис. 2. Вычисление значимости показателя N_{x7} Симптом Ровзинга

Повторив процедуру для всех диагностических показателей N_{xi} и упорядочив ряд полученных чисел по возрастанию (чем меньше число, тем более значим показатель), получим картину распределения информативности по группе дискретных показателей. Диагностика по трем наилучшим показателям (x_7 симптом Ровзинга, x_6 симптом Щеткина-Блюмберга, x_8 защитное мышечное напряжение), которые являются простейшими из числа применяемых в первые минуты контакта больного с медиками (без использования элементарных инструментальных исследований), показала достаточно высокую диагностическую точность 94,17%.

Заключение

В соответствии с поставленной целью показано, что предложенный в статье метод ранжирования, основанный на использовании коэффициента перекрытия площадей функций плотности распределения, дал результат, идентичный полученному методом полного перебора. Полным перебором воспользовались наши американские коллеги-эксперты в области обработки баз данных по онкологии.

Список литературы

1. Артеменко М. В., Калугина Н. М., Шуткин А. Н. Формирование множества информативных показателей на основании аппроксимирующего полинома Колмогорова–Габора и максимального градиента функциональных различий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 1. С. 116–123.

2. Габидулин Э. М., Пилипчук Н. И. Лекции по теории информации. М.: МФТИ, 2007. 214 с.

3. Кокорина А. В. Оптимизационный подход в задачах математической диагностики: дис. … канд. физ.-мат. наук. М.: РГБ, 2005. 118 с.

4. Оценка информативности пространства признаков в задаче прогнозирования обострения генитального герпеса с использованием моделей Г. Раша / М. И. Лукашов, А. Г. Устинов, Е. А. Бойцова, Л. В. Стародубцева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2014. № 4. С. 89–95.

5. Трояножко О. А., Колесин И. Д. Анализ влияния выбора вида распределения на точность ранжирования диагностических показателей // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 6. С. 457–461.

6. Трояножко О. А., Колесин И. Д. Двухэтапная экспертная система диагностики заболеваний // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. № 1(22). С. 82–88.

7. Трояножко О. А., Колесин И. Д. Оптимизация диагностики рака молочной железы на основе дискретной функции ошибок // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 3. С. 125–131.

8. Araya-Ajoy Y. G., Dingemanse N. J. Characterizing behavioural 'characters': an evolutionary framework // Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences. 2014. Vol. 281(1776).

9. Bache K., Lichman M. UCI Machine Learning Repository. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2013.

10. Barnhill S., Guyon I., Vapnik V. Gene selection for cancer classification using support vector machines // Machine learning. 2002. Vol. 46. P. 389–422.

11. Bradley E.L. Overlapping Coefficient // Encyclopedia of statistical Sciences: S. Kotz and N.L. Johnson (Eds.), Wiley: New York, 1985. Vol. 6. P. 546–547.

12. Duch W. Filter methods // Feature Extraction: Foundations and Applications Studies in Fuzziness & Soft Computing, 2006, Springer. P. 89–117.

13. Inman H. F. Behavior and Properties of the Overlapping Coefficient as a Measure of Agreement Between Distributions /University of Alabama in Birmingham, School of Joint Health Sciences, 1984. 416 p.

14. Inman H. F., Bradley E. L. The overlapping coefficient as a measure of agreement between probability distributions and point estimation of the overlap of two normal densities // Communications in Statistics - Theory and Methods. 1989. Vol. 18. P. 3851–3874.

15. John G.H., Kohavi R. Wrappers for feature subset selection // Artifcial intelligence. 1997. Vol. 97. P. 273–324.

16. Bias in Estimation of a Mixture of Normal Distributions / S. Lourens, Y. Zhang, J. D. Long, J. S. Paulsen // J Biomet Biostat. 2013. Vol. 4:179. doi: 10.4172/2155-6180.1000179.

17. Osei-Bryson K-M., Giles K. & Kositanurit B. Exploration of a hybrid feature selection algorithm // J Oper Res Soc. 2003. Vol. 54: P. 790. doi:10.1057/ palgrave.jors.2601565.

18. Pengyi Y., Liu W., Bing B. Z. Ensemble-Based Wrapper Methods for Feature Selection and Class Imbalance Learning // Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. Lecture Notes in Computer Science. 2013. Vol. 7818. P. 544–555.

19. Samawi H., Helu A., Vogel R.L. A nonparametric test of symmetry based on the overlapping coefficient // Journal of Applied Statistics. 2011. Vol. 38(5). P. 885–898.

20. Samawi H., Vogel R. L. A Test of Symmetry Based on the Kernel Kullback-Leibler Information with Application to Base Deficit Data // Biom Biostat Int J. 2016. Vol. 3(2).

21. Silva-Fortes C., Turkman M. A., Sousa L. Arrow plot: a new graphical tool for selecting up and down regulated genes and genes differentially expressed on sample subgroups // BMC Bioinformatics. 2012. Vol. 13(147). DOI: 10.1186/1471-2105-13-147.

22. Sun Y. Iterative RELIEF for Feature Weighting: Algorithms, Theories, and Applications // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2007. Vol. 29(6). P. 1035–1051.

23. Tibshirani R. Regression shrinkage and selection via the lasso // Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological). 1996. Vol. 58. P. 267–288.

24. Vogel R. H. Samawi Nonparametric overlap coefficient estimation using ranked set sampling // Journal of Nonparametric Statistics. 2011. Vol. 23(2). P. 385–397. DOI: 10.1080/10485252.2010.533769.

25. Wolberg W. H., Street W. N., Mangasarian O. L. Computerized Diagnosis of Breast Fine-Needle Aspirates // The Breast J. 1997. Vol. 3. P. 77–80.

26. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Feature_selection.

Поступила в редакцию 09.03.17

UDC 519.254

I. D. Kolesin, Doctor of Sciences, Professor, Saint Petersburg State University, (Saint Petersburg) (e-mail: kolesin_id@mail.ru)

O. A. Troyanozhko, Post-Graduate Student, Saint Petersburg State University (Saint Petersburg) (e-mail: med_otpor@mail.ru)

DIAGNOSTIC FEATURE RANKING VIA OVERLAPPING COEFFICIENT

An algorithm of selection of most informative diagnostic features for patients classification into group "healthy" or "sick" is presented in this paper. The algorithm was tested on oncology and appendicitis data bases. Diagnostic features in breast cancer data base are the samples which consist of visually assessed nuclear features of fine needle aspirates taken from patients' breasts. The digitized images are represented by three sub-groups of indicators – size, shape and texture, which characterize the nucleus.

Diagnostic features in acute appendicitis data base were obtained in the hospital by visual inspection and palpation by profile specialists. Diagnostic features selection and informativeness degree is implemented by filtration method with the use of overlapping coefficient, which measures similarity between two classes. The use of overlapping coefficient is based on assumption of the dependence between an overlap area and informativeness of the diagnostic feature. The diagnostic features ranking with the use of the overlapping coefficient was tested on medical data bases from different nosological groups. As a result of ranking there were revealed most informative diagnostic features in breast cancer and acute appendicitis data bases. An algorithm based on discrete error function, which registers the number of incorrectly classified patients was used for diagnostic quality check.

Comparative analysis confirmed that diagnostic quality is not worse than the diagnostic quality achieved by other methods, but with less ranking algorithm complexity. The proposed diagnostic features ranking algorithm with the use of overlapping coefficient could be useful for express-diagnostics of various diseases.

Key words: *feature ranking, informativeness, optimization methods, error discrete function, overlapping coefficient, breast cancer, acute appendicitis.*

For citation: Troyanozhko O. A., Kolesin I. D. Diagnostic feature ranking via overlapping coefficient, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 45-55.

***

References

1. Artemenko M. V., Kalugina N. M., Shutkin A. N. Formirovanie mnozhestva informativnyh pokazatelej na osnovanii approksimiruyushchego polinoma Kolmogorova–Gabora i maksimal'nogo gradienta funkcional'nyh razlichij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2016. № 1. S. 116–123.

2. Gabidulin EH. M., Pilipchuk N. I. Lekcii po teorii informacii. M.: MFTI, 2007. 214 s.

3. Kokorina A. V. Optimizacionnyj podhod v zadachah matematicheskoj diagnostiki: dis. … kand. fiz.-mat. nauk. M.: RGB, 2005. 118 s.

4. Ocenka informativnosti prostranstva priznakov v zadache prognozirovaniya obostreniya genital'nogo gerpesa s ispol'zovaniem modelej G. Rasha / M. I. Lukashov, A. G. Ustinov, E. A. Bojcova, L. V. Starodubceva // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2014. № 4. S. 89–95.

5. Troyanozhko O. A., Kolesin I. D. Analiz vliyaniya vybora vida raspredeleniya na tochnost' ranzhirovaniya diagnosticheskih pokazatelej // Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya. 2013. № 6. S. 457–461.

6. Troyanozhko O. A., Kolesin I. D. Dvuhehtapnaya ehkspertnaya sistema diagnostiki zabolevanij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2017. № 1(22). S. 82–88.

7. Troyanozhko O. A., Kolesin I. D. Optimizaciya diagnostiki raka molochnoj zhelezy na osnove diskretnoj funkcii oshibok // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika.

Medicinskoe priborostroenie. 2016. № 3. S. 125–131.

8. Araya-Ajoy Y. G., Dingemanse N. J. Characterizing behavioural 'characters': an evolutionary framework // Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences. 2014. Vol. 281(1776).

9. Bache K., Lichman M. UCI Machine Learning Repository. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2013.

10. Barnhill S., Guyon I., Vapnik V. Gene selection for cancer classification using support vector machines // Machine learning. 2002. Vol. 46. P. 389–422.

11. Bradley E.L. Overlapping Coefficient // Encyclopedia of statistical Sciences: S. Kotz and N. L. Johnson (Eds.), Wiley: New York. 1985. Vol. 6. P. 546–547.

12. Duch W. Filter methods // Feature Extraction: Foundations and Applications Studies in Fuzziness & Soft Computing, 2006, Springer. P. 89–117.

13. Inman H. F. Behavior and Properties of the Overlapping Coefficient as a Measure of Agreement Between Distributions /University of Alabama in Birmingham, School of Joint Health Sciences, 1984. 416 p.

14. Inman H. F., Bradley E. L. The overlapping coefficient as a measure of agreement between probability distributions and point estimation of the overlap of two normal densities // Communications in Statistics - Theory and Methods. 1989. Vol. 18. P. 3851–3874.

15. John G.H., Kohavi R. Wrappers for feature subset selection // Artifcial intelligence. 1997. Vol. 97. P. 273–324.

16. Bias in Estimation of a Mixture of Normal Distributions / S. Lourens, Y. Zhang, J.D. Long, J.S. Paulsen // J Biomet Biostat. 2013. Vol. 4:179. doi: 10.4172/2155-6180.1000179.

17. Osei-Bryson K-M., Giles K. & Kositanurit B. Exploration of a hybrid feature selection algorithm // J Oper Res Soc. 2003. Vol. 54: R. 790. doi:10.1057/ palgrave.jors.2601565.

18. Pengyi Y., Liu W., Bing B. Z. Ensemble-Based Wrapper Methods for Feature Selection and Class Imbalance Learning // Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. Lecture Notes in Computer Science. 2013. Vol. 7818. P. 544–555.

19. Samawi H., Helu A., Vogel R. L. A nonparametric test of symmetry based on the overlapping coefficient // Journal of Applied Statistics. 2011. Vol. 38(5). P. 885–898.

20. Samawi H., Vogel R. L. A Test of Symmetry Based on the Kernel Kullback-Leibler Information with Application to Base Deficit Data // Biom Biostat Int J. 2016. Vol. 3(2).

21. Silva-Fortes C., Turkman M. A., Sousa L. Arrow plot: a new graphical tool for selecting up and down regulated genes and genes differentially expressed on sample subgroups // BMC Bioinformatics. 2012. Vol. 13(147). DOI: 10.1186/1471-2105-13-147.

22. Sun Y. Iterative RELIEF for Feature Weighting: Algorithms, Theories, and Applications // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2007. Vol. 29(6). P. 1035–1051.

23. Tibshirani R. Regression shrinkage and selection via the lasso // Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological). 1996. Vol. 58. P. 267–288.

24. Vogel R. H. Samawi Nonparametric overlap coefficient estimation using ranked set sampling // Journal of Nonparametric Statistics. 2011. Vol. 23(2). P. 385–397. DOI: 10.1080/10485252.2010.533769

25. Wolberg W. H., Street W. N., Mangasarian O. L. Computerized Diagnosis of Breast Fine-Needle Aspirates // The Breast J. 1997. Vol. 3. P. 77–80.

26. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ Feature_selection.

УДК 614.2

А. Н. Шуткин, канд. физ.-мат. наук, заместитель начальника института по учебной работе, Воронежский институт государственной противопожарной службы МЧС России (Воронеж, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

ИНФОРМАТИВНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ И ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В работе предлагается информационно-аналитическая модель для проектирования систем поддержки принятия решений профессионального отбора работников, связанных с высоким риском для их жизни и здоровья, позволяющая упростить синтез базы знаний соответствующих систем поддержки принятия решений

В основу построения модели положено использование трех блоков нечетких агрегатов: блок правил, определяющих степень (уровень) готовности к выполнению профессиональной деятельности; блок правил прогнозирования возникновения профессиональных заболеваний; блок правил ранней и дифференциальной диагностики заболеваний, приобретаемых в ходе профессиональной деятельности.

В свою очередь, каждый из этих блоков представляет собой нечеткий агрегатор первичных признаков, определяемых с помощью функциональных методов исследования с помощью средств исследования психологической компоненты, экологической обстановки, производственных и экологических факторов риска и др.

Таким образом получается двухуровневая модель, в которой на первом уровне работают агрегаторы, принимающие решение по подпространствам признаков, на втором уровне осуществляется коллективная агрегация под решаемую задачу, в данном случае под три задачи: определяется уверенность в профессиональной пригодности; уверенность в прогнозе появления и развития профессиональных заболеваний и уверенность в уровне диагностики ранних стадий профессиональных заболеваний.

Методической основой синтеза математических моделей агрегаторов всех уровней является методология синтеза коллективов гибридных нечетких решающих правил, разработанных и апробированных на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета.

Использование предлагаемой информационно-аналитической модели позволяет оптимизировать сигнатуру базы знаний соответствующей системы поддержки принятия решений. Предлагаемая информационно-аналитическая модель использовалась при синтезе интеллектуальных систем поддержки принятия решений для профессионального отбора сотрудников МЧС.

Ключевые слова: *профессиональный отбор, информационно-аналитическая модель, нечеткие агрегаторы, система поддержки принятия решений.*

Ссылка для цитирования: Шуткин А. Н. Информативно-аналитическая модель принятия решений о профессиональной пригодности и оценке состояния здоровья работников опасных производств // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 56–61.

***

Работами многочисленных отечественных и зарубежных ученых было доказано, что решение задач профессиональной ориентации, профессионального отбора, прогнозирования и ранней диагностики заболеваний, связанных с работой в опасных для здоровья условиях, относится к классу плохоформализуемых задач со сложной, пересекающейся структурой классов [5, 6].

В этих условиях целесообразно использовать технологию мягких вычислений, реализуемых интеллектуальными системами поддержки принятия решений [2, 3, 4, 6, 10].

В данной работе рассматриваются вопросы построения информационно-аналитической модели, позволяющей упростить синтез базы знаний, соответствующих систем поддержки принятия решений.

Для построения искомой модели на экспертном уровне было выделено три блока решающих правил, характерных для интеллектуальных систем профессионального отбора:

1) блок правил, определяющих степень (уровень) готовности к выполнению профессиональной деятельности; 2) блок правил прогнозирования возникновения профессиональных заболеваний; 3) блок

правил ранней и дифференциальной диагностики заболеваний, приобретаемых в ходе профессиональной деятельности.

В ходе проведения исследований с привлечением групп экспертов, состоящих из высококвалифицированных профессиональных психологов и врачей, по выделенным блокам решающих правил были определены подпространства соответствующих информативных признаков.

По блоку правил оценки степени готовности к профессиональной деятельности выделены следующие группы информативных признаков:

– подпространство признаков, формируемое с использованием функциональных методов исследования (PPFMI);

– подпространство признаков, характеризующих психологическую компоненту (PPPK);

– подпространство признаков, формируемое с использованием традиционных инструментальных и лабораторных методов исследования (PPIL);

– подпространство признаков, характеризующих экологию в местах, связанных со служебной деятельностью (PPESD);

– подпространство признаков, характеризующих экологию повседневного жизненного пространства (PPEGP);

– подпространство признаков, характеризующих индивидуальные факторы риска человека по заболеваниям, связанным с профессиональной деятельностью (PPIFR);

– подпространство признаков, получаемых при текущих и плановых обследованиях традиционными медицинскими исследованиями, включая энергетические характеристики БАТ (PPTMI).

Полученные первичные подпространства признаков оптимизируются по своему составу с использованием известных методов оценки и выбора информативных признаков [6, 12]. По полученным подпространствам информативных признаков синтезируется множество частных агрегаторов (Ag), используя, например, метод синтеза коллективов гибридных нечетких математических моделей, описанный в работах [49, 50, 51, 56].

Эти агрегаторы обеспечивают:

– расчет уровня психологической готовности (UPG) по пространству PPPK;

– расчет уровня функционального состояния (UFS) и функционального резерва (UFR) по подпространству PPFMI;

– расчет уровня здоровья, необходимого для осуществления профессиональной деятельности (UZD) и уровня риска возникновения заболевания, рассчитываемого по индивидуальным факторам риска (URF), по подпространству PPIFR;

– расчет уровня негативного воздействия экологической обстановки, связанной с профессиональной деятельностью (UED), по подпространству PPESD;

– расчет уровня негативного влияния экологической обстановки, окружающей человека в обычной жизни (UEG), по подпространству PPEGP.

Уверенность в наличии ранних стадий заболевания UPS расчитывается с использованием традиционных медицинских методов по подпространству PPIMI. Агрегаторы объединяются структурно-функциональной моделью, приведенной на рисунке.

В работах [1, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15] приводятся описания ряда агрегаторов, применяемых в модели, представленной на рисунке.

Частные решения агрегируются в показатель уровня профессиональной готовности (UPG) финальным агрегатором AGPP.

В общем виде этот агрегатор реализует нечеткую гибридную модель следующего вида:

$$UPG = F_{PG}(UPG, UFS, UFR, UZD). \quad (1)$$

Нечеткие гибридные модели прогнозирования и ранней диагностики заболеваний реализуются агрегаторами AGP и AGRD.

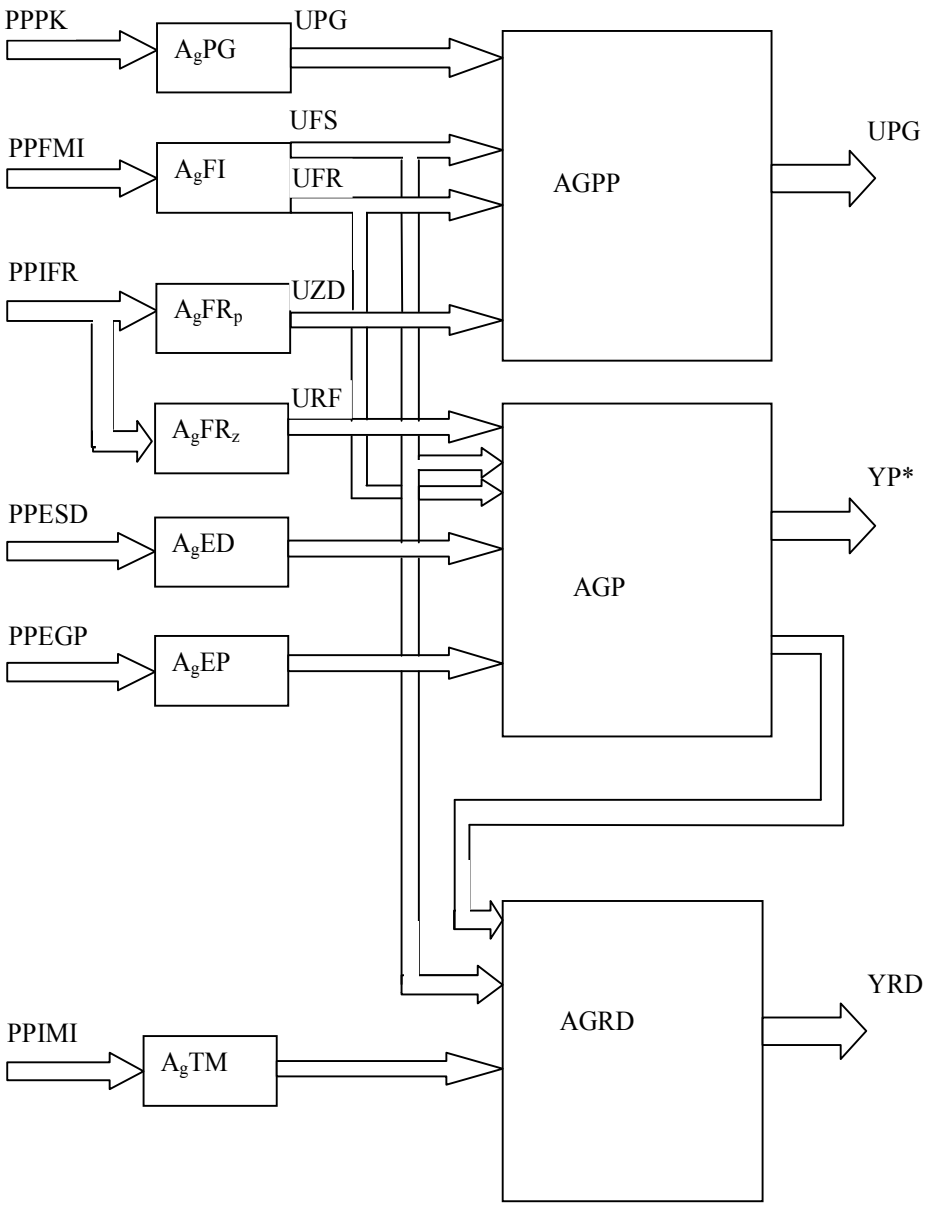

Рис. Информационно-аналитическая модель принятия решений

Определение уверенности в прогнозе (YP) и раннем диагнозе YRD в общем виде осуществляется моделями следующего вида:

$$YR = F_p(UFS, UFR, URF, UED, UEG), \quad (2)$$

$$YRD = F_{RD}(UFS, YR^*, UPS). \quad (3)$$

Связь YR* от агрегатора AGP определяет необходимость проведения дополнительных исследований при высоком риске появления заболеваний с целью своевременного выявления ранних стадий заболевания.

В выражениях (1), (2) и (3) F_{PG}, F_P и F_{RD} – функции агрегации, синтезу которых посвящены работы [2–6].

Методической основой синтеза математических моделей, используемых в информационно-аналитической структуре, приведенной на рисунке, является теория синтеза коллективов гибридных нечетких решающих правил, описанная в общем виде в работах [2–4, 6, 10].

Использование предлагаемой информационно-аналитической модели позволяет рационализировать структуру

баз знаний систем поддержки принятия решений, ориентированных на задачи профессионального отбора и ориентации работников опасных производств.

Список литературы

1. Бойцова Е. А., Шуткин А. Н., Магеровский М. А. Оценка уровня функциональных резервов организма на основе технологии мягких вычислений и модели Г. Раша // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2015. Т. 14, № 3. С. 577–584.

2. Кореневский Н. А. Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. XIII, № 2. С. 6–10.

3. Кореневский Н. А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2015. № 1. С. 33–35.

4. Кореневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 2. С. 99–103.

5. Кореневский Н.А., Башир А. С., Горбатенко С. А. Синтез гибридных нечетких правил для прогнозирования, оценки и управления состоянием здоровья в экологически неблагоприятных регионах // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 4. С. 69–73.

6. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, С. А. Горбатенко, В. И. Серебровский. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 472 с.

7. Кореневский Н.А., Коростелев А. Н. Применение гетерогенных нечетких моделей для комплексной оценки уровня функционального резерва человека // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7, № 8. С. 142–147.

8. Комплексная оценка уровня функциональных резервов организма человека на основе нечетких моделей принятия решений / Н. А. Кореневский, А. Н. Коростелев, Е. В. Нечаев, Е. А. Бойцова // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 2. С. 30–36.

9. Метод оценки функционального резерва человека-оператора на основе комбинированных правил нечеткого вывода / Н. А. Кореневский, А. Н. Коростелев, Л. В. Стародубцева, В. В. Серебровский // Биотехносфера. 2012. № 1 (19). С. 44–49.

10. Кореневский Н. А., Руцкой Р. В., Долженков С. Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12, № 4. С. 905–909.

11. Аппаратно-программный комплекс для психофизических исследований на платформе Андроид с AFE интерфейсом / С. Н. Кореневская, Е. С. Шкатова, М. А. Магеровский, А. Н. Шуткин // Медицинская техника. 2016. № 5. С. 24–27.

12. Кульбак С. Теория информации и статистика. М.: Наука, 1967.

13. Магеровский М. А., Мухатаев Ю. Б., Шкатова Е. С. Оценка функционального состояния и функционального резерва организма по энергетической сбалансированности меридианных структур // Современные тенденции развития науки и технологии: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Белгород, 2015. № 8, ч. 2. С. 132–135.

14. Использование гибридных нечетких моделей для оценки степени утомления / А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, А. В. Бойцов, С. Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2015. № 2. С. 107–118.

15. Оценка функционального состояния здоровья человека с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша / А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, С. Н. Кореневская, В. Я. Провоторов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13. С. 927–932.

Поступила в редакцию 10.04.17

UDC 614.2

A. N. Shutkin, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, the Deputy chief of Institute on educational work, Voronezh Institute of the State Fire Service of Russian Emergencies Ministry (Voronezh, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

INFORMATIVE-ANALYTICAL MODEL OF DECISION-MAKING ON PROFESSIONAL SUITABILITY AND THE ASSESSMENT OF THE HEALTH OF WORKERS IN HAZARDOUS INDUSTRIES

This paper proposes an information and analytical model for design of decision support systems solutions to the professional selection of workers associated with a high risk to their life and health, to simplify the synthesis of the knowledge base of appropriate decision support systems solutions

The basis for the construction of the model allowed the use of three blocks of fuzzy aggregates: the unit rules determine the degree (level) of readiness to perform professional activities; set rules for predicting the occurrence of occupational diseases; set the rules early and differential diagnosis of diseases acquired in the course of professional activities.

In turn, each of these blocks represents a fuzzy aggregator primary signs, which are defined using functional methods of research by means of research of psychological components, environmental conditions, occupational and environmental risk factors, etc.

Thus, a two-level model where the first level aggregators, deciding on subspaces of features on the second level is the collective aggregation under solve the problem, in this case under three tasks: determines the confidence in the professional competence; confidence in the forecast of appearance and development of occupational diseases and confidence level of diagnosis of early stages of occupational diseases.

Methodological basis for the synthesis of mathematical models for aggregators on all levels is a methodology for the synthesis of hybrid ensembles of fuzzy decision rules developed and tested at the Department of biomedical engineering, southwest state University.

Using the proposed information and analytical models allows to optimize the signature of the knowledge base relevant system for decision support. The proposed information-analytical model was used in the synthesis of intellectual systems of decision support for selection of professional emergency workers.

Key words: *professional selection, analytical model, fuzzy aggregators, system of support of decision-making.*

For citation: Shutcin A. N. Informative-analytical model of decision-making on professional suitability and the assessment of the health of workers in hazardous industries, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 56-61.

***

References

1. Bojcova E. A., Shutkin A. H., Magerovskij M. A. Ocenka urovnya funkcional'nyh rezervov organizma na osnove tekhnologii myagkih vychislenij i modeli G. Rasha // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2015. T. 14, № 3. S. 577–584.

2. Korenevskij N. A. Proektirovanie sistem prinyatiya reshenij na nechetkih setevyh modelyah v zadachah medicinskoj diagnostiki i prognozirovaniya // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij, 2006. T. XIII, № 2. S. 6–10.

3. Korenevskij N.A. Ispol'zovanie nechetkoj logiki prinyatiya reshenij dlya

medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. 2015. № 1. S. 33–35.

4. Korenevskij N. A. Metod sinteza geterogennyh nechetkih pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniem biotekhnicheskih sistem // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2013. № 2. S. 99–103.

5. Korenevskij N. A., Bashir A. S., Gorbatenko S. A. Sintez gibridnyh nechetkih pravil dlya prognozirovaniya, ocenki i upravleniya sostoyaniem zdorov'ya v ehkologicheski neblagopriyatnyh regionah // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2013. № 4. S. 69–73.

6. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya obuchayushchihsya na osnove gibridnyh intellektual'nyh tekhnologij: monografiya / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, S. A. Gorbatenko, V. I. Serebrovskij. Staryj Oskol: TNT, 2016. 472 s.

7. Korenevskij N.A., Korostelev A. N. Primenenie geterogennyh nechetkih modelej dlya kompleksnoj ocenki urovnya funkcional'nogo rezerva cheloveka // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2011. T. 7, № 8. S. 142–147.

8. Kompleksnaya ocenka urovnya funkcional'nyh rezervov organizma cheloveka na osnove nechetkih modelej prinyatiya reshenij / N. A. Korenevskij, A. N. Korostelev, E. V. Nechaev, E. A. Bojcova // Biomedicinskaya radioehlektronika. 2010. № 2. S. 30–36.

9. Korenevskij N. A. Metod ocenki funkcional'nogo rezerva cheloveka-operatora na osnove kombinirovannyh pravil nechetkogo vyvoda / N. A. Korenevskij, A. N. Korostelev, L. V. Starodubceva, V. V. Serebrovskij // Biotekhnosfera. 2012. № 1 (19). S. 44–49.

10. Korenevskij N. A., Ruckoj R. V., Dolzhenkov S. D. Metod prognozirovaniya i diagnostiki sostoyaniya na osnove kollektivov nechetkih reshayushchih pravil // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2013. T. 12, № 4. S. 905–909.

11. Apparatno-programmnyj kompleks dlya psihofizicheskih issledovanij na platforme Android s AFE interfejsom / S. N. Korenevskaya, E. S. Sнkatova, M. A. Magerovskij, A. N. Shutkin // Medicinskaya tekhnika. 2016. № 5. S. 24–27.

12. Kul'bak S. Teoriya informacii i statistika. M.: Nauka, 1967.

13. Magerovskij M. A., Muhataev Yu. B., Shkatova E. S. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya i funkcional'nogo rezerva organizma po ehnergeticheskoj sbalanstrovannosti meridiannyh struktur // Sovremennye tendencii razvitiya nauki i tekhnologii: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Belgorod, 2015. № 8, ch. 2. S. 132–135.

14. Ispol'zovanie gibridnyh nechetkih modelej dlya ocenki stepeni utomleniya / A. N. Shutkin, E. A. Bojcova, A. V. Bojcov, S. N. Korenevskaya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2015. № 2. S. 107–118.

15. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya zdorov'ya cheloveka s ispol'zovaniem teorii izmereniya latentnyh peremennyh na osnove modelej G. Rasha / A. N. Shutkin, E. A. Bojcova, S. N. Korenevskaya, V. Ya. Provotorov // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2014. T. 13. S. 927–932.

УДК 616.65

Н. А. Кореневский, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (Курск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

О. Б. Карякин, д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением лучевого и хирургического лечения урологических заболеваний с группой брахитерапии, РПЖ МРНЦ РАМН (Обнинск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

В. А. Бирюков, канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения лучевого и хирургического лечения урологических заболеваний, ФГБУ МРНЦ МЗ РФ (Обнинск, России) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ КРОВОСНАБЖЕНИЯ И СОПРОТИВЛЕНИЯ БИОТКАНЕЙ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

В работе рассматривается структура прибора для оценки кровоснабжения предстательной железы с использованием ректального датчика на основе силиконовой трубки, в которой размещаются системы зондирующих токовых электродов для каналов реографии, где счет информации осуществляется измерительными электродами. Для каналов фотоплетизмографии в ректальном датчике располагается линейка красных и инфракрасных светодиодов с широкополосным фотоприемником, что кроме фотоплетизмограммы позволяет регистрировать наполнение крови кислородом. Счет и предварительная обработка рео- и фотосигналов осуществляется специализированными аналоговыми интерфейсами типа AFE, которые реализуют аналоговую и цифровую высокочастотную фильтрацию, аналогово-цифровое преобразование и представление данных стандартным протоколом типа SPI. Обработку и представление информации пользователю осуществляет микроконтроллер, имеющий протоколы, совместимые с протоколами микросхем AFE. Для повышения точности обработки данных кровоснабжение осуществляется усреднением данных по десяти волнам фото- и реограммы, а также вычислением отношений переменных к постоянным составляющим. При использовании микроконтроллеров DaVinci точность позиционирования ректального датчика относительно предстательной железы может контролироваться ПЗС-матрицей, формирующей видеоизображение областей прохождения ректального датчика. Результаты измерений идентифицируются малогабаритным символьным жидкокристаллическим индикатором. Выбор режимов работы датчиков (частота и амплитуда электрического зондирования, интенсивность и скважность работы светодиодов, включение каналов Bluetooth или GPRS и др.) и отображений на ЖКИ информации реализуется блоком клавиатуры.

Ближняя радиосвязь, например с мобильным телефоном врача, обеспечивается микросхемой Bluetooth, «дальняя» связь, например с удаленным онкоцентром, осуществляется через радиомодуль GPRS. Связь с персональным компьютером – через стандартный интерфейс USB.

Для реализации фото- и реосканирования по различным участкам предстательной железы в силиконовой трубке располагаются кольцевые и (или) полостные реографические электроды и специально изготавливаемые оптические линейки и матрицы, геометрия расположения которых адаптируется под топологию предстательной железы.

Ключевые слова: *кровоснабжение, предстательная железа, кровообращение простаты, ректальный датчик, аналоговые интерфейсы (AFE).*

Ссылка для цитирования: Кореневский Н. А., Корякин О. Б., Бирюков В. А. Прибор для контроля кровоснабжения и сопротивления биотканей предстательной железы // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 62–69.

***

Важным показателем функционального состояния предстательной железы является ее кровоснабжение. Одним из распространённых методов оценки кровоснабжения является ультразвуковая допплерография. Однако она позволят «видеть» кровоснабжение достаточно крупных сосудов, в то время как значительная доля кровоснабжения предстательной железы осуществляется мелкими сосудами, «невидимыми» ультразвуковыми приборами.

Известно, что капиллярный кровоток достаточно хорошо контролируется с использованием фотоплетизмографии и реографии. Однако возможности использования этих методов для оценки кровоснабжения предстательной железы практически не изучены.

Возможности современной микроэлектроники позволяют создавать портативную и дешевую аппаратуру для контроля капиллярного кровотока различных органов, включая предстательную железу, что может явиться хорошим дополнением к ультразвуковой допплерографии, а иногда и заменить ее.

Для подвода фото- и реодатчков к предстательной железе предлагается использовать ректальный датчик из силиконовой трубки, в которой располагаются светоизлучающие диоды и фотоприемники для фотоплетизмограммы, и металлические электроды для реографии. Использование двух различных методов для регистрации кровотока позволяет повысить точность измерений, а при использовании красных и инфракрасных светодиодов с широкополосным фотоприемником появляется возможность определять не только объем кровотока, но и содержание кислорода в крови. Описание методов фотоплетизмографии с определением содержания кислорода в крови и реографии можно найти в специальной литературе, например в [1, 11].

Меняя количество и местоположение фото- и реодатчков в силиконовой трубке, можно исследовать как общее кровоснабжение предстательной железы, так и ее отдельных анатомических структур и участков. Удобно красные и инфракрасные световые лучи подводить к предстательной железе и отводить от нее к фотоприемнику через пучки оптических волокон.

В универсальном варианте фото- и реодатчики располагаются в фиксированных местах силиконовой трубки, а их сканирование осуществляется электронным способом. Глубиной сканирования можно управлять, меняя интенсивность света и частоту работы генератора реоканала.

В качестве первичной информации, снимаемой с фотоприемников и реографических датчиков, с целью уменьшения погрешностей измерений используется отношение амплитуды переменной составляющей сигнала A2 к амплитуде постоянной составляющей A1 (рис. 1).

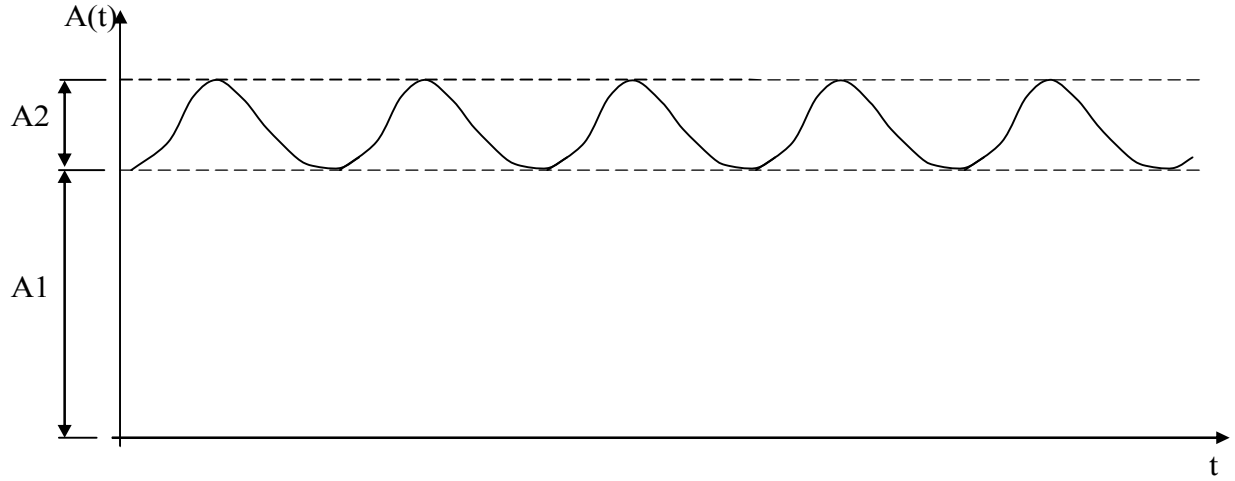

Рис. 1. Типовая форма фотоплетизмо- и реосигнала

Таким образом, для одной волны фотоплетизмограммы (ФПГ): $F_i = A_{F2i}/A_{F1i}$, а для реограммы (РЭГ): $R_i = A_{R2i}/A_{R1i}$.

Учитывая нестабильность сигналов при съеме фотоплетизмо- и реограммы, показатели F_i и R_i усредняются по n волнам (рекомендовано n=10), тогда характеристика кровотока по каждому из двух показателей определяется следующими выражениями:

$$F = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} F_i;$$

$$R = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_i.$$

Постоянная составляющая реограммы $RP = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} A_{R1i}$ несет полезную информацию об общем сопротивлении зондируемой биоткани, что позволяет с определённой степенью точности судить о ее состоянии, поскольку, например, здоровые ткани и опухоль имеют разное сопротивление.

Содержание кислорода в крови по одной волне определяется по известному соотношению [1], а именно

$$S_i = F_{iк}/F_{iи},$$

где $F_{iк}$ – значение F_i, измеренное в красном свете;

$F_{iи}$ – значение F_i, измеренное в инфракрасном свете.

После n замеров получаем

$$S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i.$$

Современная промышленность выпускает аналоговые интерфейсы (AFE), ориентированные на съем и предварительную обработку конкретных медицинских сигналов. Эти микросхемы имеют малые габариты, стоимость и потребляемую мощность. По своим входам они подключаются к своему типу датчиков (в нашем случае – к фотодатчикам и реографическим электродам), а на выходе формируется стандартный цифровой протокол обмена типа SPI [9–11].

В наиболее простом варианте технической реализации в силиконовом ректальном датчике располагаются инфракрасный $CD_{ИН}$ и красный $CD_К$ светодиоды с широкополосным фотоприемником и электроды для регистрации реосигнала (рис. 2).

При тетраполярном включении электродов предстательную железу зондируют переменным током электроды ТЭ1 и ТЭ2. Съем информации осуществляют измерительные электроды ИЭ1 и ИЭ2.

Для формирования световых лучей, учитывающих сложную геометрию предстательной железы, удобно использовать оптические волокна с микролинзами.

В варианте, приведенном на рисунке 2, датчики ФПГ и РЭО располагаются фиксированно, например, с максимальным «захватом» зондируемого участка (полное интегральное кровенаполнение).

Для снятия фотоплетизмограммы в красном и инфракрасном свете с расчётом содержания кислорода в крови используется специализированный аналоговый интерфейс AFE ФПГ (например, AFE 4490).

Микроконтроллер МК обменивается с AFE ФПГ информацией для расчета показателей F и S.

На рисунке 2 изображен вариант тетраполярногоо съема РЕО, когда зондирующие и измерительные электроды подключены раздельно, такой вариант реализуется аналоговым интерфейсом AFE РЕО (например, AFE 4300), получая информацию, микроконтроллер рассчитывает показатели R и RP.

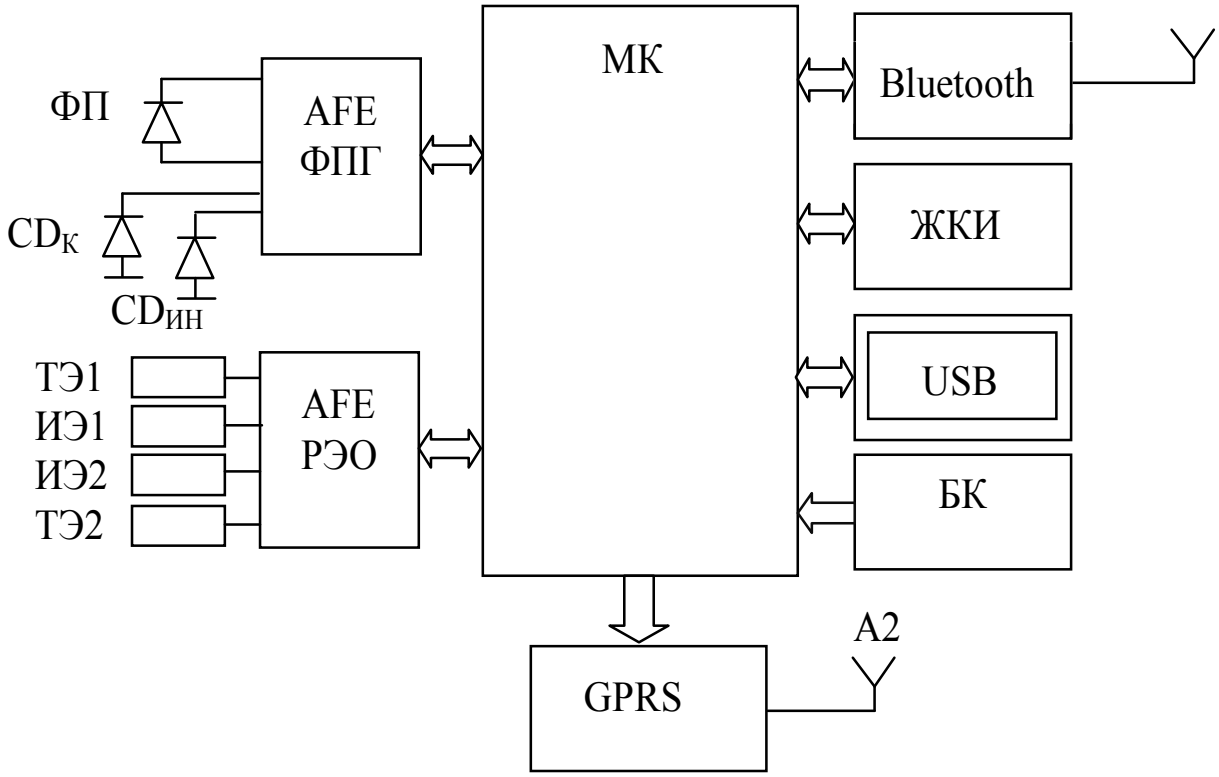

Рис. 2. Вариант структурной схемы прибора с одним каналом ФПГ и одним каналом РЭО

Результаты измерений идентифицируются малогабаритным символьным жидкокристаллическим индикатором (ЖКИ). Выбор режимов работы датчиков (частота и амплитуда электрического зондирования, интенсивность и скважность работы светодиодов, включение каналов Bluetooth или GPRS и др.) и отображений информации на ЖКИ реализуется блоком клавиатуры (БК).

Ближняя радиосвязь, например с мобильным телефоном врача, обеспечивается микросхемой Bluetooth, «дальняя» связь, например с удаленным онкоцентром, осуществляется через радиомодуль GPRS, а связь с персональным компьютером – через стандартный интерфейс USB.

Для реализации фото- и реосканирования по различным участкам предстательной железы в силиконовой трубке располагаются кольцевые и (или) полостные реографические электроды и специально изготавливаемые оптические линейки и матрицы, геометрия расположения которых адаптируется под топологию предстательной железы. Вариант структурной схемы многоканального прибора анализа кровоснабжения простаты приведен на рисунке 3.

В схеме, приведенной на рисунке 3, фотометрический блок (ФБ) содержит множество светодиодов и фотоприемников, геометрия расположения которых в силиконовом ректальном датчике соответствует топологии предстательной железы. Выбор нужных пар светодиодов и фотоприемников обеспечивается аналоговым коммутатором фотометрического блока по адресам, формируемым микроконтроллером МК.

Аналогично выбираются электроды реографического блока (РБ) аналоговым коммутатором АКРБ.

Современные микроконтроллеры (особенно микроконтроллеры Da-Vinci) обладают широкими возможностями по работе с видеоинформацией. Это позволяет в ректальном датчике разместить малогабаритную матрицу ПЗС (МПЗС) для визуального контроля топологии пространства в области предстательной железы.

Наличие ПЗС-матрицы позволяет визуально наблюдать расположение ректального датчика относительно предстательной железы, увеличивая точность проведенных измерений.

При решении задач оценки функционального состояния предстательной железы, стадий и степени тяжести заболеваний, прогнозирования развития заболевания, возможных осложнений, включая послеоперационные осложнения, оценки эффективности профилактики и лечения возникает необходимость контроля дополнительных параметров. Например, при проведении брахитерапии осуществляется радиационный контроль малогабаритными кремниевыми датчиками. Для организации многопараметрического контроля удобно использовать универсальный микрочип ADuMC 350, который ориентирован на работу с активными и пассивными биометрическими датчиками (блок пассивных датчиков (БПД) и блок активных датчиков (БАД)).

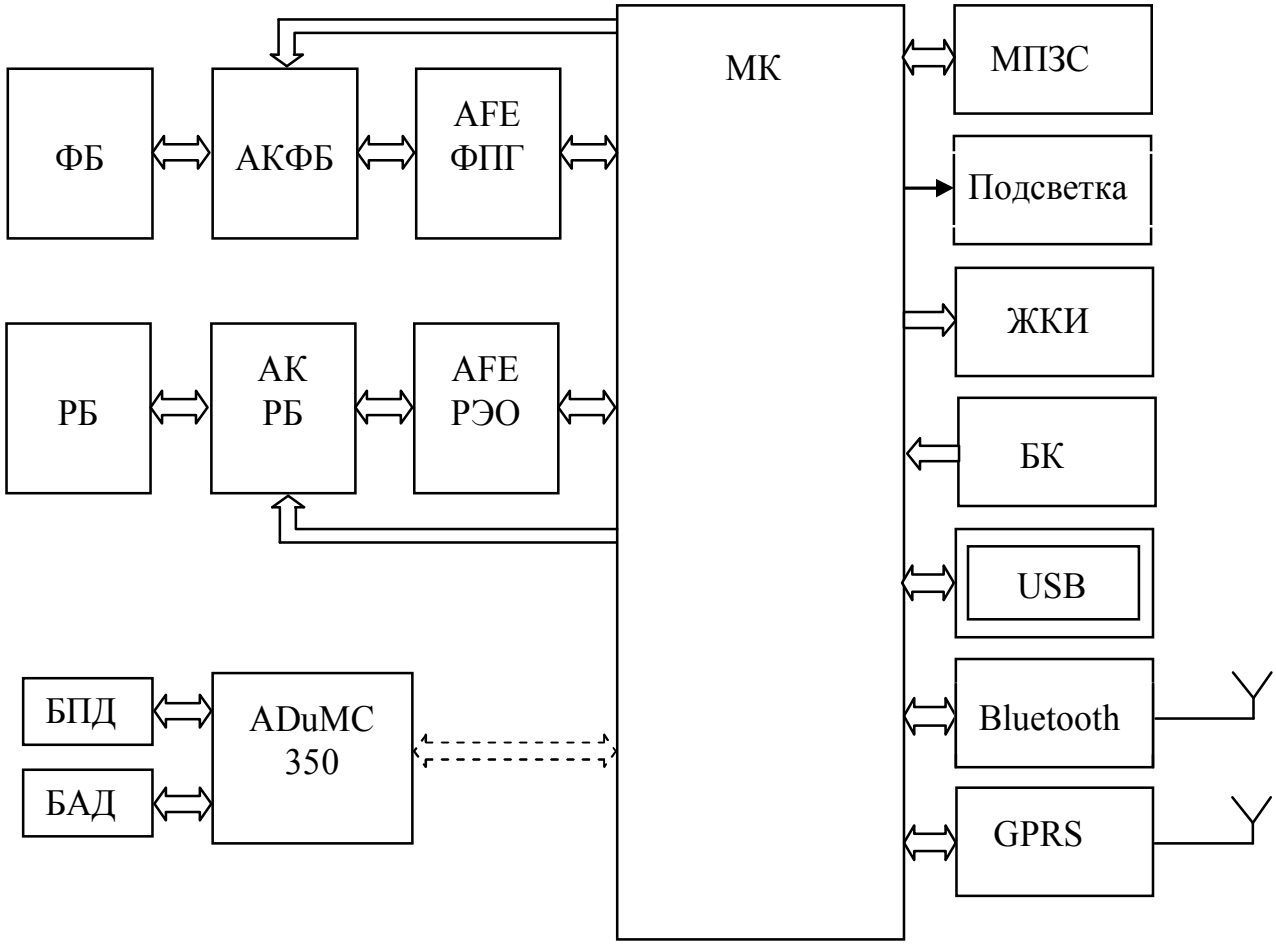

Рис. 3. Схема многоканального прибора мониторинга кровоснабжения простаты

Описанные приборы могут использоваться как самостоятельные портативные и достаточно дешевые устройства, выдающие пользователю на экран монитора значения F, S, R и RP для каждого из выбираемых каналов. В этом варианте врач получает числовые данные, анализирует их и самостоятельно принимает решение о состоянии контролируемого органа.

Во втором варианте рассмотренные приборы через интерфейс типа USB подключаются к персональному компьютеру с программным обеспечением системы поддержки принятия решений (СППР) врача-уролога или онкоуролога.

Такие системы поддерживают решение задач прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики, выбора рациональных схем профилактики и лечения, а также контроля эффективности проводимых лечебно-оздоровительных мероприятий.

Учитывая неполную и нечеткую информацию, получаемую о состоянии кровообращения простаты относительно задач, решаемых СППР, при проектировании ее базы знаний рекомендуется использовать методологию синтеза гибридных нечетких решающих правил, описанную в работах [1–8, 12, 13].

Список литературы

1. Кореневский Н. А., Попечителев Е. П. Биотехнические системы медицинского назначения: учебник. Старый Оскол: ТНТ, 2012. 935 с.

2. Кореневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 2. С. 99–103.

3. Кореневский Н. А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2015. № 1. С. 33–35.

4. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А., Горбатенко С. А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2008. № 2. С. 18–24.

5. Кореневский, Н. А. Руцкой Р. В., Долженков С. Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12, № 4. С. 905–909.

6. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, С. А. Горбатенко, В. И. Серебровский. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 472 с.

7. Кореневский Н. А. Проектирование нечетких решающих сетей, настраиваемых по структуре данных для задач медицинской диагностики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2005. Т. 4, № 1. С. 12–20.

8. Кореневский Н. А., Разумова К. В. Синтез коллектива гибридных нечетких моделей оценки состояния сложных систем // Наукоемкие технологии. 2014. № 12, Т. 15. С. 31–39.

9. Между датчиком и микроконтроллером: новые микросхемы семейства Sensor AFE [Электронный ресурс]. URL: http://www.compel.ru/lib/ne/2012/10/6-mezhdu-datchikom-i mikrokontrollerom-novyie-mikroshemyi-semeystva-sensor-afe.

10. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов / под ред. Уолта Кестера. М.: Техносфера, 2011. 328 с.

11. Строев В. М., Куликов А. Ю., Фролов С. В. Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением: учебное по-

собие. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГУ», 2012. 96 с.

12. Korenevskiy N. A., Gorbatenko S. A., Krupchatnikov R. A. Generation of fuzzy network models taught on basic of data structure for medical expert system // Biomedical Engeneering. 2009. Vol. 42. N 2. P. 67–72.

13. Korenevskiy N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems // Biomedical Engeneering. 2015. Vol. 4. P. 46–49.

Поступила в редакцию 31.03.17

UDC 616.65

N. A. Korenevskiy, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

O. B. Karyakin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Obninsk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

V. A. Biryukov, Candidate of Medical Sciences, Southwest State University (Obninsk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

A DEVICE FOR MONITORING BLOOD FLOW AND RESISTANCE OF TISSUES OF THE PROSTATE GLAND

This paper considers the structure of the device for measuring blood supply to the prostate using a rectal sensor based on silicone tube that houses the system, the probing current electrodes with channel rheography in which the account information is performed by the measuring electrodes. Channel photoplethysmography in the rectal sensor is within the range of red and infrared LEDs with a broadband photodetector, except that of photoplethysmography allows to register filling the blood with oxygen. Score and pre-treatment of REO and photo signals is carried out by specialized analog interfaces of the type AFE, which implement analog and digital low pass filter, analog-to-digital conversion and data representation a standard Protocol such as SPI. Processing and presentation of information to the user is the microcontroller with protocols compatible with the protocols of the AFE chip. To improve the accuracy of processing blood supply is carried out by averaging the data from ten waves of photos and the calculation of relations of variables to constant components. When using microcontrollers Analog positioning accuracy rectal probe relative to the prostate gland can be monitored by a CCD matrix forming the image areas of the passing rectal probe. The results of the measurements identifitseerida small character LCD readout. The choice of modes of the sensors (frequency and amplitude of the electrical sensing, intensity and duty cycle of the LEDs, the inclusion of Bluetooth or GPRS, etc.) and displaying on LCD of the information is implemented by the keypad.

The near-field radio communication, such as mobile phone number provided by the chip Bluetooth, "distant" connection, for example with a remote cancer center through the GPRS radio. Communication with a personal computer through a standard USB interface.

For the implementation of the REO-scan in different areas of the prostate in a silicone tube are annular and (or) abdominal rheographic electrodes and a specially manufactured optical line and the matrix, the geometry of which is adapted to the topology of the prostate.

Key words: *blood flow, prostate gland, blood circulation in the prostate, a rectal sensor, the analog interface (AFE).*

For citation: Korenevskiy N. A., Karyakin O. B., Biryukov V. A. A device for monitoring blood flow and resistance of tissues of the prostate gland, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 62-69.

***

References

1. Korenevskij N. A., Popechitelev E. P. Biotekhnicheskie sistemy medicinskogo naznacheniya: uchebnik. Staryj Oskol: TNT, 2012. 935 s.

2. Korenevskij N. A. Metod sinteza geterogennyh nechetkih pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniem biotekhnicheskih sistem // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika.

Medicinskoe priborostroenie. 2013. № 2. S. 99–103.

3. Korenevskij N. A. Ispol'zovanie nechetkoj logiki prinyatiya reshenij dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. 2015. № 1. C. 33–35.

4. Korenevskij N. A., Krupchatnikov R. A., Gorbatenko S. A. Sintez nechetkih setevyh modelej, obuchaemyh po strukture dannyh dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. 2008. № 2. C. 18–24.

5. Korenevskij, N. A. Ruckoj R. V., Dolzhenkov S. D. Metod prognozirovaniya i diagnostiki sostoyaniya zdorov'ya na osnove kollektivov nechetkih reshayushchih pravil // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2013. T. 12, № 4. C. 905–909.

6. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya obuchayushchihsya na osnove gibrid-nyh intellektual'nyh tekhnologij: monografiya / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, S. A. Gorbatenko, V. I. Serebrovskij. Staryj Oskol: TNT, 2016. 472 s.

7. Korenevskij N. A. Proektirovanie nechetkih reshayushchih setej, nastraivaemyh po strukture dannyh dlya zadach medicinskoj diagnostiki // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2005. T. 4, № 1. S. 12–20.

8. Korenevskij N. A., Razumova K. V. Sintez kollektiva gibridnyh nechetkih modelej ocenki sostoyaniya slozhnyh sistem // Naukoemkie tekhnologii. 2014. № 12, T. 15. S. 31–39.

9. Mezhdu datchikom i mikrokontrollerom: novye mikroskhemy semejstva Sensor AFE [Ehlektronnyj resurs]. URL: http://www.compel.ru/lib/ne/2012/10/6-mezhdu-datchikom-i mikrokontrollerom-novyie-mikroshemyi-semeystva-sensor-afe.

10. Proektirovanie sistem cifrovoj i smeshannoj obrabotki signalov / pod red. Uolta Kestera. M.: Tekhnosfera, 2011. 328 s.

11. Stroev V. M., Kulikov A. Yu., Frolov S. V. Proektirovanie izmeritel'nyh medicinskih priborov s mikroprocessornym upravleniem: uchebnoe posobie. Tambov: Izd-vo FGBOU VPO «TGU», 2012. 96 s.

12. Korenevskiy N. A., Gorbatenko S. A., Krupchatnikov R. A. Generation of fuzzy network models taught on basic of data structure for medical expert system // Biomedical Engeneering. 2009. Vol. 42, N 2. P. 67–72.

13. Korenevskiy N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems // Biomedical Engeneering. 2015. Vol. 4. P. 46–49.

УДК 616.62-003.7-089.879

С. П. Серегин, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Н. А. Кореневский, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Д. А. Зубарев, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Е. С. Потапова, магистр, ФГБОУ «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

ЗВУКОВАЯ СТИМУЛЯЦИЯ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ АТОНИИ И ГИПОТОНИИ ОРГАНА

Одним из путей улучшения результатов лечения урологинекологических заболеваний, осложненных гипотонией и атонией органа, является стимуляция мионеврального аппарата мочеполовой системы звуком слышимого диапазона. Установлено, что наиболее выраженный эффект сокращения гладкой мускулатуры возникает при озвучивании ее частотой в полосе от 2 до 3,4 кГц. Ответная реакция мускулатуры мочеполовой системы в процессе звуковой стимуляции находится в большой зависимости от исходного состояния моторной активности. При гиперкинезии частота сокращений органа уменьшается, а при гипокинезии увеличивается, глубина сокращений возрастает, прекращается дискинезия и восстанавливается функция органа пассаж мочи.

Для эффективности использования звуковых волн слышимого диапазона у больных сахарным диабетом предлагается применять звуковую стимуляцию на фоне метаболической коррекции иннервации органа с помощью медикаментозной терапии. Для этого используется α-липоевая кислота (тиоктацид, эспалипон, берлитион, тиогамма и др.), которая широко используется у больных сахарным диабетом при диабетической нейропатии.

Предлагаемая методика использования звуковых волн слышимого диапазона в качающемся режиме нами применена у 34 больных с сахарным диабетом, страдающих мочекаменной болезнью, в комплексной литокинетической терапии и после дистанционной ударно-волновой литотрипсии для ускорения миграции фрагментов конкремента и профилактики образования «каменной дорожки».

Экспериментальным путем установлено, что звуковая стимуляция повышает тонус гладкой мускулатуры предстательной железы, и 46 больным хроническим простатитом, осложненном гипотонией предстательной железы, проведена звуковая стимуляция простаты.

Все больные отметили улучшение общего состояния, прекращение боли над лоном, в промежности. Прекратилось выделение секрета при натуживании у 43 (93,4%).

Таким образом, звуковая стимуляция обладает дополнительными лечебными свойствами при заболеваниях, сопровождающихся атонией и гипотонией органа, способствует восстановлению тонуса гладкомышечной ткани органа.

Ключевые слова: *атония, урологинекологическое заболевание, звуковая стимуляция, медикаментозная терапия.*

Ссылка для цитирования: Звуковая стимуляция в комплексном лечении атонии и гипотонии органа / С. П. Серегин, Н. А. Кореневский, Д. А. Зубарев, Е. С. Потапова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 70–75.

***

При многих урологических и хирургических заболеваниях (нефролитиаз, функциональное недержание мочи, цисталгия у женщин, энурез у детей, в пред- и послеоперационном периоде у больных аденомой предстательной железы, при недержании мочи после аденомэктомии, хронический простатит, в пред- и послеоперационном периоде у больных, перенесших пластическую операцию на лоханке и мочеточнике, после операций на органах малого таза у женщин, а также при других патологических состояниях мочевого пузыря, кишечника, осложненных дискинезией, гипотонией детрузора) отмечаются в той или иной степени

нарушения сократительной способности гладкомышечной ткани органов и их координированной деятельности. Без учета этого лечение часто оказывается малоэффективным [1–3].

Одним из путей улучшения результатов лечения урологинекологических заболеваний, осложненных гипотонией и атонией органа, является стимуляция мионеврального аппарата мочеполовой системы звуком слышимого диапазона. Установлено, что наиболее выраженный эффект сокращения гладкой мускулатуры возникает при озвучивании ее частотой в полосе от 2 до 3,4 кГц [1, 2]. Ответная реакция мускулатуры мочеполовой системы в процессе звуковой стимуляции находится в большой зависимости от исходного состояния моторной активности. При гиперкинезии частота сокращений органа уменьшается, а при гипокинезии увеличивается, глубина сокращений возрастает, прекращается дискинезия и восстанавливается функция органа пассаж мочи.

Обращает внимание, что орган, где имеется гладкомышечная ткань, в любом случае реагирует на наносимое раздражение таким образом, что приближается к нормальному уровню своего функционирования [2]. Такими возможностями обладает аппарат для звуковой стимуляции, разработанный нами. Особенностью разработанного аппарата является то, что он действует в качающемся диапазоне 2–3,4 кГц, а высокочастотные звуковые колебания модулированы низкочастотными 7–60 Гц, что пациентом и ощущается как локальная вибрация.

Аппарат для звуковой стимуляции состоит из двух частей: блока управления и вибратора. Его блок-схема представлена на рисунке.

Принцип работы его (см. блок-схему) заключается в следующем: прямоугольные импульсы с задающего генератора поступают на вход регулятора мощности, где их частота понижается до рабочей, а мощность регулируется скважностью импульсов. Мощность имеет 5 граций. При переводе переключателя П в положение «ЧМ» к задающему генератору подключается генератор частотной модуляции, и частота задающего генератора меняется в рабочих пределах с частотой 0,1 Гц. Прямоугольные импульсы с частотой 3 кГц после регулятора мощности поступают на смеситель, представляющий собой схему «И», на второй вход которого с генератора импульсной модуляции поступают прямоугольные импульсы с частотой 5-50 Гц.

Сформированные пачки импульсов усиливаются до необходимой мощности в выходном усилителе и подаются на вибратор. Вибратор представляет собой звукоизлучающее устройство электродинамической системы, к мембране которого прикреплен удлинитель. С его помощью колебания мембраны воздействуют на определенные участки тела.

Методика проведения процедуры: больной находится или в урологическом кресле при лечении простатита, или на боку на кушетке при воздействии на почку при теплочувствительности. На промежность или в проекции почки, мочевого пузыря устанавливается излучатель звуковых колебаний. Устанавливается мощность на выходе 35–40 Вт, модуляция 20–25 Гц. Сеанс звуковой стимуляции продолжается 15 минут. Курс лечения состоит из 10–15 сеансов.

Однако многолетний клинический опыт применения звуковой стимуляции показал невысокую эффективность у больных сахарным диабетом с диабетической нейропатией. Это связано со слабым ответом гладкомышечной ткани на звуковую стимуляцию [5–7].

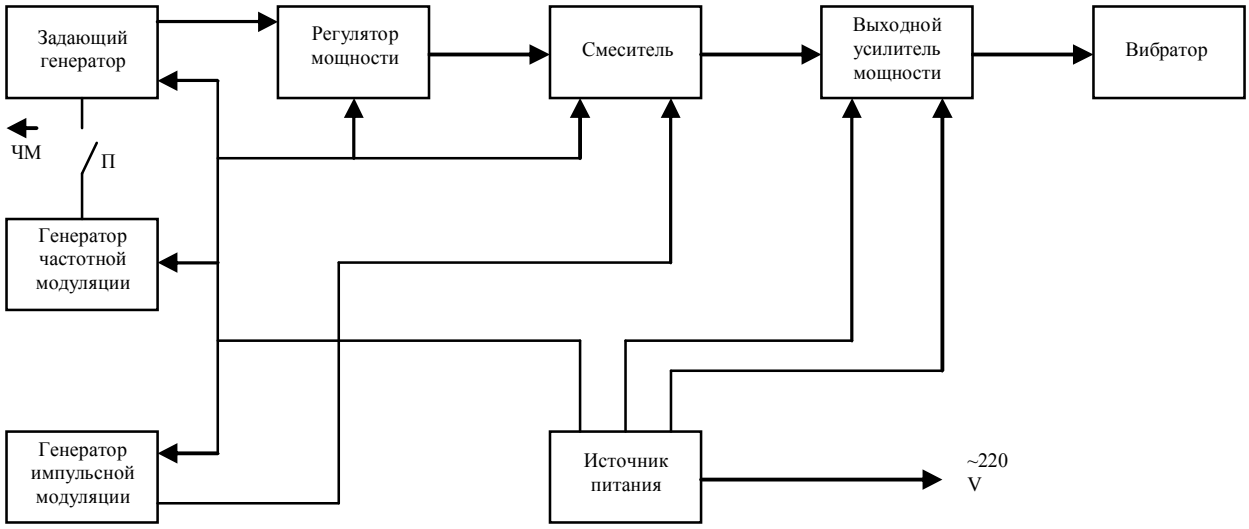

Рис. Блок-схема для звуковой стимуляции

Для эффективности использования звуковых волн слышимого диапазона у больных сахарным диабетом нами предлагается применять звуковую стимуляцию на фоне метаболической коррекции иннервации органа с помощью медикаментозной терапии. Для этого мы используем α-липоевую кислоту (тиоктацид, эспалипон, берлитион, тиогамма и др.), которая широко используется у больных сахарным диабетом при диабетической нейропатии. Вводится она внутривенно по 600 мг 1 раз в день в течение 1 недели при мочекаменной болезни для изгнания камня из мочеточника, перед дроблением камня, для профилактики образования «каменной дорожки», для ускорения миграции конкремента из чашечно-лоханочной системы и мочеточника, для профилактики и лечения послеоперационных осложнений после хирургических и гинекологических операций (парез кишечника, атония матки, мочевого пузыря), после аденомэктомии и других операций на мочевом пузыре и простате. Затем на фоне приема α-липоевой кислоты на область проекции органа воздействуют звуковыми волнами частотой 2,4–3,3 кГц, модулированными по амплитуде низкочастотными колебаниями частотой 7–60 Гц, в течение 10–15 мин. На курс лечения достаточно 10 процедур.

Для профилактики и лечения хронического простатита и эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом препараты α-липоевой кислоты принимают по 200 мг 3 раза в день в течение 4-х недель, после недельного приема производится курс из 10 процедур воздействия звуковыми волнами частотой 2,4–3,3 кГц, модулированных по амплитуде низкочастотными колебаниями частотой 7–60 Гц, в течение 10–15 мин. На курс лечения отводится 10 процедур. Профилактические курсы больным сахарным диабетом проводятся 2 раза в год.

Предлагаемая методика использования звуковых волн слышимого диапазона в качающемся режиме нами применена у 34-х больных с сахарным диабетом, страдающих мочекаменной болезнью, в комплексной литокинетической терапии и после дистанционной ударно-волновой литотрипсии для ускорения миграции фрагментов конкремента и профилактики образования «каменной дорожки». У всех

больных по данным ультразвукового исследования верхних мочевых путей диагностировано нарушение уродинамики и снижение тонуса чашечно-лоханочной системы.

Из 34-х больных мочекаменной болезнью с сахарным диабетом камни локализовались у 10 (29,8%) в верхней чашечке почки, у 18 (38,2%) больных – в средней чашечке, у 11 (32,3%) – в нижней чашечке. Размеры конкремента или его фрагмента после дистанционной ударно-волновой литотрипсии не превышают 1 см в диаметре.

После проведенной звуковой стимуляции на фоне α-липоевой кислоты из верхней чашечки камни и его фрагменты отошли у 9 больных (90,0%), из средней чашечки – у 10 (76,9%), из нижней чашечки – у 8 (72,7%). У 7 больных камни не отошли, что было обусловлено несоответствием размера камня и ширины шейки чашечки. Этой группе больных потребовалась дополнительная фрагментация камня.

Таким образом, использование звуковой стимуляции верхних мочевых путей в комплексном лечении мочекаменной болезни у больных сахарным диабетом, осложненным диабетической нейропатией, на фоне лечения α-липоевой кислотой позволило повысить результаты литокинетической терапии этой категории больных мочекаменной болезнью.

Хронический простатит нередко осложняется гипотонией гладкой мускулатуры предстательной железы, и этот фактор лежит в основе рецидива заболевания. Нами экспериментальным путем установлено, что звуковая стимуляция повышает тонус гладкой мускулатуры предстательной железы [4], и 46-ти больным хроническим простатитом, осложненным гипотонией предстательной железы, проведена звуковая стимуляция простаты.

Все больные отметили улучшение общего состояния, прекращение боли над лоном, в промежности. Прекратилось выделение секрета при натуживании у 43 больных (93,4%). При применении звуковой стимуляции при хроническом простатите на фоне α-липоевой кислоты у больных с диабетической нейропатией, осложненной эректильной дисфункцией, все пациенты отметили улучшение эректильной функции [4–6].

Таким образом, звуковая стимуляция обладает дополнительными лечебными свойствами при заболеваниях, сопровождающихся атонией и гипотонией органа, способствует восстановлению тонуса гладкомышечной ткани органа.

Список литературы

1. Серегин С. П., Брокман С. Е. Звуковая стимуляция верхних мочевых путей в комплексном лечении мочекаменной болезни // Урология и нефрология. 1997. № 1. С. 8–10.

2. Тарасов Н. И., Серегин С. П., Рыбаков Ю. И. Хронический простатит, патогенез, новые пути повышения эффективности лечения: монография. Снежинск: Из-во РФЯЦ – ВНИИТФ, 1999. 132 с.

3. Состояние уродинамики верхних мочевых путей и эффективность лечения больных мочекаменной болезнью / И. С. Мудрая, В. И. Кирпатовский, Л. А. Ходырева, Н. К. Дзеранов // Саратовский научно-медицинский журнал. 2011. 191 с.

4. Чуев А. С., Цуканова М. Н. Особенности применения вибротерапии при лечении эректильной дисфункции // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 2, ч. 2. С. 226–229.

5. Использование методов нечеткой логики принятия решений для диагностики эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом / М. Н. Цуканова, С. П. Серегин, Л. А. Серегина, А. Г. Коцарь, А. В. Новиков, А. Ю. Носорев // Концептуальные и прикладные аспекты медицины и образования: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции / Курск. гос. ун-т. Курск, 2007. С. 80–85.

6. Прогнозирование урогенитальных нарушений у больных мужчин сахарным диабетом / А. В. Шашков, Л. А. Серегина, Н. А. Милостная, В. А. Конокотин // Интегративные процессы в науке – 2011: сборник материалов международной научно-практической конференции. М., 2011. С. 82–87.

7. Особенности совместного применения вибротерапии и магнитотерапии при диабетической нейпатии / А. С. Чуев, А. В. Шашков. С. П. Серегин, С. Н. Кореневская // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание – 2012: сборник материалов X Международной конференции / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2012.

Поступила в редакцию 10.04.17

UDC 616.62-003.7-089.879

S. P. Seregin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

N. A. Korenevskiy, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

D. A. Zubarev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

E. S. Potapova, Undergraduate, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

SOUND STIMULATION IN THE COMPLEX TREATMENT OF ATONY AND HYPOTONIA OF THE BODY

One of the ways to improve the results of treatment of urological and neurological diseases complicated by hypotension and organ atony is the stimulation of the myoneural apparatus of the urogenital system by the sound of an audible range. It is established that the most pronounced effect of contraction of smooth muscles arises when it is scanned by its frequency in the band from 2 to 3.4 kHz. The response of the musculature of the genitourinary system in the process of sound stimulation is in great dependence on the initial state of motor activity. With hyperkinesia, the frequency of organ contractions decreases, and with hypokinesia increases, the depth of contractions increases, dyskinesia stops and the function of the organ recirculates the urine.

For the effectiveness of the use of sound waves in the audible range in patients with diabetes mellitus, it is proposed to use sound stimulation against the background of metabolic correction of the innervation of the organ with the help of drug therapy. For this, α lipoic acid (tiocycid, espalipon, berlition, thiogamma, etc.) is used which is widely used in diabetic patients with diabetic neuropathy.

The proposed technique for using audible waves in the audible range in the swinging mode was used in 34 patients with diabetes mellitus. Suffering urolithiasis in complex lithokinetic therapy and after remote shock wave lithotripsy to accelerate the migration of fragments of the calculus and prevent the formation of a "stone path."

Experimentally established that sound stimulation increases the tone of the smooth muscles of the prostate and 46 patients with chronic prostatitis complicated by hypotension of the prostate performed sound stimulation of the prostate.

All the patients noted the improvement of the general condition, the cessation of pain over the bosom, in the perineum. The secretion of the secretion during straining in 43 (93.4%) was stopped.

Thus, sound stimulation has additional therapeutic properties in diseases accompanied by atony and hypotension of the organ, contributes to the restoration of the tone of the smooth muscle tissue of the organ.

Key words: *atonic, urologicheskoe disease, sound stimulation, therapy.*

For citation: Seregin S. P., Korenevskiy N. A., Zubarev D. A., Potapova E. S. Sound stimulation in the complex treatment of atony and hypotonia of the body, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 70-75.

***

References

1. Seregin S. P., Brokman S. E. Zvukovaya stimulyaciya verhnih mochevyh putej v kompleksnom lechenii mochekamennoj bolezni // Urologiya i nefrologiya. 1997. № 1. S. 8–10.

2. Tarasov N. I., Seregin S. P., Rybakov Yu. I. Hronicheskij prostatit, patogenez, novye puti povysheniya ehffektivnosti lecheniya: monografiya. Snezhinsk: Izd-vo RFYAC – VNIITF, 1999. 132 s.

3. Sostoyanie urodinamiki verhnih mochevyh putej i ehffektivnost' lecheniya bol'nyh mochekamennoj bolezn'yu / I. S. Mudraya, V. I. Kirpatovskij, L. A. Hodyreva, N. K. Dzeranov // Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal. 2011. 191 s.

4. Chuev A. S., Cukanova M. N. Osobennosti primeneniya vibroterapii pri lechenii ehrektil'noj disfunkcii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2012. № 2, ch. 2. S. 226–229.

5. Ispol'zovanie metodov nechetkoj logiki prinyatiya reshenij dlya diagnostiki ehrektil'noj disfunkcii u bol'nyh saharnym diabetom / M. N. Cukanova, S. P. Seregin, L. A. Seregina, A. G. Kocar', A. V. Novikov, A. Yu. Nosorev // Konceptual'nye i prikladnye aspekty mediciny i obrazovaniya: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii / Kursk. gos. un-t. Kursk, 2007. S. 80–85.

6. Prognozirovanie urogenital'nyh narushenij u bol'nyh muzhchin saharnym diabetom / A. V. Shashkov, L. A. Seregina, N. A. Milostnaya, V. A. Konokotin // Integrativnye processy v nauke – 2011: sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. M., 2011. S. 82–87.

7. Osobennosti sovmestnogo primeneniya vibroterapii i magnitoterapii pri diabeticheskoj nejpatii / A. S. Chuev, A. V. Shashkov. S. P. Seregin, S. N. Korenevskaya // Optiko-ehlektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavaniya obrazov, obrabotki izobrazhenij i simvol'noj informacii. Raspoznavanie – 2012: sb. materialov X Mezhdunarodnoj konferencii / Yugo-Zap. gos. un-t. Kursk, 2012.

УДК 61.001.12/.18

Н. А. Кореневский, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

М. В. Бобырь, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

Д. А. Зубарев, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

И. И. Хрипина, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК

Рассматриваются вопросы использования электрических характеристик биологически активных точек меридиана почек для прогнозирования рецидива мочекаменной болезни после удаления камня с использованием нечетких правил принятия решений.

В последние годы заболеваемость мочекаменной болезнью не только не снижается, но имеет явную тенденцию к росту. Значительный рост числа больных с данной патологией обусловлен не только определенной предрасположенностью организма, но и особенностями экологии, характером питания, качеством жизни людей, возрастающим психоэмоциональным напряжением и рядом других факторов.

Несмотря на широкую распространенность, высокую социальную значимость и значительные успехи в методах удаления и дезинтеграции конкрементов, вопросы прогнозирования, профилактики и метафилактики МКБ остаются открытыми.

Одним из достоинств методов рефлексодиагностики является то, что реакция биологически активных точек на изменения во внутренних структурах организма происходит до того, как проявляются клинические симптомы заболевания.

Это позволяет обнаружить и лечить заболевания на самых ранних стадиях их развития, а иногда и предотвращать их появление, применяя профилактические мероприятия. При этом медико-технические и временные затраты на организацию исследований по сравнению с традиционными подходами значительно меньше.

Показывается, что использование только электрических характеристик информативных БАТ обеспечивает уверенность в принятии решений не выше 0,4 со значительной зоной неопределенности. Если в качестве дополнительных признаков использовать достаточно легко получаемые признаки, характеризующие длительное психоэмоциональное напряжение, кристаллурию и некупируемый пиелонефрит, то уверенность в прогнозе появления рецидива мочекаменной болезни (МКБ) в период ремиссии достигает величины 0,95.

Ключевые слова: *прогнозирование, рецидив, мочекаменная болезнь, нечеткие математические модели, электрическое сопротивление биологически активных точек.*

Ссылка для цитирования: Прогнозирование мочекаменной болезни на основе гибридных нечетких моделей с использованием электрических характеристик биологически активных точек / Н. А Кореневский, М. В. Бобырь, Д. А. Зубарев, И. И. Хрипина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 76–85.

***

Введение

Мочекаменная болезнь (МКБ) является одной из самых распространенных среди урологических заболеваний и затрагивает значительную часть населения. Пациенты с конкрементами мочевой системы составляют до 40% всего контингента больных урологических стационаров. В последние годы заболеваемость мочекаменной болезнью не только не снижается, но имеет явную тенденцию к росту. Значительный рост числа больных с данной патологией обусловлен не толь-

ко определенной предрасположенностью организма, но и особенностями экологии, характером питания, качеством жизни людей, возрастающим психоэмоциональным напряжением и рядом других факторов. Несмотря на широкую распространенность, высокую социальную значимость и значительные успехи в методах удаления и дезинтеграции конкрементов, вопросы прогнозирования, профилактики и метафилактики МКБ остаются открытыми.

С целью повышения качества прогнозирования и диагностики мочекаменной болезни нами разработан алгоритм прогнозирования и диагностики МКБ, положенный с основу автоматизированной системы управления процессами прогнозирования, диагностики, лечения и профилактики МКБ, в котором наряду с традиционными информативными диагностическими признаками может использоваться рефлексодиагностика, основывающаяся на измерении энергетических характеристик биологически активных точек (БАТ) [1, 7, 8, 11, 13–16]. Одним из достоинств методов рефлексодиагностики является то, что реакция биологически активных точек на изменения во внутренних структурах организма происходит до того, как проявляются клинические симптомы заболевания.

Это позволяет обнаружить и лечить заболевания на самых ранних стадиях их развития, а иногда и предотвращать их появление, применяя профилактические мероприятия. При этом медико-технические и временные затраты на организацию исследований по сравнению с традиционными подходами значительно меньше [7, 8, 10].

В задачах, где информативной ценности БАТ недостаточно для получения заданной точности, она может достигаться при использовании ряда признаков, используемых в традиционной медицине, агрегируемых в финальные решающие правила с использованием гибридных нечетких моделей, общая теория синтеза которых описана в работах [3–6, 9].

При этом общие затраты на достижение заданной прогностической и диагностической точности в принимаемых решениях, как правило, остаются ниже, чем при общепринятых методах исследования.

Методы

Одной из важных задач синтеза правил принятия решений является выбор информативных признаков и, в частности, информативных БАТ.

Процедура выбора информативных БАТ будет эффективнее, если учитывать особенность «выбора» информации о состоянии внутренних структур организма на эти точки. К таким особенностям относятся: вывод большого количества информации на одну точку (множество диагнозов, симптомов, синдромов); цикличные изменения энергетического состояния БАТ в течение суток даже при нормальной энергетической сбалансированности меридиан; большой объем данных, который нужно анализировать, если патология заранее не известна и т.д. [1, 7, 8, 13].

С учетом особенностей представления информации о состоянии организма человека на биологически активных точках в работах [7, 8, 9, 15] предложены методы и алгоритмы поиска таких комбинаций БАТ, анализ которых позволяет подтвердить исследуемую ситуацию (диагноз) и опровергнуть «мешающие» ситуации, «выводимые» на БАТ по справочным данным, но отсутствующие у исследуемого. Эти комбинации называют диагностически значимыми точками (ДЗТ) [7, 8, 9, 15].

Специально проведенные исследования по прогнозированию, ранней и

дифференциальной диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, нервной системы, костно-мышечной системы, системы дыхания и др. показали, что использование ДЗТ в сочетании с другими информативными признаками позволяет получать решающие правила, обеспечивающие высокое качество классификации [7– 9, 12, 14–16].

Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых было показано, что проекционные зоны, в частности биологически активные точки, способны аккумулировать и излучать различные виды энергии: тепловую, электрическую, электромагнитную и т.д. Количество этой энергии может быть определено как через электрические, так и неэлектрические параметры.

Выбирая параметры, характеризующие энергетическое состояние БАТ, мы исходили из имеющегося опыта и собственных исследований, которые показали, что с точки зрения аппаратных затрат, технологичности и достоверности получаемых результатов наиболее подходящими параметрами являются величины их электрических сопротивлений, измеряемых на переменном токе частотой 1 кГц при силе тока не более 10 мкА [7, 8, 13]. В этих же работах было показано, что хорошей информативностью обладают интервальные оценки сопротивлений ΔR_{ik} с указанием верхней и нижней границ сопротивлений для интервала с номером k для точки j и относительные отклонения текущих значений сопротивлений БАТ R_j от их номинальных значений.

Опыт решения различных задач прогнозирования и диагностики с привлечением информации об энергетическом состоянии БАТ показал, что измеряемые показатели по отношению к решаемым задачам носят неполный и нечетких характер. Структура классов, относительно которых принимается решение (особенно при прогнозировании и ранней диагностике), имеет нечеткие границы с зонами пересечения, переходящими из класса в класс [7–9]. В этих условиях в соответствии с рекомендациями [2–6, 9] была выбрана нечеткая логика принятия решений и, в частности, разработанный авторами метод синтеза коллективов гибридных нечетких решающих правил.

В предполагаемой работе в соответствии с рекомендациями [8, 9] задача прогнозирования рассматривается как задача классификации на два класса: обследуемый не заболеет в ближайшие Т лет (класс ω0); обследуемый заболеет в ближайшие Т лет (класс ωℓ).

При выборе информативных биологически активных точек и других информативных показателей высококвалифицированные эксперты отобрали те их них, регистрация которых увеличивает уверенность в наличии исследуемой гипотезы (заболевания ωℓ).

В этих условиях, согласно рекомендациям [3, 4, 9], в качестве базовой формулы для расчета уверенностей в принимаемых решениях по гипотезе ωℓ целесообразно выбирать накопительную итерационную формулу Е. Шортлифа:

$$КУ_{\omega\ell}\,(i+l) = \\ = КУ_{\omega\ell}\,(i) + КУ^{*}_{\omega\ell}\,(x_{i+l})\,[1 - КУ_{\omega\ell}\,(i)], \quad (1)$$

где $КУ_{\omega\ell}$ (i) – коэффициент уверенности в гипотезе ωℓ при условиях, что в проверке гипотезы ωℓ уже участвовало i информативных признаков;

$КУ^{*}_{\omega\ell}$ (x_{i+l}) – коэффициент уверенности в диагностике (прогнозе) ωℓ при использовании только одного признака x_{i+l};

$КУ_{\omega\ell}\,(1) = КУ^{*}_{\omega\ell}\,(x1)$.

В ряде приложений, включая решаемую в работе задачу, коэффициент уверенности удобно рассчитывать через

функцию принадлежности $\mu_{\omega\ell}(x_i)$ [2, 3, 7–9].

Для вычисления прогностической уверенности по величинам интервальных оценок (диапазонов сопротивлений) $\Delta R_{j,k}$ (j – номер БАТ, k – номер диапазона ΔR_j), относительно которых формируется диагностическое суждение, формула (1) трансформируется в выражение

$$КУ_{\omega\ell}\ (j + l) = КУ_{\omega\ell}\ (j) + \\ + КУ^{*}_{\omega\ell}\ (\Delta R_{j+l,k})\ [1 - КУ_{\omega\ell}\ (j)]. \quad (2)$$

В качестве технического средства регистрации величины сопротивления БАТ использовалась компьютерная приставка, обменивающаяся данными с ПЭВМ по радиоканалу Bluetooth. Приставка работает в двух режимах: режим поиска со звуковой, световой и графической регистрацией БАТ и режим измерения в частоте 1 кГц при силе тока 5 мкА.

Вариант технической реализации такой приставки приведен в работе [10].

Результаты

Для решения этой задачи в соответствии с рекомендациями работы [8] на первом этапе определены информативные точки для ситуации «мочекаменная болезнь», которые могут подтвердить искомое состояние и исключить остальные мешающие ситуации, то есть диагностически значимые точки (ДЗТ). Для этого:

1. Отобраны точки, имеющие связь с ситуацией «болезни мочеполовых органов», «заболевания почек»: III 25, 28; IV 10, 11; VII 22, 23, 28, 31, 32, 33, 34; VIII 2, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16; XI 25, 26, 27, 28, 29; XII 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9; XIII 4.

2. Отобранные точки классифицированы по их локализации на основании знаний об иннервации почек. Известно, что почки иннервируются из парного почечного сплетения, образованного чревными нервами, ветвями чревного сплетения с находящимися в них волокнами блуждающих нервов, афферентными волокнами нижнегрудных и верхнепоясничных спинно-мозговых узлов. Аксоны почечных симпатических предганглионарных нейронов, которые заканчиваются синапсами на постганглионарных нейронах, выходят из двух последних грудных (T10 – T12) и двух первых поясничных (L1 – L2) узлов грудного и поясничного отделов симпатического ствола. Тела некоторых почечных симпатических предганглионарных нейронов могут быть расположены в предшествующих грудных (T4 – T8) узлах. Их аксоны проходят по симпатическим стволам к последним грудным (T10 – T12) узлам и выходят из них типичным образом по грудным чревным нервам к предпозвоночным узлам брюшного аортального сплетения. Таким образом, репрезентативными зонами для электропунктурной диагностики являются билатеральные паравертебральные точки кососегментарных по симпатической иннервации почек дерматомов T10-L2 (точки: III 28; VII 22, 23; VIII 11, 12, 13, 14, 16; XI 25, 26; XIII 4). С учетом этого, из списка точек исключены точки, располагающиеся за пределами вышеперечисленных дерматомов.

3. Для всех БАТ (Y_s) выписывается список ситуаций (X_k) (симптомов и синдромов). Составляется таблица связей БАТ и списков ситуаций, с ними связанных, по которой, используя алгоритм, описанный в работах [7, 8], были отобраны информативные точки III 28; VII 23; VIII 16; XI 25; XIII 4.

4. Полученный список точек уточнен с учетом Шу- и Мо-точек. Шу-точки спины (бэй шу сюэ или шу сюэ) – это двенадцать точек ножного гай-ян канала мочевого пузыря, расположенные на спине на 1,5 цуня кнаружи от срединной линии, в которые вливается Ци соответствующих цзанфу-органов. Системе Шу-точек в настоящее время придается

большое значение. При патологии сегментарно связанных с определенными Шу-точками внутренних органов эти точки становятся болезненными и над ними меняется ИК-излучение и электропроводность. При этом Шу-точки нередко реагируют раньше других точек [11]. Информативность возрастает при одновременном исследовании Мо-пунктов груди и живота, т.е. точек Манака. Мо-точки располагаются в непосредственной или сегментарной близости от пораженного органа, преимущественно в области зон кожной гипералгезии Захарьина-Геда. Возникающая в этой точке боль, которая обычно усиливается при давлении на нее и сопровождается снижением электрокожного сопротивления против обычного над ней, является как бы сигналом тревоги пораженного органа. Данными точками для заболевания почек являются VII 23 (Шу-точка), VIIIR 16 (Мо-точка) [11].

5. С учетом изложенного в список диагностически значимых точек включена тройка точек VII 23; VIII 16 и уточняющая III 28. Указанные точки расположены на различных меридианах, иннервируются из разных дерматомов, имеют различный список «мешающих» ситуаций, что обусловливает высокую специфичность диагностики мочекаменной болезни при одновременном изменении энергетических характеристик этих точек.

6. На контрольной выборке относительно здоровых людей (100 человек) определены номинальные показатели электрического сопротивления отобранных на предыдущих этапах БАТ. Исследование проводилось в одинаковое время суток током отрицательной полярности 50 мА с постоянной силой давления на аккупунктурную точку около 20 кг/мм^2 подпружиненным электродом перпендикулярно поверхности кожи (таблицы 1-3) [11].

Таблица 1

Значения электрического сопротивления БАТ III 28

Значение электрического сопротивления БАТ, кОм	Количество человек
>200	3
175-200	9
150-174	20
125-149	66
100-124	2

Таблица 2

Значения электрического сопротивления БАТ VII 23

Значение электрического сопротивления БАТ, кОм	Количество человек
>200	1
175-200	7
150-174	16
125-149	72
100-124	4

Таблица 3

Значения электрического сопротивления БАТ VIII16

Значение электрического сопротивления БАТ, кОм	Количество человек
>200	4
175-200	11
150-174	23
125-149	59
100-124	3

Таким образом, анализируя полученные данные, следует отметить сходные значения показателей сопротивления ДЗТ. Учитывая, что наиболее частыми показателями были значения более 125 кОм (по БАТ III 28 – у 98% обследованных, по БАТ VII 23 – у 96%, по БАТ VIII 16 – у 97%), за номинальное принято значение электрического сопротивления ДЗТ 125 кОм.

Используя в качестве основного математического аппарата нечеткую логику принятия решений, группой высококвалифицированных экспертов построены функции принадлежностей $\mu_{\omega p}(\delta R_i)$ по классу риска заболевания МКБ по шкале отклонений измеряемых показателей от их номинальных значений δR_i. За пороговое значение δR_i принимаются: $\delta R_i^{пор1}$ = 10 % или $\delta R_i^{пор2}$ = –50 %.

В соответствии с рекомендациями работы [8] производится синтез решающих правил для диагностики и прогнозирования мочекаменной болезни по электрическому сопротивлению БАТ. Для этого введены следующие обозначения:

δR_1 – отклонение электрического сопротивления БАТ III 28 от его номинального значения;

δR_2 – для точки VII 23;

δR_3 – для точки VIII 16.

С учетом принятых сокращений получаем нечеткое решающее правило:

ЕСЛИ $((\delta R_1$ И δR_2 И $\delta R_3) \geq \delta R_i^{пор1})$

ИЛИ $((\delta R_1$ И δR_2 И $\delta R_3) \leq R_i^{пор2})$

ТО $[КУ_{БАТ}(i+1) =$

$= КУ_{БАТ}(i) + \mu_{\omega p}(\delta R_{i+1}) \cdot [1 - КУ_{БАТ}(i)]]$

ИНАЧЕ $[КУ_{БАТ}=0]$, (3)

где $КУ_{БАТ}$ – коэффициент уверенности по прогнозу возникновения МКБ, определяемый по величине измерения электрического сопротивления ДЗТ;

$КУ_{БАТ}(1) = \mu_{\omega p}(\delta R_1)$.

Проведенные расчеты по выбранным функциям принадлежности показали, что при всех максимальных значениях $\mu_{\omega p}(\delta R_i)$ $КУ_{БАТ}$ достигает величины 0,4. Полученный коэффициент уверенности не достаточен для самостоятельного практического использования, однако при комплексном учете с другими информативными признаками значительно повышает диагностическую и прогностическую эффективность нечетких решающих правил диагностики и профилактики мочекаменной болезни. Дополнительными информативными признаками в данной работе на экспертном уровне были отобраны: уровень длительного психоэмоционального напряжения – X1; кристаллурия – X2; некупируемый пиелонефрит – X3. Уровень длительного психоэмоционального напряжения определялся по методике, описанной в работах [8, 9, 14]. Признаки X2 и X3 измеряются методами традиционного лабораторного анализа.

С использованием рекомендаций, описанных в работах [8, 9, 12], для признаков X1, X2 и X3 были построены графики функций принадлежности $\mu_{\omega_p}(x_j)$ к классу высокий риск возникновения МКБ в период ремиссии (рис. 1– 3).

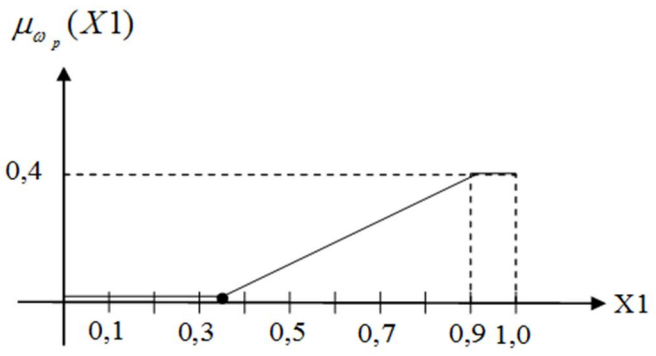

Рис. 1. График функции принадлежности к классу ω_p с базовой переменной X1

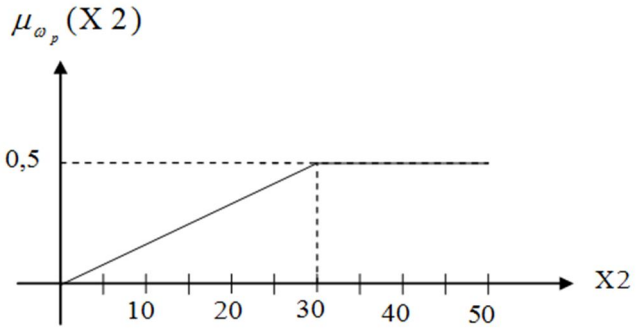

Рис. 2. График функции принадлежности к классу ω_p с базовой переменной X2

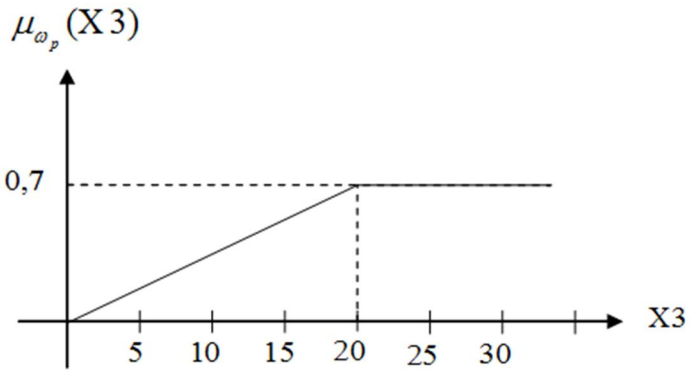

Рис. 3. График функции принадлежности к классу ω_p с базовой переменной X3

Аналитически графики функций принадлежности, приведенных на рисунках 1–3, описываются следующими выражениями:

$$\mu_{\omega_p}(X1)=\begin{cases}0, если\ X1<3,5;\\ 0,73X1-0,25,\\ \qquad если\ 3,5\le X1<0,9;\\ 0,4, если\ X1\ge 0,9,\end{cases}$$

$$\mu_p(X2)=\begin{cases}0,0167X2, если\ X2<30;\\ 0,5, если\ X2\ge 30,\end{cases}$$

$$\mu_p(X3)=\begin{cases}0,035X3, если\ X3<20;\\ 0,7, если\ X3\ge 20.\end{cases}$$

Финальная уверенность в том, что у обследуемого будет наблюдаться рецидив обострения МКБ, будет определяться выражением (1), в котором

$$КУ_{\omega\ell}(1)=КУ_{БАТ};\ КУ^*_{\omega\ell}(2)=\mu_{\omega_p}(X1);$$

$$КУ_{\omega\ell}(3)=\mu_{\omega_p}(X2);\ КУ_{\omega\ell}(4)=\mu_{\omega_p}(X3).$$

Результаты математического моделирования и статистические расчеты на репрезентативных контрольных выборках показали, что при использовании всех четырех составляющих уверенность в правильном прогнозе рецидива мочекаменной болезни составляет 0,95.

Список литературы

1. Гаваа Лувсан. Традиционные и современные аспекты восточной рефлексотерапии. М.: Наука, 1986. 575 с.

2. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 312 с.

3. Кореневский Н. А. Использование нечёткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2015. № 1. С. 33–35.

4. Кореневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроенис. 2013. № 2. С. 99–103.

5. Кореневский Н. А., Руцкой Р. В., Долженков С. Д. Метод диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12, № 4. С. 905–909.

6. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А., Горбатенко С. А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2008. № 2. С. 18–24.

7. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений для врачей-рефлексотерапевтов: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2013. 424 с.

8. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А., Аль-Касабсех Р. Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечётких сетевых моделей: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2013. 528 с.

9. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, С. А. Горбатенко, В. И. Серебровский. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 472 с.

10. Многоканальный анализатор медианных структур организма на базе аналоговых интерфейсов AFE / Н. А. Кореневский, Ю. Б. Мухатаев, Е. А. Старцев, Л. П. Лазурина // Медицинская техника. 2016. № 6. С. 28–31.

11. Коцарь А. Г. Математическое моделирование и алгоритмизация прогнозирования, диагностики, профилактики и лечения мочекаменной болезни: дис. … д-ра мед. наук. Курск, 2014. 302 с.

12. Математические модели прогнозирования и профилактики рецидивов инфаркта миокарда в реабилитационном периоде: монография / С. П. Серёгин, О. М. Воробьёва, С. Н. Кореневская [и др.]; под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Н. А. Кореневского; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2015. 166 с.

13. Портнов Ф. П. Элеткропунктурная рефлексотерапия. Рига: Зинатне, 1980. 245 с.

14. Korenevskiy N. A., R. T. Al-Kasasbeh and F. Ionescu (2011) 'Determining the level of psyeho-emotional tension on a heterogeneous rules or fuzzy output', in Proceedings of CSCS-18, 18 international Conference on Control System and Computer Science, Bucharest, Romania, 24-27 May.

15. Korenevskiy N., Alshamasin M., Al-Kasasbeh R., Anatolevich K. and Ionescu F. (2015) 'Prediction and prenosological diagnosis of stomach diseases on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic', Int. J. Modelling. Identification and Control, vol. 23, no 1. pp. 55–67.

16. Korenevskiy N. A., Ionescu F., Kuzmin A. A. and Al-Kasasbeh R. T. (2009b) 'Prediction of occurrence, aggravation and prenosological diagnostics of osteochondrosis of a backbone's lumbar region with use of reflexology methods'. Journal of Biomedical Electronics, vol. 5, no 1, pp.60-64.

Поступила в редакцию 14.04.17

UDC 61.001.12/.18

N. A. Korenevsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

M. V. Bobyr, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

D. A. Zubarev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

I. I. Hripina, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

PREDICTION OF UROLITHIASIS BASED ON HYBRID FUZZY MODELS USING THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS

The problems of using electrical characteristics of biologically active points of the kidney meridian for predicting the recurrence of urolithiasis after removal of the stone using fuzzy decision rules are considered.

In recent years, the incidence of urolithiasis has not only not decreased, but has a clear tendency to increase. A significant increase in the number of patients with this pathology is due not only to a certain predisposition of the organism, but also to the features of ecology, the nature of nutrition, the quality of people's lives, the increasing psychoemotional stress and a number of other factors. Despite the high prevalence, high social significance and significant success in methods for the removal and disintegration of concrements, the questions of prediction, prevention and metaphylactics of the ICD remain open.

One of the advantages of reflexodiagnostics is that the reaction of biologically active points to changes in the internal structures of the body occurs before the clinical symptoms of the disease appear.

This allows you to detect and treat diseases at the earliest stages of their development, and sometimes prevent their occurrence by applying preventive measures. At the same time, the medico-technical and time costs for organizing research in comparison with traditional approaches are much smaller.

It is shown that using only the electric characteristics of informative BAP provides confidence in making decisions not higher than 0.4, with a significant zone of uncertainty. If additional signs are used to characterize the long-term psychoemotional stress, crystalluria and non-curable pyelonephritis, the confidence in the prediction of the occurrence of relapse of urolithiasis (IBD) during the remission period reaches 0.95.

Key words: *prognosis, recurrence, urolithiasis, fuzzy mathematical models, the electric resistance of biologically active points.*

For citation: Korenevsky N. A., Bobyr M. V., Zubarev D. A., Hripina I. Prediction of urolithiasis based on hybrid fuzzy models using the electrical characteristics of biologically active points, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 76-85.

***

References

1. Gavaa Luvsan. Tradicionnye i sovremennye aspekty vostochnoj refleksoterapii. M.: Nauka, 1986. 575 s.

2. Zade L. A. Ponyatie Lingvisticheskoj peremennoj i ee primenenie k prinyatiyu priblizhennyh reshenij. M.: Mir, 1976. 312 s.

3. Korenevskij H. A. Ispol'zovanie nechyotkoj logiki prinyatiya reshenij dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. 2015. № 1. S. 33–35.

4. Korenevskij H. A. Metod sinteza geterogennyh nechetkih pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniem biotekhnicheskih sistem // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenis. 2013. № 2. S. 99–103.

5. Korenevskij H. A., Ruckoj R. V., Dolzhenkov S.D. Metod diagnostiki sostoyaniya zdorov'ya na osnove kollektivov nechetkih reshayushchih pravil // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2013. T. 12, № 4. S. 905–909.

6. Korenevskij H. A., Krupchatnikov P. A., Gorbatenko S. A. Sintez nechetkih setevyh modelej, obuchaemyh po strukture dannyh dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. 2008. № 2. S. 18–24.

7. Korenevskij H. A., Krupchatnikov P. A. Intellektual'nye sistemy podderzhki prinyatiya reshenij dlya vrachej-refleksoterapevtov: monografiya. Staryj Oskol: TNT, 2013. 424 s.

8. Korenevskij H. A., Krupchatnikov P. A., Al'-Kasabsekh R. T. Teoreticheskie osnovy biofiziki akupunktury s prilozheniyami v medicine, psihologii i ehkologii na osnove nechyotkih setevyh modelej: monografiya. Staryj Oskol: TNT, 2013. 528 s.

9. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya obuchayushchihsya na osnove gibridnyh intellektual'nyh tekhnologij: monografiya / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, S. A. Gorbatenko, V. I. Serebrovskij. Staryj Oskol: TNT, 2016. 472 s.

10. Mnogokanal'nyj analizator mediannyh struktur organizma na baze analogovyh interfejsov AFE / H. A. Korenevskij, YU. B. Muhataev, E. A. Starcev, L. P. Lazurina // Medicinskaya tekhnika. 2016. № 6. S. 28–31.

11. Kocar' A. G. Matematicheskoe modelirovanie i algoritmizaciya prognozirovaniya, diagnostiki, profilaktiki i lecheniya mochekamennoj bolezni: dis. … d-ra med. nauk. Kursk, 2014. 302 s.

12. Matematicheskie modeli prognozirovaniya i profilaktiki recidivov infarkta miokarda v reabilitacionnom periode: monografiya / S. P. Seryogin, O. M. Vorob'yova, S. N. Korenevskaya [i dr.]; pod nauch. red. d-ra tekhn. nauk, prof. N. A. Korenevskogo; Yugo-Zap. gos. un-t. Kursk, 2015. 166 s.

13. Portnov F. P. Ehletkropunkturnaya refleksoterapiya. Riga: Zinatne, 1980. 245 s.

14. Korenevskiy N. A., R. T. Al-Kasasbeh and F. Ionescu (2011) 'Determining the level of psyeho-emotional tension on a heterogeneous rules or fuzzy output', in Proceedings of CSCS-18, 18 international Conference on Control System and Computer Science, Bucharest, Romania, 24-27 May.

15. Korenevskiy N., Alshamasin M., Al-Kasasbeh R., Anatolevich K. and Ionescu F. (2015) 'Prediction and prenosological diagnosis of stomach diseases on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic', Int. J. Modelling. Identification and Control, vol. 23, no 1. pp. 55–67.

16. Korenevskiy N. A., Ionescu F., Kuzmin A. A. and Al-Kasasbeh R. T. (2009b) 'Prediction of occurrence, aggravation and prenosological diagnostics of osteochondrosis of a backbone's lumbar region with use of reflexology methods'. Journal of Biomedical Electronics, vol. 5, no 1, pp. 60–64.

УДК 616.65

М. И. Лукашов, канд. мед. наук (Курск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

О. Ю. Олисова, д-р мед. наук, завкафедрой кожных и венерических болезней им. В. А. Рахманова. Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Москва, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Е. В. Письменная, канд. мед. наук, ОБУЗ «Курский кожвендиспансер» (Курск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Л. П. Лазурина, д-р биол. наук, профессор, Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БАЗЫ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВЕДЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ГЕНИТАЛЬНЫМ ГЕРПЕСОМ

В работе рассматриваются вопросы оптимизации базы знаний интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача-дерматовенеролога за счет предварительного анализа структуры решающих правил (моделей) и построения информационно-логической модели, раскрывающей структуру взаимосвязей этих моделей.

Информационно-аналитическая модель построена для решения задач оценки степени тяжести и клинических вариантов течения генитального герпеса, прогнозирования его обострения и выбора рациональных схем профилактики и лечения.

Клинические варианты течения определяются по данным лабораторных исследований с выделением таких классов, как: герпес клинически не обнаруживается; больные со следами герпеса; больные с обнаруженным герпесом; больные с клинически наблюдаемым герпесом. Соответствующий решающий модуль реализован с использованием нечеткой модификации метода группового учета аргументов.

Классификация степени тяжести реализуется с использованием показателей психоэмоционального напряжения и утомления, лабораторных данных и энергетических характеристик специфических БАТ. Выделяются следующие классы степени тяжести: продромальный период; первая, вторая и третья стадии. Решающий модуль построен с использованием модификаций накопительной модели Е. Шортлифа.

Задача прогнозирования обострения генитального герпеса решена при использовании признаков, характеризующих психоэмоциональное напряжение, утомление, энергетические характеристики общесистемных биологически активных точек, данных опроса и осмотра. Оценивается уверенность в том, что у пациента наступит обострение заболевания. Решающий модуль построен на основе модифицированной модели Е. Шортлифа.

Выходы классификационных и прогностического модуля являются входами для модулей выбора рациональных схем профилактики и лечения, эффективность работы которых проверялась с использованием теории измерения латентных переменных (интерактивный пакет RUMM 2020).

Использование информационно-аналитической модели при синтезе интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача-дерматовенеролога позволило увеличить показатель эффективности лечения более чем в два раза.

Ключевые слова: *герпес, система поддержки принятия решений, дерматология, модель, база знаний.*

Ссылка для цитирования: Информационно-аналитическая модель базы знаний системы поддержки принятия решений ведения больных с генитальным герпесом / М. И. Лукашов, О. Ю. Олисова, Е. В. Письменная, Л. П. Лазурина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 86–95.

***

Несмотря на значительные усилия современной дерматологии затрачиваемые на повышение качества оказания медицинской помощи больным, страдающим генитальным герпесом, проблема эффективного лечения этого заболевания остается весьма актуальной.

Специалисты, решающие задачи повышения эффективности лечения генитального герпеса, считают, что значительных успехов в этом направлении

можно достичь, используя современные информационные и интеллектуальные технологии, реализуемые соответствующими интеллектуальными системами поддержки принятия решений ИСППР.

В работах [13–15, 17, 18] было показано, что ИСППР, предназначенные для решения задач ведения больных с генитальным герпесом, как минимум должны решать следующие задачи:

– оценка степени тяжести и клинических вариантов течения генитального герпеса;

– прогнозирование обострения генитального герпеса;

– выбор рациональных схем профилактики и лечения генитального герпеса.

С математической точки зрения перечисленные задачи относятся к компетенции теории принятия решений и управления сложными объектами, для которых при выборе адекватного математического аппарата необходимо учитывать структуру данных, характеризующих исследуемую предметную область [1–11, 19, 20, 23, 24].

Проведенный разведочный анализ показал, что используемые информативные признаки носят неполный и нечеткий характер, измеряются в различных шкалах, а исследуемые классы состояний пересекаются и не имеют четко выраженных границ. В этих условиях в качестве основного математического аппарата была выбрана технология мягких вычислений, в частности методология синтеза коллективов нечетких гибридных решающих правил, разработанных на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета (БМИ ЮЗГУ) [1–4, 8, 9, 19, 20].

Данная методология основана на использовании подходов разработанных научной школой Л. Заде, оперирующих функциями принадлежности $\mu_{\omega\ell}(Xi)$ к исследуемым классам состояний ω_ℓ, теории уверенности Е. Шортлифа, использующей понятие коэффициента уверенности КУ ω_ℓ, в гипотезе ω_ℓ, теории измерения латентных переменных с моделью Г. Раша, методов группового учета аргументов (МГУА) в его нечеткой модификации с построением моделей системы взаимосвязей между исследуемыми параметрами и ряда других подходов в их нечеткой модификации. Синтез частных и финальных решающих правил осуществляется с учетом структур данных, исследуемых методами разведочного анализа [1,10,11,19,20].

Учитывая сложную природу и симптоматику исследуемого заболевания, при выборе рациональных схем лечебно-оздоровительных мероприятий нами было выбрано два способа классификации течения заболевания: 1) по клиническим вариантам течения заболевания (классы ω_ℓ^K); 2) по степени тяжести генитального герпеса (классы ω_ℓ^T).

Для решения задач классификации по клиническим вариантам течения в качестве исходных признаков в ходе разведочного анализа было получено пространство информативных признаков в составе:

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.

Полученная нечеткая модель на основе модификации метода группового учета аргументов (МГУА) [7, 12, 17, 19] обеспечивает следующий вариант классификации:

ω_1^K – больные, у которых герпес клинически не обнаруживается;

ω_2^K – больные с обнаруженными следами герпеса;

ω_3^K – больные с обнаруженным герпесом;

ω_4^K – больные с клинически наблюдаемым герпесом.

При классификации степени тяжести генитального герпеса (класс ω_ℓ^T) основной математической моделью является итерационная накопительная модель (нечеткая модификация модели оценки уверенности Е. Шортлифа) [1, 2, 5, 14, 18, 23, 24], входными данными для которой являются:

– уровень психоэмоционального напряжения UP;

– уровень утомления UU;

– уровень защиты организма – UZ;

– лабораторные показания $\bar{c}$ (c_1, c_2, c_3, c_4);

– энергетическая реакция биологически активных точек.

Результатом работы этой группы моделей является оценка степени тяжести генитального герпеса ST_ℓ с классификацией: $\omega_{пр}^T$ – продромальный период; ω_1^T – первая стадия; ω_2^T – вторая стадия; ω_3^T – третья стадия.

В задаче прогнозирования обострения генитального герпеса (класс $\omega_{об}$) в качестве базовой математической модели выбрана модернизированная накопительная формула Е. Шортлифа [1, 3, 5, 6, 8, 18, 19, 23, 24], на вход которой поступают данные о психоэмоциональном напряжении (UP), утомлении (UU), энергетические характеристики БАТ с точек VC1, VC7, VG1 и P7, данные опроса и осмотра (вектор $B=(b_1,\ldots,b_7)$), на выходе модели рассчитываются величины уверенности в классификации.

Выходы классификационных моделей являются входами математических моделей выбора рациональных схем лечения, а выходы прогностической модели – входами математической модели выбора рациональных схем профилактики. Результатом работы лечебно-профилактической группы моделей являются рекомендации по проведению лечебно-оздоровительных мероприятий.

Модели определения UP, UU принятия решений по энергетическим характеристикам БАТ описаны в работах [11, 21, 22].

Подробное описание прогностических классификационных моделей принятия решений по генитальному герпесу приведено в работах [13, 18].

Анализ этих моделей показал, что они имеют разнородную (гетерогенную) структуру, что затрудняет классический синтез базы знаний проектируемой ИСППР.

Как показали исследования, проведенные на кафедре БМИ ЮЗГУ, для оптимального синтеза базы знаний при перечисленных особенностях решаемой задачи целесообразно использовать информационно-аналитическую модель принятия решений, имеющую структуру, представленную на рисунке.

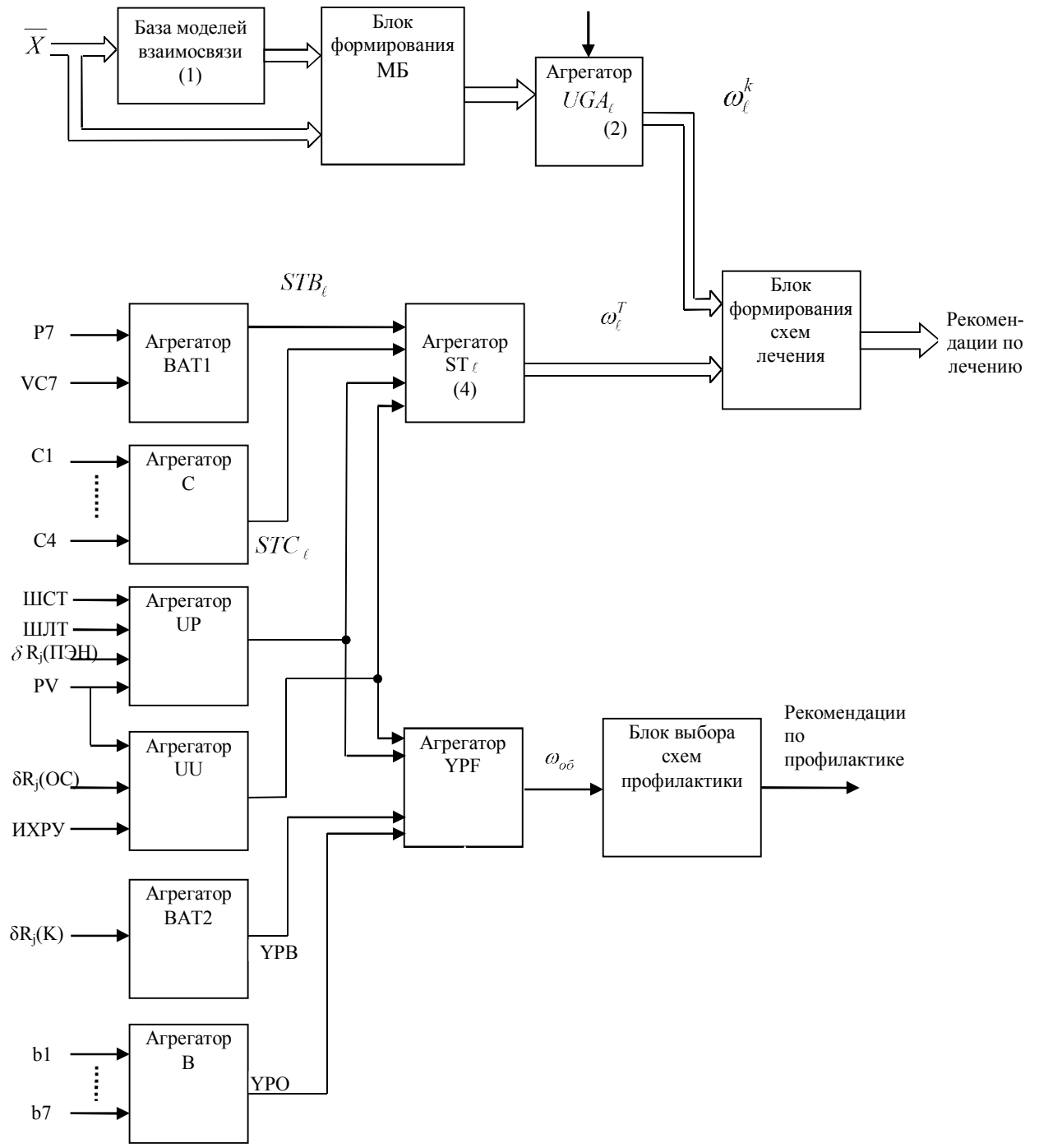

Рис. Информационно-аналитическая модель принятия решений

В соответствии с этой моделью классификация клинических вариантов течения генитального герпеса осуществляется с использованием базы моделей взаимосвязей между лабораторными показателями, полученными методами МГУА на обучающей выборке. Блок формирования меры близости (МБ) рассчитывает расстояние между модельным результатом и реальными значениями лабораторных показателей, полученных у пациента. По этому расстоянию вычисляются соответствующие функции принадлежности к исследуемым классам ω_ℓ^κ, по которым агрегатор UGAℓ определяет

уверенность в соответствующей классификации ω_ℓ^κ. Подробно математические модели этих блоков описаны в работе [12].

Классификация стадий течения заболевания осуществляется пятью агрегаторами.

Первый агрегатор (агрегатор БАТ1) реализует математическую модель для биологически активных точек P7 и VC7 с расчетом частной уверенности степени тяжести протекания генитального герпеса STB_ℓ [16].

Второй агрегатор (агрегатор C) по лабораторным показателям G1 = X2; C2 = X3; C3 = X4; C4 = X7 рассчитывает значения функции принадлежности $\mu_{\omega\ell}(c_p)$ и собирает их с использованием математической модели Е. Шортлифа. В результате работы агрегатора C определяются частые показатели степени тяжести STC_ℓ.

Третий агрегатор (агрегатор UP), используя тесты ситуативной (ШСТ) и личностной (ШЛТ) тревожности, сопротивления БАТ, связанных с психоэмоциональной сферой (δR_j (ПЭН)), и показатели внимания PV, рассчитывает уровень психоэмоционального напряжения UP.

Четвертый агрегатор (агрегатор UU) по показателям внимания PV, общесистемным БАТ (δR_j (ОС)) и индексу хронического утомления ИХРУ определяет уровень утомления UU.

Степень тяжести протекания генитального герпеса и классификацию ω_ℓ^T вычисляет пятый агрегатор (арегатор ST). Подробно модели этого блока решающих модулей описаны в работе [14].

Прогноз обострения генитального герпеса осуществляется математическими моделями агрегатора YPF. Входными данными для этого агрегатора являются величины UP и UU, рассчитываемые агрегатором UP и агрегатором UU, результаты оценки энергетического разбаланса БАТ, связанных с заболеваниями кожи (δR_j (К), агрегатор БАТ2), и частная уверенность в прогнозе YPO. Величина YPO получается агрегацией данных опроса и осмотра ($b_1,\ldots,b_7$).

Модели этого блока решающих модулей описаны в работах [13,18].

Результаты классификации ω_ℓ^κ и ω_ℓ^T (агрегаторы UGA_ℓ и ST_ℓ) используются как входные переменные математических моделей формирования рациональных схем лечения (блок формирования схем лечения). Результаты работы агрегатора YPF используются математическими моделями блока выбора схем профилактики для формирования рекомендаций по рационализации профилактических мероприятий.

Математические модели блоков модулей профилактики и лечения описаны в работе [15].

Полученная информационно-аналитическая модель была использована при проектировании базы знаний системы поддержки принятия решений врача-дерматовенеролога. Эта ИСППР реализует автоматизированное прогнозирование развития вариантов течения, выбор рациональной лечебной и профилактической тактики и позволяет статистически значимо повышать качество оказания медицинской помощи пациентам с генитальным герпесом, способствуя увеличению показателя эффективности лечения «выздоровление» на 245% и снижению показателя отсутствия эффекта от терапии на 16%.

Список литературы

1. Количественная оценка риска классификации пациента / М. В. Артеменко, В. С. Смирнов, С. В. Колоткова, Л. В. Стародубцева // Системный анализ

и управление в биомедицинских системах. 2011. Т. 10, № 4. С. 798–800.

2. Бурмака А. А. Говорухина Т. Н. Информационно-логическая система с нечетким множеством состояний // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 2. С. 134.

3. Бурмака А. А., Говорухина Т. Н., Михайлов А. В. Модели целенаправленных процессов, реализуемых в телеметрических системах // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 1(18). С. 103–109.

4. Бурмака А. А., Говорухина Т. Н., Михайлов А. В. Алгоритмы управления и обработки информации адаптивными реконфигурируемыми модулями // Вестник компьютерных информационных технологий. 2015. № 9 (135). С. 49–54.

5. Бурмака А. А., Говорухина Т. Н., Терехова О. А. Многоканальная измерительная система с нечетким описанием её состояний // Биомедицинская радиоэлектроника. 2014. № 9. С. 28–31.

6. Модели подсистем и целенаправленных процессов, реализуемых в информационно-логических измерительных системах распределенного типа / А. А. Бурмака, Н. А. Кореневский, Т. Н. Говорухина, О. А. Терехова // Телекоммуникации. 2013. № 8. С. 8–12.

7. Говорухина Т. Н., Кореневский Н. А., Терехова О. А. Подход к оцениванию информационных признаков коммутируемых сигналов в многоканальной информационно-логической системе // Вестник компьютерных информационных технологий. 2013. № 6(108). С. 24–27.

8. Кореневский Н. А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2015. № 1. С. 33–35.

9. Кореневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 2. С. 99–103.

10. Кореневский Н.А. Проектирование нечетких решающих сетей, настраиваемых по структуре данных для задач медицинской диагностики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2005. Т. 4, № 1. С. 12–20.

11. Кореневский Н.А., Крупчатников Р. А., Горбатенко С. А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2008. № 2. С. 18–24.

12. Кореневский Н. А., Руцкой Р. В., Долженков С. Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. № 4. С. 905–909.

13. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, С. А. Горбатенко, В.И. Серебровский. Старый Оскол: ТНТ, 2006. 472 с.

14. Кореневский Н. А., Разумова К. В. Синтез коллектива гибридных нечетких моделей оценки состояния сложных систем // Наукоемкие технологии. 2014. Т. 15, № 12. С. 31–39.

15. Использование акупунктурных точек как биоиндикаторов экологической нагрузки на организм человека / Н. А. Кореневский, Л. В. Стародубцева, И. И. Хрипина, А. Г. Устинов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13. № 2. С. 312–316.

16. Метод классификации функционального состояния человека и оценки уровня его составляющих на основе гибридных нечетких моделей / Н. А. Кореневский, О. И. Филатова, А. А. Бурмака, В. В. Серебровский // Биотехносфера. 2012. № 1(19). С. 41–44.

17. Оценка эргономичности транспортных средств на основе нечетких гибридных моделей / Н. А. Кореневский, А. А. Бурмака, Л. В. Стародубцева, С. А. Горбатенко // Биотехносфера. 2012. № 1(19). С. 50–54.

18. 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.

19. Лукашов М. И. Использование информационных технологий для прогнозирования и диагностики инфекционных заболеваний (на примере генитального герпеса): монография / М. И. Лукашов, Н. А. Кореневский, В. И. Серебровский [и др.]. Курск: Изд-во Курск. гос. с-х. ак., 2011. 123с.

20. Синтез решающих правил прогнозирования обострения заболеваний на примере генитального герпеса / М. И. Лукашов, А. Г. Устинов, И. И. Хрипина, С. В. Солошенко // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2014. № 3. С. 70–80.

21. Лукашов М.И. Определение степени тяжести генитального герпеса на основе нечетких моделей принятия решений // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8, № 4. С. 927–930.

22. Лукашов М.И. Исследование эффективности проведения лечебно-оздоровительных мероприятий при генитальном герпесе // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2014. № 3. С. 85–94.

23. Лукашов М. И., Агарков Н. М., Кореневский Н. А. Оценка состояния больных генитальным герпесом методами рефлексодиагностики // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. XVII, № 1. С. 137–138.

24. Синтез гибридных нечетких решающих правил для классификации генитального герпеса на основе моделей системных взаимосвязей / М. И. Лукашов, Н. А. Кореневский, М. В. Артеменко, Н. М. Агарков // Фундаментальные исследования. 2014. № 10(5). С. 901–907.

25. Лукашов М. И., Кореневский Н. А., Савченко Н. Н. Прогнозирование обострения заболеваний у дерматологических больных на основе нечетких моделей, обучаемых по структуре // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8, № 3. С. 290–293.

26. Синтез нечетких решающих правил для прогнозирования и ранней диагностики по прогностическим таблицам с использованием методов рефлексодиагностики / В. И. Серебровский, Н. А. Коптева, Р. А. Крупчатников, Л. В. Стародубцева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2008. Т. 7, № 3. С. 643–648.

27. Оценка защитных механизмов организма и их роль в задачах прогнозирования и медицинской диагостики / С. В. Харьков, С. Д. Долженков, С. Н. Кореневская, А. Г. Коцарь // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11, № 1. С. 44–49.

28. Шуткин А. Н., Бойцова Е. А., Стародубцев Л. В. Оценка уровня утомления с использованием теории измерения латентных переменных // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 14. № 3. С. 553.

29. Использование гибридных нечетких моделей для оценки степени утомления / А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, А. В. Бойцов, С. Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2015. № 2(15). С. 107–118.

Поступила в редакцию 21.03.17

UDC 616.65

M. I. Lukashov, Candidate of Medical Sciences (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

O. U. Olisova, Doctor of Medical Sciences, head. the Department of skin and venereal diseases. V. A. Rakhmanova. First Moscow State Medical University n. a. I. M. Sechenov (Moscow, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

E. V. Pis'mennaya, Candidate of Medical Sciences, OBUZ "Kursk dermatovenerologic dispensary", (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

L. P. Lazurina, Doctor of Biological Sciences, Professor, Kursk state medical University (Kursk, Russia) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

INFORMATION-ANALYTICAL MODEL OF THE KNOWLEDGE BASE SYSTEM DECISION SUPPORT TO THE MANAGEMENT OF PATIENTS WITH GENITAL HERPESA

In the work addressed.ll the issues of optimization of the knowledge base of intellectual system of support of decision-making physician dermatologist due to the preliminary analysis of the structure of decision rules (models) and building information-logical model reflects the structure of the relationship of these models. Information-analytical model is constructed for the solution of tasks of assessment of the severity and clinical variants of the course of genital herpes, prediction of exacerbation and choice of rational schemes of prevention and treatment. Clinical variants of the course are determined according to laboratory tests with the selection of classes such as: herpes are not detected clinically; patients with signs of herpes; patients with detected herpes; patients with clinically observed herpes. The appropriate the crucial module is implemented using fuzzy modification of the method of group account of arguments. Classification of severity are implemented with the use of indicators of psycho-emotional tension and fatigue, laboratory data and power characteristics specific BAHT. There are the following classes of severity: prodromal period; first, second and third stage. A crucial module is built using the cumulative modifications of the model E. Shortliffe. The task of predicting exacerbations of genital herpes solved by means of signs characterizing emotional stress, fatigue, system-wide energy characteristics of biologically active points, the data.

Key words: *herpes, system of decision support, dermatology, model, knowledge base.*

For citation: Lukashov M. I., Olisova O. U., Pis'mennaya E. V., Lazurina L. P. I. Information-analytical model of the knowledge base system decision support to the management of patients with genital herpesa, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 86–95.

***

References

1. Kolichestvennaya ocenka riska klassifikacii pacienta / M. V. Artemenko, V. S. Smirnov, S. V. Kolotkova, L. V. Starodubceva // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2011. T. 10. № 4. S. 798–800.

2. Burmaka A. A., Govoruhina T. N. Informacionno-logicheskaya sistema s nechetkim mnozhestvom sostoyanij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2012. № 2. S. 134.

3. Burmaka A. A., Govoruhina T. N., Mihajlov A. V. Modeli celenapravlennyh processov, realizuemyh v telemetricheskih sistemah // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2016. № 1(18). S. 103–109.

4. Burmaka A. A., Govoruhina T. N., Mihajlov A. V. Algoritmy uprav-leniya i obrabotki informacii adaptivnymi rekonfiguriruemymi modulyami // Vestnik komp'yuternyh informacionnyh tekhnologij. 2015. № 9 (135). S. 49–54.

5. Burmaka A. A., Govoruhina T. N., Terekhova O. A. Mnogokanal'naya izmeritel'naya sistema s nechetkim opisaniem eyo sostoyanij // Biomedicinskaya radioehlektronika. 2014. № 9. S. 28–31.

6. Modeli podsistem i celenapravlennyh processov, realizuemyh v informacionnologicheskih izmeritel'nyh sistemah raspredelennogo tipa / A. A. Burmaka, N. A. Korenevskij, T. N. Govoruhina, O. A. Terekhova // Telekommunikacii. 2013. № 8. S. 8–12.

7. Govoruhina T. N., Korenevskij N. A., Terekhova O. A. Podhod k ocenivaniyu informacionnyh priznakov kommutiruemyh signalov v mnogokanal'noj informacionno-logicheskoj sisteme // Vestnik komp'yuternyh informacionnyh tekhnologij. 2013. № 6(108). S. 24–27.

8. Korenevskij N. A. Ispol'zovanie nechetkoj logiki prinyatiya reshenij dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. 2015. № 1. S. 33–35.

9. Korenevskij N. A. Metod sinteza geterogennyh nechetkih pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniem biotekhnicheskih sistem // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2013. № 2. S. 99–103.

10. Korenevskij N. A. Proektirovanie nechetkih reshayushchih setej, nastraivaemyh po strukture dannyh dlya zadach medicinskoj diagnostiki // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2005. T. 4, № 1. S. 12–20.

11. Korenevskij N.A., Krupchatnikov R. A., Gorbatenko S. A. Sintez nechetkih setevyh modelej, obuchaemyh po strukture dannyh dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. 2008. № 2. S. 18–24.

12. Korenevskij N. A., Ruckoj R. V., Dolzhenkov S. D. Metod prognozirovaniya i diagnostiki sostoyaniya zdorov'ya na osnove kollektivov nechetkih reshayushchih pravil // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2013. T. 12, № 4. S. 905–909.

13. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya obuchayushchihsya na osnove gibridnyh intellektual'nyh tekhnologij: monografiya / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, S. A. Gorbatenko, V. I. Serebrovskij. Staryj Oskol: TNT, 2006. 472 s.

14. Korenevskij N. A., Razumova K. V. Sintez kollektiva gibridnyh nechetkih modelej ocenki sostoyaniya slozhnyh sistem // Naukoemkie tekhnologii. 2014. T. 15. № 12. S. 31–39.

15. Ispol'zovanie akupunkturnyh tochek kak bioindikatorov ehkologicheskoj nagruzki na organizm cheloveka / N. A. Korenevskij, L. V. Starodubceva, I. I. Hripina, A. G. Ustinov // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2014. T. 13, № 2. S. 312–316.

16. Metod klassifikacii funkcional'nogo sostoyaniya cheloveka i ocenki urovnya ego sostavlya-yushchih na osnove gibridnyh nechetkih modelej / N. A. Korenevskij, O. I. Filatova, A. A. Burmaka, V. V. Serebrovskij // Biotekhnosfera. 2012. № 1(19). S. 41–44.

17. Ocenka ehrgo-nomichnosti transportnyh sredstv na osnove nechetkih gibridnyh modelej / N. A. Korenevskij, A. A. Burmaka, L. V. Starodubceva, S. A. Gorbatenko // Biotekhnosfera. 2012. № 1(19). S. 50–54.

18. Kocar' A. G., Seregin S. P., Starodubceva L. V. Nechetkie reshayushchie pravila diagnostiki klinicheskih form mochekamennoj bolezni // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2012. № 2-2. S. 197–200.

19. Ispol'zovanie informacionnyh tekhnologij dlya prognozirovaniya i diagnostiki infekcionnyh zabolevanij (na primere genital'nogo gerpesa): monografiya / M. I. Lukashov, N. A. Korenevskij, V. I. Serebrovskij [i dr.]. Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s-h. ak., 2011. 123s.

20. Sintez reshayushchih pravil prognozirovaniya obostreniya zabolevanij na primere genital'nogo gerpesa / M. I. Lukashov, A. G. Ustinov, I. I. Hripina, S. V. Soloshenko // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2014. № 3. S. 70–80.

21. Lukashov M. I. Opredelenie stepeni tyazhesti genital'nogo gerpesa na osnove nechetkih modelej prinyatiya reshenij // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2009. T. 8, № 4. S. 927–930.

22. Lukashov M. I. Issledovanie ehffektivnosti provedeniya lechebno-ozdorovitel'nyh meropriyatij pri genital'nom gerpese // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2014. № 3. S. 85–94.

23. Lukashov M. I., Agarkov N. M., Korenevskij N. A. Ocenka sostoyaniya bol'nyh genital'nym gerpesom metodami refleksodiagnostiki // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. 2010. T. XVII. № 1. S. 137–138.

24. Sintez gibridnyh nechetkih reshayushchih pravil dlya klassifikacii genital'nogo gerpesa na osnove modelej sistemnyh vzaimosvyazej / M. I. Lukashov, N. A. Korenevskij, M. V. Artemenko, N. M. Agarkov // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 10(5). S. 901–907.

25. Lukashov M. I., Korenevskij N. A., Savchenko N. N. Prognozirovanie obostreniya zabolevanij u dermatologicheskih bol'nyh na osnove nechetkih modelej obuchaemyh po strukture // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2009. T. 8, № 3. –S. 290–293.

26. Sintez nechetkih reshayushchih pravil dlya prognozirovaniya i rannej diagnostiki po prognosticheskim tablicam s ispol'zovaniem metodov refleksodiagnostiki / V. I. Serebrovskij, N. A. Kopteva, R. A. Krupchatnikov, L. V. Starodubceva // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2008. T. 7. № 3. S. 643–648.

27. Ocenka zashchitnyh mekhanizmov organizma i ih rol' v zadachah prognozirovaniya i medicinskoj diagostiki / S. V. Har'kov, S. D. Dolzhenkov, S. N. Korenevskaya, A. G. Kocar' // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2012. T. 11. № 1. S. 44–49.

28. Shutkin A. N., Bojcova E. A., Starodubcev L. V. Ocenka urovnya utomleniya s ispol'zovaniem teorii izmereniya latentnyh peremennyh // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2014. T. 14. № 3. S. 553.

29. Ispol'zovanie gibridnyh nechetkih modelej dlya ocenki stepeni utomleniya / A. N. Shutkin, E. A. Bojcova, A. V. Bojcov, S. N. Korenevskaya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2015. № 2(15). S. 107–118.

УДК 004.5

А. В. Скринникова, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: ann3005@rambler.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ КУРСОРОМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

В работе представлена модель процесса управления курсором в виде «черного ящика». На вход в качестве управляющего воздействия f(t) подается волевой посыл: внутренний посыл доброй воли человека-оператора. Его декомпозиция с помощью единичной функции Хевисайда 1(t) при определенных предположениях дала возможность получить передаточную функцию объекта управления. В качестве объекта управления принято рука + устройство управления курсором + курсор.

Исследование предложенной модели при определенных ограничениях показало, что независимо от значения, характеризующего информационное состояние мотива, низкая значимость цели для человека и низкая сила стремления достичь успеха мешают стабильности управления курсором. Полученный результат не противоречит исследованиям из области психологии.

Предлагается достичь более быстрого выполнения задач, возложенных на человека-оператора, путем поддержания или регулирования определенных эмоций и мотивации на рабочем месте. Это актуально в биотехнических системах медицинского назначения и эргатического типа с человеком-оператором в качестве управляющего звена, поскольку в большинстве случаев они оснащены различными манипуляторами, которые на экранах мониторов управляют курсором.

Ключевые слова: *человек-оператор, управляющее воздействие, динамика.*

Ссылка для цитирования: Скринникова А. В. Моделирование процесса управления курсором методом анализа электрических цепей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 96–101.

***

Введение

Биотехнические системы (БТС) медицинского назначения и эргатического типа с человеком-оператором в качестве управляющего звена в большом количестве случаев оснащены различными манипуляторами, которые на экранах мониторов управляют курсором [1]. Однако задачи управления курсором в редких работах либо лишь формально поставлены, либо имеют схематическое решение, либо и то, и другое [2, 3].

Характер процессов, протекающих в БТС с человеком-оператором в качестве управляющего курсором, не позволяет описать эти процессы в аналитической форме. Модели динамики восприятия внешней сигнальной информации через слух, зрение, обоняние, осязание и возникновения эмоций от таких воздействий, влияния эмоций на кинематику движений тела, описания системных механизмов мозга (механизмов сознания, мышления) в основном представлены в виде словесных или схемных решений. Другие решения базируются на данных регистрации биоэлектрической активности участков коры головного мозга. Например, моделирование реакций головного мозга человека на внешние раздражители впервые описано в [4] с помощью системы стохастических дифференциальных уравнений, однако модель построена по данным ЭЭГ. Искусственные нейронные сети, которые используются в сфере искусственного интеллекта как упрощенные модели нейронных сетей в головном мозге, не отражают его реальную и полную структуру, но имеют серьезное финансирование [5]. С другой стороны, несмотря на значительное количество методов оценки информатив-

ных признаков [6], в случае диагностики эмоций, например, эти признаки часто несут противоречивую информацию.

Не менее сложно обстоит дело с управлением избыточным аппаратом мышц и суставов: в нервной системе формируются двигательные синергии управляющих команд [7], которые проявляются в согласованных изменениях суставных углов и суставных моментов. Связь между этими углами и моментами определяется сложным динамическим взаимодействием звеньев биомеханической цепи. Движение одного сегмента влияет на движение всех остальных, а активация любой мышцы вовлекает в движение все сегменты, а не только те, к которым эта мышца прикреплена.

Основные материалы исследования

Представим модель процесса управления курсором в виде «черного ящика» (рис. 1). Пусть $f(t)$ – задающее воздействие: внутренний посыл доброй воли человека-оператора, ОУ – объект управления: рука + устройство управления курсором (УУК) + курсор, $x(t)$ – дискретный сигнал с выхода ОУ: значения признаков динамики манипуляций УУК [8].

Будем подавать на вход (см. рис. 1) $f(t)$ волевой посыл, раскладывая его на составляющие с помощью единичной функции Хевисайда $1(t)$.

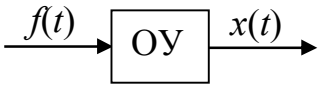

Рис. 1. Модель управления курсором

Поскольку воля – это психический процесс, а основными элементами нервной системы являются нейроны, которые проводят биоэлектрические импульсы, для моделирования воспользуемся методом анализа электрических цепей. Основное предположение – ОУ имеет свойство линейности.

В [9] показано, что сила F каждого мотива определяется выражением

$$F = pRDGu^{1-\frac{\tau}{\tau_1}}, \qquad (1)$$

где p – постоянный коэффициент;

R – значимость цели для человека;

D – сила желания достичь успехов в различных видах деятельности;

$Gu = I_B/I_C$ – число, характеризующее информационное состояние мотива в момент его появления;

I_C – информация о средствах, необходимых для достижения цели (прогностическая информация);

I_B – информация о средствах, которые субъект имеет в данный момент времени (прагматическая информация);

$0 < Gu < 1$;

τ – время;

τ_1 – время, необходимое для достижения цели.

Взяв в (1) за $a = pRD$, $b = Gu$, получим

$$F = ab^{1-\frac{\tau}{\tau_1}}. \qquad (2)$$

Если на ОУ в момент $t = 0$ оказать влияние F, то на ОУ F будет равна $F \cdot x(t)$. Если F приложить не в момент $t = 0$, а в момент τ, то на ОУ F будет равна $F \cdot x(t-\tau)$.

Заданная непрерывной функцией F может быть представлена в виде

$$\begin{aligned} f(t) = f(0)\cdot 1(t) + \Delta f_1 \cdot 1(t-\Delta t) + \\ + \Delta f_2 \cdot 1(t-2\Delta t) + \ldots + \Delta f_n \cdot 1(t-n\Delta t). \end{aligned} \qquad (3)$$

Если тестирующее воздействие представить в виде последовательности функций Хевисайда, то на ОУ оно определяется как последовательность реакций ОУ на последовательность функций $1(t)$ и имеет следующий вид:

$$u(t) = f(0)\cdot x(t) + \Delta f_1 \cdot x(t-\Delta t) + \\ + \Delta f_2 \cdot x(t-2\Delta t) + \ldots + \Delta f_n \cdot x(t-n\Delta t). \quad (4)$$

Если увеличивать до бесконечности число n, то пределом ломаной линии (3) будет кривая (2).

Умножив и разделив обе части уравнений (3) и (4) на приращение по времени Δt, получим

$$f(t) = f(0)\cdot 1(t) + \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta f_n}{\Delta t} 1(t-n\Delta t)\cdot \Delta t\,, \quad (5)$$

$$u(t) = f(0)\cdot x(t) + \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta f_n}{\Delta t} x(t-n\Delta t)\cdot \Delta t\,. \quad (6)$$

При $\Delta t \to 0$ перейдем от конечного шага отсчета Δt к $d\tau \to 0$.

Положив $n\cdot\Delta t = \tau$, получим

$$u(t) = f(0)\cdot x(t) + \int_0^t x(t-\tau)\cdot f'(\tau)d\tau\,. \quad (7)$$

Поскольку вид функции $f(t)$ известен, чтобы найти $u(t)$, в качестве переходной функции $x(t)$ возьмем распределение соответствующего информативного признака динамики управления курсором.

Подынтегральное выражение (7) при замене $\tau = t - \theta$ примет вид

$$-x(\theta)\cdot f'(t-\theta)d\theta\,. \quad (8)$$

При обратной замене получаем равенство эквивалентное (7):

$$u(t) = f(0)\cdot x(t) + \int_0^t x(\tau)\cdot f'(t-\tau)d\tau\,. \quad (9)$$

Интегрируя по частям (7), получим

$$f(0)\cdot x(t) + \int_0^t x(t-\tau)\cdot f'(\tau)d\tau = \\ = f(t)\cdot x(0) + \int_0^t f(\tau)\cdot x'(t-\tau)d\tau,$$

отсюда

$$u(t) = f(t)\cdot x(0) + \int_0^t f(\tau)\cdot x'(t-\tau)d\tau\,. \quad (10)$$

Интеграл выражения (10) при замене $\tau = t - \theta$ имеет вид

$$-\int_t^0 f(t-\theta)\cdot x'(\theta)d\theta\,. \quad (11)$$

Применяя к подынтегральному выражению (11) формулу дифференцирования для случая, когда пределы интегрирования переменные:

$$u(t) = \frac{d}{dt}\int_0^t f(t-\theta)\cdot x(\theta)d\theta, \quad (12)$$

и подстановку $\tau = t - \theta$, имеем

$$u(t) = \frac{d}{dt}\int_0^t f(\tau)\cdot x(t-\tau)d\tau\,.$$

При пропускании через ОУ возмущения F вида (2) согласно (12) имеем

$$u(t) = \frac{d}{dt}\left(ab^{1-\frac{t}{\tau_1}} \cdot \int_0^t ab^{1+\frac{\tau}{\tau_1}} \cdot x(\tau)d\tau \right). \quad (13)$$

Находим производную произведения (13):

$$u(t) = -\frac{\ln a}{\tau_1}\cdot ab^{1-\frac{t}{\tau_1}} \cdot \int_0^t ab^{1+\frac{\tau}{\tau_1}} \cdot x(\tau)d\tau + \\ + ab^{1-\frac{t}{\tau_1}} \cdot \frac{d}{dt}\left(\int_0^t ab^{1+\frac{\tau}{\tau_1}} \cdot x(\tau)d\tau \right). \quad (14)$$

Применяя к (14) дифференцирование для случая, когда пределы интегрирования переменные, получаем

$$\frac{d}{dt}\int_0^t ab^{1+\frac{\tau}{\tau_1}} \cdot x(\tau)d\tau = ab^{1+\frac{t}{\tau_1}} x(t)$$

и

$$u(t) = \frac{-1}{\tau_1}\ln a \cdot a^2 b^{1-\frac{t}{\tau_1}} \cdot \int_0^t b^{1+\frac{\tau}{\tau_1}} \cdot x(\tau)d\tau + \\ + a^2 b^2 x(t). \quad (15)$$

Функция $u(t)$, определяющая состояние $f(t)$ на ОУ, имеет форму (15). Очевидно, что при $p = 1$, $R = 1$, $D = 1$, $a = pRD$, $b=Gu=1$, $\tau_1 = 1$ в (15), получим $u(t) = x(t)$.

На рис. 2 представлены графики переходной функции $u(t)$ при $b1 = 0.9$, $b2 = 0.5$, $b3 = 0.1$, рис. 2, *а* – $a = 0.1$, 2, *б* – $a = 0.5$, 2, *в* – $a = 1$, если $x(t)$ имеет экспоненциальное распределение с $\lambda = 2$.

На рис. 2, *в* при значимости цели для человека $R = 1$ и силе желания достичь успехов $D = 1$ и минимальном b на выходе быстрее всего достигается постоянное значение. Чем меньше R и/или D, тем хуже на выходе достигается постоянное значение. То есть согласно выражению (15) низкая значимость цели для человека и сила желания достичь успеха независимо от количества прагматической информации мешают стабильности управления курсором. Изыскания психологов не противоречат этому результату: чем выше эмоциональный интеллект человека, тем быстрее он решит задачи, связанные с мотивацией.

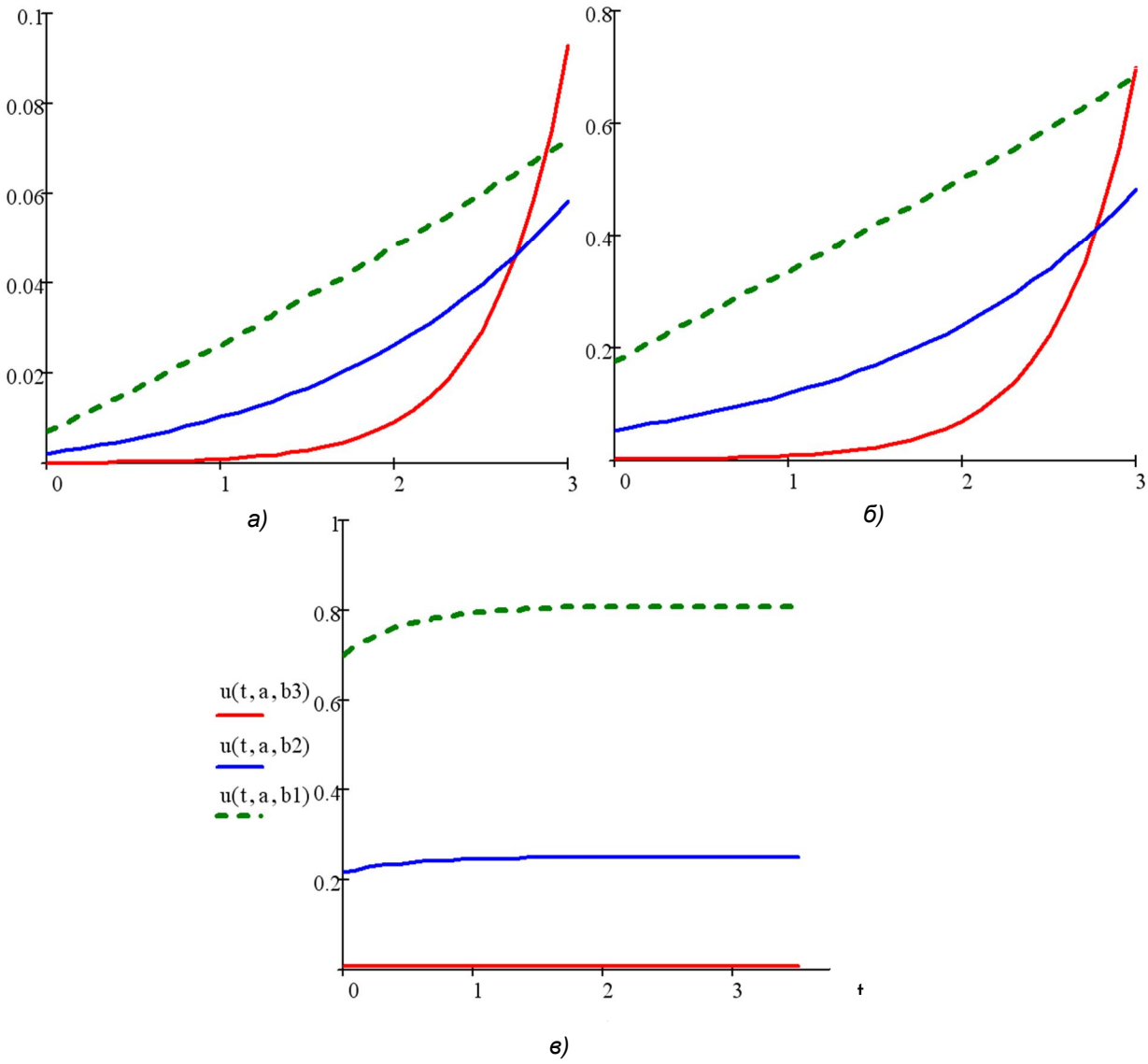

Рис. 2. Зависимость $u(t)$ от параметров *a* и *b*

Заключение

Исследование предложенной модели управления курсором в виде «черного ящика» при определенных ограничениях показало, что низкая значимость цели для человека и низкая сила желания достичь успеха независимо от значения, характеризующего информационное состояние мотива, мешают стабильности управления курсором.

Поддерживая или регулируя определенные эмоции и мотивацию на рабочем месте, реально добиться более быстрого выполнения поставленных перед человеком-оператором задач.

Список литературы

1. Бобырь М. В., Скринникова А. В. Исследование адаптивной системы учета // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 1 (18). С. 42–52.

2. Вагущенко Л. Л., Цымбал Н. Н. Системы автоматического управления движением судна. 3-е изд., перераб. и доп. Одесса: Феникс, 2007. 328 с.

3. Kumari P., Singh S., Pasi V. Kr. Cursor Control using Hand Gestures // International Journal of Computer Applications, 2016, pp. 25–29.

4. Золкин С. Г. Уравнения динамического стереотипа в прогнозе реакции неокортекса человека // Искусственный интеллект. 2005. № 2. С. 39–44.

5. Разработка модели распознавания и фиксации новой информации в кортикальной микроколонке, 2016 [Электронный ресурс]. URL: http://www.kif.ras.ru/document/reports/Resume_3_(14_607_21_0117).pdf.

6. Оценка уровня информативности для плохоформализуемых данных в медицине, психологии и экологии / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, В. Н. Николаев [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 2 (19). С. 136–142.

7. Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность / под ред. О. Г. Газенко. М.: Наука, 1990. 496 с.

8. Скринникова А. В. Изменение индивидуальной динамики манипуляций устройствами управления курсором под влиянием эмоций страха и радости // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 5. С. 246–251.

9. Глазунов Ю.Т. Роль и значение воли в процессах целеполагания // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16, № 2. С. 279–287.

Поступила в редакцию 10.04.17

UDC 004.5

A. V. Skrynnykova, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia), (e-mail: ann3005@rambler.ru)

MODELING THE PROCESS OF CURSOR CONTROL BY METHOD OF ANALYSIS THE ELECTRICAL CHAINS

This paper presents a model of the cursor control process in the form of a "black box", since the nature of the processes occurring in the biotechnical system with the human-operator as the control of cursor is too complex. On the entrance as a control action, the desire to achieve the goal f(t) is given. Its decomposition by the Heaviside function 1(t) and certain assumptions gave the transfer function of the control object. The distribution of the corresponding

informative attribute of dynamics of cursor control is suggested to be taken as the transitional function x(t). The research of the proposed model under certain restrictions showed that, regardless of the value that characterizes the information state of the motive, the low significance of the goal for a person and the low power of the desire to achieve success, interfere with the stability of cursor control. The obtained result does not contradict the research in the psychology science.

It is proposed to achieve faster fulfillment of tasks assigned to the human-operator by maintaining or regulating certain emotions and motivation in the workplace. This is actual in biotechnical systems of medical purpose and ergatic type with the human-operator as a control link, since in a large number of cases they are equipped with various manipulators that control the cursor on the monitor screens.

Key words: *human-operator, control action, dynamics.*

For citation: Skrynnykova A. V. Modeling the process of cursor control by method of analysis the electrical chains, Proceeding of Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 96-101.

***

References

1. Bobyr' M. V., Skrinnikova A. V. Issledovanie adaptivnoj sistemy ucheta // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2016. № 1 (18). S. 42–52.

2. Vagushchenko L. L., Cymbal N. N. Sistemy avtomaticheskogo upravleniya dvizheniem sudna. 3-e izd., pererab. i dop. Odessa: Feniks, 2007. 328 s.

3. Kumari P., Singh S., Pasi V. Kr. Cursor Control using Hand Gestures // International Journal of Computer Applications, 2016, pp. 25–29.

4. Zolkin S.G. Uravneniya dinamicheskogo stereotipa v prognoze reakcii neokorteksa cheloveka // Iskusstvennyj intellekt». 2005. № 2. S. 39–44.

5. Razrabotka modeli raspoznavaniya i fiksacii novoj informacii v kortikal'noj mikrokolonke, 2016. URL: http://www.kif.ras.ru/ document/ reports/ Resume_3_(14_607_21_0117).pdf.

6. Ocenka urovnya informativnosti dlya plohoformalizuemyh dannyh v medicine, psihologii i ehkologii / N. A. Korenevskij, A. N. Shutkin, V. N. Nikolaev [i dr.] // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vych. tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2016. № 2 (19). S. 136–142.

7. Bernshtejn N. A. Fiziologiya dvizhenij i aktivnost' / pod red. O. G. Gazenko. M.: Nauka, 1990. 496 s.

8. Skrinnikova A. V. Izmenenie individual'noj dinamiki manipulyacij ustrojstvami upravleniya kursorom pod vliyaniem ehmocij straha i radosti // Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki. 2013. № 5. S. 246–251.

9. Glazunov Yu.T. Rol' i znachenie voli v processah celepolaganiya // Vestnik MGTU. 2013. T. 16, № 2. S. 279–287.

УДК 616-007-053.1

Н. М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Д. И. Кича, д-р мед. наук, профессор, Российский университет дружбы народов (Москва, Россия) (e-mail: d_kicha@mail.ru)

Т. И. Субботина, д-р мед. наук, заведующая кафедрой общей патологии, Тульский государственный университет (Тула, Россия) (e-mail: mbd2@rambler.ru)

А. В. Иванов, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия) (e-mail: anatomy@mail.ru)

К. Ф. Макконен, д-р мед. наук, профессор кафедры акушерства, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Белгород, Россия) (e-mail: kristma@gmail.com)

С. Н. Гонтарев, д-р мед. наук, профессор кафедры биомедицинской инженерии, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ

Врожденные пороки развития являются важным индикатором состояния окружающей среды, а антропогенное загрязнение атмосферы во многом влияет на частоту врожденных пороков развития у новорожденных.

Целью настоящего исследования является изучение причинно-следственных связей между частотой врожденных пороков развития новорожденных и антропогенными атмосферными загрязнителями посредством корреляционного и дисперсионного методов, а также разработка математических моделей для прогнозирования врожденных пороков развития в зависимости от конкретных поллютантов. Корреляционным и дисперсионным методом изучены связи основных антропогенных атмосферных загрязнителей с частотой врожденных пороков развития среди всех новорожденных в г. Белгороде за 2000–2015 гг.

На основе регрессионного метода разрабатывались прогностические модели. Установлено наибольшее влияние на распространенность врожденных пороков развития различных систем и органов превышения в атмосфере предельной допустимой концентрации аммиака и оксида углерода, имеющих по 11 достоверных корреляционных связей из 12 исследуемых нозологий и врожденных пороков развития в целом. Согласно дисперсионному анализу, максимальный уровень комбинированного влияния антропогенных загрязнителей атмосферы выявлен для врожденных пороков развития костно-мышечной системы (95,69%), лица и шеи (94,66%), центральной нервной системы (92,31%), пищеварительной системы (93,76%).

Созданные регрессионные модели на требуемом уровне обеспечивают прогнозирование разных форм врожденных пороков развития в зависимости от антропогенных поллютантов.

***Ключевые слова**: врожденные пороки развития, антропогенные атмосферные загрязнители, дисперсионный метод, корреляционный и регрессионный анализ.*

Ссылка для цитирования: Математические модели для прогнозирования частоты врожденных пороков развития / Н. М. Агарков, Д. И. Кича, Т. И. Субботина, А. В. Иванов, К. Ф. Макконен, С. Н. Гонтарев // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 102–108.

***

Введение

Наиболее чувствительными критериями влияния факторов окружающей среды на здоровье популяции являются показатели здоровья детей и, в частности, распространенность врожденных пороков развития (ВПР) среди новорожденных. Среди факторов, оказывающих существенное влияние на частоту ВПР, важное место занимают антропогенные загрязнители атмосферы, увеличение которых происходит интенсивно в последние годы [1, 2, 3, 10].

Возникновение ВПР в 40% случаев связано с мутагенным влиянием на половые клетки и эмбрионы неблагоприятных внешнесредовых факторов, имеющих в подавляющем большинстве антропогенное происхождение [4].

Динамика частоты ВПР в настоящее время во многих странах характеризуется увеличением частоты, что негативно влияет на генофонд и экономический потенциал нации. По данным Всемирной организации здравоохранения, в 2014 году у 1 из 33 новорожденных наблюдались ВПР, то есть ежегодно примерно 3,2 миллиона детей имеют какие-либо формы инвалидности, обусловленные ВПР. От ВПР в мире в течение первых 28 дней жизни ежегодно умирают 270000 детей [5].

Сказанное выше однозначно определяет актуальность изучения среди новорожденных ВПР и степени воздействия на частоту последних антропогенных атмосферных загрязнителей. Однако в настоящее время имеется незначительное количество исследований, рассматривающих с позиций доказательной медицины и с адекватным математическим аппаратом воздействие атмосферных загрязнителей на уровень ВПР в целом и на отдельные нозологии ВПР. В большинстве случаев при изучении этого вопроса исследователи ограничиваются сравнением распространенности ВПР в условно «чистых» и загрязненных территориях, в которых находятся преимущественно промышленные объекты с высоким выбросом загрязнителей в атмосферу, почву или воду. При изучении ВПР у новорожденных для объективизации влияния антропогенных атмосферных поллютантов редко применяется дисперсионный анализ, позволяющий одновременно оценить воздействие множества поллютантов на частоту ВПР. Практически отсутствуют прогностические модели для уровня ВПР в зависимости от комплекса или группы антропогенных загрязнителей атмосферы.

Целью настоящего исследования является изучение причинно-следственных связей между частотой ВПР новорожденных и антропогенными атмосферными загрязнителями посредством корреляционного и дисперсионного методов и разработка математических моделей для прогнозирования ВПР в зависимости от конкретных поллютантов.

Материалы и методы

Для определения причинно-следственных связей между комбинированным воздействием загрязнителей атмосферы и распространенностью ВПР среди новорожденных использовались корреляционный и дисперсионный методы, регрессионный анализ.

Единицей наблюдения являлся новорожденный за 2000–2015 гг. с ВПР, родители которого проживают в г. Белгороде. К ВПР относили стойкие морфологические изменения органа или всего организма, выходящие за пределы вариаций их строения. ВПР подразделяли на изолированные, системные и множественные. Информация о ВПР выкопировывалась сплошным методом из «Извещений на ребенка с врожденными пороками развития (форма № 025-11, у-98)» и из «Сведений о медицинской помощи детям и подросткам-школьникам» за 2000–2015 гг.

Состояние атмосферного воздуха за 2000–2015 гг. оценивалось на основе предельно-допустимых концентраций среднесуточных значений основных поллютантов (ПДКс.с.) по данным Белгородской лаборатории по мониторингу загрязнения атмосферы. Производился учет основных загрязнителей атмосферного воздуха: азота диоксид, углерода окись, азота окись, углеводороды (смесь), ацетон, ангидрид сернистый, толуол, водород хлористый, взвешенные вещества, пыль древесная, сажа, железа окись, марганец, пыль неорганическая ($Si0_2$ < 20%), пыль неорганическая ($Si0_2$ 20–70%), аммиак, этиловый спирт, бензин, бензол,

уайт-спирит, ксилол, керосин, серная кислота, пыль неорганическая ($Si0_2$ > 70%), сварочный аэрозоль, скипидар, ангидрид серный, масло нефтяное, бутилацетат, формальдегид, ангидрид уксусный, ванадия пятиокись, анилин, хрома окись, азотная кислота, фтористый водород, меди оксид, пыль цементная, гексан, пыль минеральных солей, спирт изопропиловый, пиридин, бензапирен, дихлорэтан, фреон-13, кислота муравьиная, кислота аскорбиновая, бутиловый спирт, нефрас, тетрахлорэтилен, натр едкий, фториды, бария хлорид, цинка окись, свинец.

Для разработки прогностических моделей использовался пошаговый регрессионный анализ и строились модели вида

$$Y = c + b1X1 + b2\ X2 + b3X3 + ... + bnXn,$$

где Y – распространенность ВПР среди новорожденных детей (зависимая переменная величина);

c – константа;

b_1, b_2, b_3 ... b_n – частные коэффициенты множественной регрессии между изменениями антропогенных атмосферных загрязнителей и ВПР;

X_1, X_2, X_3... Xn – независимые переменные величины.

Статистическая обработка материалов проводилась на персональном компьютере IBM PC с использованием пакета «Statistica 6.0».

Результаты и обсуждение

При изучении взаимосвязей между содержанием в атмосферном воздухе наиболее распространённых загрязнителей и частотой было установлено наличие достоверных линейных положительных связей (см. табл.). Наиболее чувствительными к воздействию антропогенных загрязнителей атмосферы, согласно корреляционному анализу, являются ВПР костно-мышечной, половой и сердечно-сосудистой систем, развитие которых определяется четырьмя поллютантами (см. табл.). При этом сильная прямая корреляционная связь имеется между ВПР костно-мышечной системы и превышением ПДКс.с. в атмосфере аммиака, между ВПР половой системы и превышением ПДКс.с. в атмосфере диоксида азота. По три прямые достоверные корреляции с изученными загрязнителями атмосферы характерны для лица и шеи, пищеварительной системы, МВПР и частоты ВПР в целом.

Значимые коэффициенты корреляции между основными антропогенными загрязнителями атмосферного воздуха и распространенностью ВПР среди новорождённых в г. Белгороде за 2000–2015 годы (P < 0,05)

ВПР систем, органов	Загрязнители				
	оксид углерода	диоксид азота	оксид азота	аммиак	формальдегид
Лица и шеи	0,569		0,801	0,603	
ЦНС	0,488				
ССС	0,506	0,557		0,687	0,463*
Дыхательная система				0,532	
Пищеварительная система	0,539			0,764	0,441*
Костно-мышечная система	0,655	0,456*		0,923	0,688
Мочевая система	0,497			0,601	
Половая система	0,478*	0,762	0,551	0,674	
МВПР	0,474*	0,486		0,612	

Окончание табл.

ВПР систем, органов	Загрязнители				
	оксид углерода	диоксид азота	оксид азота	аммиак	формальдегид
Кожа	0,440*			0,466*	
Другие	0,579			0,481	—
В целом	0,686	0,448*		0,859	

Уровень значимости $P \leq 0,05$.

Следует отметить также, что наибольшее число корреляций между исследуемыми нозологиями и ВПР в целом установлены с превышением ПДКс.с. в атмосфере оксида углерода (11 связей) и аммиака (11 связей). Это позволяет утверждать о детерминирующем значении оксида углерода и аммиака в возникновении большинства ВПР.

В ранее выполненных единичных исследованиях выявлены сильные прямые корреляционные связи распространенности ВПР среди детей до года с содержанием взвешенных веществ, оксида углерода ($r = 0,87$, $r = 0,84$ соответственно) [6, 7].

Выявлены сильные корреляционные связи пороков ЦНС с сероводородом ($r = 0,9$ при $p < 0,05$) в воздухе, медью в воде ($r = 0,76$ при $p < 0,05$); пороков мочеполовой системы с формальдегидом ($r = 0,76$ при $p < 0,05$); пороков ССС с марганцем ($r = 0,81$ при $P<0,05$) и нефтепродуктами ($r = 0,93$ при $p < 0,05$) в питьевой воде; хромосомной патологии – с нитратами в почве ($r = 0,93$ при $p < 0,05$) [7].

Среди поллютантов атмосферного воздуха формальдегид имеет высокую степень корреляции ($r = 0,854$) с ВПР [8].

С ВПР ССС сильная прямая корреляционная зависимость установлена с концентрацией пыли ($r = 0,744$) и окислами азота в воздухе ($r = 0,769$).

Высокая корреляционная зависимость установлена между ВПР костно-мышечной системы и окислами азота ($r = 0,819$).

Выявлены взаимосвязи между синдромом Дауна и пылью атмосферного воздуха ($r = 0,554$) [8].

Прямая достоверная корреляционная связь наблюдается между погодовыми изменениями частоты ВПР сердца и ПДК бензапирена в атмосфере ($r = 0,59$; $P < 0,5$) [3].

Авторы считают, что полученная прямая корреляция для концентрации бензапирена в атмосферном воздухе и ВПР сердца, гипоспадии без погодового сдвига позволяет говорить о реализации тератогенеза посредством бензапирена непосредственно в данную беременность.

Другие современные исследователи анализировали влияние на частоту ВПР не конкретных атмосферных загрязнителей, а суммарного загрязнения атмосферы в различных регионах [1, 2]. Увеличение распространенности ВПР среди детей до 1 года коррелировало с повышением индекса опасности загрязнения атмосферного воздуха [9]. Установлена корреляционная зависимость между уровнями ВПР и массой выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от предприятий по добыче полезных ископаемых, в том числе топливно-энергетических ($r = 0,89$; $p = 0,0068$ и $r = 0,964$; $p = 0,00045$) [1]. При проведении анализа взаимосвязи между степенью антропогенного загрязнения атмосферного воздуха индустриальными поллютантами и частотой выявления ВПР у детей получены достоверные корреляционные зависимости с прямой сильной связью между уровнем ВПР и суммарным объемом выбросов загрязняющих веществ

в атмосферный воздух от стационарных источников (r = 0,89; p = 0,00681), в том числе с выбросами газообразными и жидкими веществами (r = 0,89; p = 0,0068), с выбросами углеводородов (r = 0,96; p = 0,0005), с выбросами метана (r = 0,96; p = 0,00045) [1].

Изучение силы влияния загрязнителей на частоту ВПР, проведенное с помощью дисперсионного анализа, показало, что вариабельность частоты ВПР ЦНС на 92,31 % определяется комбинированным влиянием пыли неорганической (F = 79,11, p < 0,001), диоксида серы (F = 22,75, p < 0,001), оксида углерода (F = 23,84, p < 0,001), формальдегида (F = 13,38, p < 0,01), хлористого водорода (F = 10,31, p < 0,01), серной кислоты (F = 26,54, p < 0,001), ацетона (F = 10,78, p < 0,01).

С помощью регрессионного анализа получено уравнение множественной регрессии, посредством которого можно рассчитать частоту ВПР ЦНС в зависимости от содержания загрязнителей в атмосферном воздухе.

Коэффициент детерминации данной модели составил (h^2=92,31 %):

$$Y_1 = 30{,}364 - 9{,}726 \cdot X_1 - 518{,}799 \cdot X_2 - 1{,}527 \cdot X_3 - 2435{,}722 \cdot X_4 - 154{,}221 \cdot X_5 - 15{,}851 \cdot X_6 + 0{,}038 \cdot X_7,$$

где Y_1 – прогнозируемый уровень распространенности ВПР ЦНС;

X_1 – ПДКс.с. пыли неорганической;
X_2 – ПДКс.с. диоксида серы;
X_3 – ПДК с.с. оксида углерода;
X_4 – ПДК с.с. формальдегида;
X_5 – ПДК с.с. хлористого водорода;
X_6 – ПДКс.с. серной кислоты;
X_7 – ПДКс.с. ацетона.

Подставляя данные по загрязнению атмосферы пылью неорганической, диоксидом серы, оксидом углерода, формальдегидом, хлористым водородом, серной кислотой и ацетоном, можно рассчитать ожидаемую частоту ВПР ЦНС среди новорожденных детей. Например, в 2015 году ПДКс.с. пыли неорганической составляла 0,2 мг/м^3, ПДКс.с. диоксида серы – 0,01 мг/м^3, ПДКс.с. оксида углерода – 3 мг/м^3, ПДКс.с. формальдегида – 0,002мг/м^3, ПДКс.с. хлористого водорода – 0,06 мг/м^3, ПДКс.с. серной кислоты – 0,06 мг/м^3, ПДКс.с. ацетона – 0,05 мг/м^3.

Подставляя эти показатели в уравнение множественной регрессии, получаем

$$Y_2 = 30{,}364 - 9{,}726 \cdot 0{,}200 - 518{,}799 \cdot 0{,}01 - - 1{,}527 \cdot 3 - 2435{,}722 \cdot 0{,}002 - 154{,}221 - 0{,}06 - 15{,}851 \cdot 0{,}06 + 0{,}038 \cdot 0{,}05 = 3{,}63‰.$$

Фактическая частота ВПР ЦНС в 2015 году составляла 3,89‰, т.е. данное уравнение можно использовать для прогнозирования распространённости ВПР ЦНС в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Частота ВПР лица и шеи, как свидетельствует дисперсионный метод, на 94,66% обусловлена комбинированным влиянием пыли неорганической (F = 168,09, p < 0,001), диоксида серы (F = 19,68, p < 0,01), оксида углерода (F = 34,19, p < 0,001), фенола (F = 8,04, p < 0,01), аммиака (F = 8,93, p < 0,01), хлористого водорода (F = 27,31, p < 0,001), серной кислоты (F = 5,82, p < 0,05).

Уравнение регрессии для данной патологии имеет вид (h^2 = 94,66%)

$$Y_3 = 8{,}165 + 15{,}910 \cdot X_1 - 622{,}464 \cdot X_2 - 1{,}451 \cdot X_3 + 4471{,}101 * X_4 + 75{,}580 * X_5 - 132{,}650 \cdot X_6 + 96{,}871 \cdot X_7,$$

где X_1 – ПДКс.с. пыли неорганической,

X_2 – ПДКс.с. диоксида серы;
X_3 – ПДКс.с. оксида углерода;
X_4 – ПДКс.с. фенола;
X_5 – ПДКс.с. аммиака;
X_6 – ПДКс.с. хлористого водорода;
X_7 –ПДКс.с. серной кислоты.

Список литературы

1. Эколого-гигиенические аспекты формирования врожденных пороков развития в Кузбассе / А. В. Бачина, Е. В. Коськина, Л. А. Глебова, Л. В. Поп-

кова // Мать и дитя в Кузбассе. 2015. № 1. С. 48–52.

2. Влияние экологической ситуации в Туркестанском районе как фактор риска врожденных пороков развития / Ш. М. Сейдинов, Р. И. Ашурметов, А. А. Тогайбеков [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12-9. С. 1621–1624.

3. Сравнительная характеристика встречаемости различных врожденных пороков развития плода с позиции оценки экологической опасности в крупном промышленном центре / А. В. Шабалдин, Л. А. Глебова, А. В. Бачина [и др.] // Мать и дитя в Кузбассе. 2014. № 4. С. 19–24.

4. Large congenital melanocytic nevi and the risk for development of malignant melanoma and neurocutaneous melanocytosis / F. V. Bittencourt, A. A. Marghoob, A. W. Kopf [et al.] // Pediatrics, 2000, no. 106(4), pp. 736–741.

5. Всемирная Организация Здравоохранения // Информационный бюллетень. 2014. № 370, январь.

6. Тихомирова Н. А. Изучение врожденных пороков развития в рамках социально-гигиенического мониторинга в крупном промышленном регионе // Здоровье населения и среда обитания. 2008. № 6. С. 5–7.

7. Черняева Т. К., Тихомирова Н. А. Влияние химического загрязнения окружающей среды на риск развития врожденных аномалий // Медицинский альманах. 2009. № 2. С. 176–177.

8. Черных А. М., Селютина М. Ю., Горяинова И. Л. Мониторинг врожденных пороков развития у детей в Курской области // Гигиена и санитария. 2012. № 5. С. 54–55.

9. Алшинбаев К. С. Гигиеническая оценка состояния здоровья населения г. Туркестана // Хабаршы МКТУ им. Ясави. 2010. № 6(72). С. 213–216.

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

Поступила в редакцию 13.03.17

UDC 61.001.12/.18

N. M. Agarkov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

D. I. Kitcha, Doctor of Medical Sciences, Professor, Russian Peoples Friendship University (Moscow, Russia) (e-mail: d_kicha@mail.ru)

T. I. Subbotina, Doctor of Medical Sciences, Tula State University (Tula, Russia) (e-mail: mbd2@rambler.ru)

A. V. Ivanov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Kursk State Medical University (Kursk, Russia) (e-mail: anatomy@mail.ru)

K. F. Makkonen, Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of gynecology, Belgorod State National Research University (Belgorod, Russia) (e-mail: kristma@gmail.com)

S. N. Gontarev, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

MATHEMATICAL MODELS TO PREDICT THE INCIDENCE OF CONGENITAL MALFORMATIONS

Congenital malformations are an important indicator of the state of environment and anthropogenic pollution largely influences the frequency of congenital malformations in newborns. The purpose of this study is to examine the causal relationships between the frequency of congenital malformations of newborns and anthropogenic atmospheric

pollutants by correlation and variance methods and the development of mathematical models for prediction of congenital malformations, depending on the specific pollutants. Correlation and dispersion method were studied communication major anthropogenic atmospheric pollutants with the incidence of congenital malformations among all newborns in the city of Belgorod for 2000-2015 based On the regression method developed predictive models. Installed the greatest impact on the prevalence of congenital malformations of various systems and organs in the atmosphere exceeded the maximum allowable concentration of ammonia and carbon dioxide, with 11 reliable correlations out of the 12 studied nosology and congenital malformations in General. According to variance analysis, the maximum level of the combined effect of anthropogenic pollutants have been identified for congenital malformations of the musculoskeletal system (95.69 per cent), face and neck (94,66%), Central nervous system (of 92.31%), digestive system (93,76%). Created a regression model at the required level to provide a prediction of different forms of congenital malformations, depending on anthropogenic pollutants.

Key words: *congenital malformations, man-made air pollutants, dispersion method, correlation and regression analysis.*

For citation: Agarkov N. M., Kitcha D. I., Subbotina T. I., Ivanov A. V., Makkonen K. F., Gontarev S. N. Mathematical models to predict the incidence of congenital malformations, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 102-108.

***

References

1. Ehkologo-gigienicheskie aspekty formirovaniya vrozhdennyh porokov razvitiya v Kuzbasse / A. V. Bachina, E. V. Kos'kina, L. A. Glebova, L. V. Popkova // Mat' i ditya v Kuzbasse. 2015. № 1. S. 48–52.

2. Vliyanie ehkologicheskoj situacii v Turkestanskom rajone kak faktor riska vrozhdennyh porokov razvitiya / Sh. M. Sejdinov, R. I. Ashurmetov, A. A. Togajbekov [i dr.] // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2015. № 12-9. S. 1621–1624.

3. Sravnitel'naya harakteristika vstrechaemosti razlichnyh vrozhdennyh porokov razvitiya ploda s pozicii ocenki ehkologicheskoj opasnosti v krupnom promyshlennom centre / A. V. Shabaldin, L. A. Glebova, A. V. Bachina [i dr.] // Mat' i ditya v Kuzbasse. 2014. № 4. S. 19–24.

4. Large congenital melanocytic nevi and the risk for development of malignant melanoma and neurocutaneous melanocytosis / F. V. Bittencourt, A. A. Marghoob, A. W. Kopf [et al.] // Pediatrics, 2000, no. 106(4), pp. 736–741.

5. Vsemirnaya Organizaciya Zdravoohraneniya // Informacionnyj byulleten'. 2014. № 370, yanvar'.

6. Tihomirova N. A. Izuchenie vrozhdennyh porokov razvitiya v ramkah social'nogigienicheskogo monitoringa v krupnom promyshlennom regione // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. 2008. № 6. S. 5–7.

7. Chernyaeva T. K., Tihomirova N. A. Vliyanie himicheskogo zagryazneniya okruzhayushchej sredy na risk razvitiya vrozhdennyh anomalij // Medicinskij al'manah. 2009. № 2. S. 176–177.

8. Chernyh A. M., Selyutina M. Yu., Goryainova I. L. Monitoring vrozhdennyh porokov razvitiya u detej v Kurskoj oblasti // Gigiena i sanitariya. 2012. № 5. S. 54–55.

9. Alshinbaev K. S. Gigienicheskaya ocenka sostoyaniya zdorov'ya naseleniya g. Turkestana // Habarshy MKTU im. Yasavi. 2010. № 6(72). S. 213–216.

10. Seryogin S. P., Zabrovskij A. N., Mishustin V. N. Mnogokriterial'noe matematicheskoe modelirovanie i prognozirovanie rasprostranennosti zlokachestvennyh novoobrazovanij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 2 (41), ch. 1. S. 41–49.

УДК 616-053.2+618.1/.2

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

Г. Н. Кислюк, канд. мед. наук, доцент, Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия) (e-mail: galina-kislyuk@mail.ru)

С. Г. Воротынцев, канд. мед. наук, заместитель гл. врача по педиатрической помощи ОБУЗ ОПЦ (Курск, Россия) (e-mail: dr.vsg.73@mail.ru)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ДИСПЛАЗИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНФЕКЦИОННЫХ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ

В последние годы во всем мире происходит увеличение числа преждевременных родов с уменьшением гестационного возраста при рождении. Бронхолегочная дисплазия (БЛД) представляет собой заболевание, типичное для недоношенных, и протекает с преимущественным поражением бронхиол и паренхимы легких. Проявляется зависимостью от кислорода, бронхообструктивным синдромом и симптомами дыхательной недостаточности. Цель исследования – определить прогностическую значимость инфекции в развитии и исходов бронхолегочной дисплазии у новорожденных с ОНМТ и ЭНМТ.

Проведен рестоспективный анализ историй болезни 89 новорожденных детей, родившихся в ОБУЗ ОПЦ г. Курска за период с 2011 по 2015 г. Из них 54 новорожденных с БЛД и 35 новорожденных без бронхолегочной дисплазии. Критериями включения в исследование явились: гестационный возраст 33 недели и менее, масса тела 1600 и менее, диагноз – бронхолегочная дисплазия. Изучение структуры инфекционных агентов при бронхолегочной дисплазии показало недостоверное преобладание St. Haematyticus. Достоверно значимой причиной бронхолегочной дисплазии являются такие возбудители, как Enterococcus.faecalis и Klebsiella pneumonia. Enterococcus вызывает развитие патологии средней степени тяжести и классическую форму в 100% случаев. Высока доля среди возбудителей при средней степени тяжести бронхолегочной дисплазии и классической форме Stenotrophomonas maltophilia.

Используя регрессионный анализ для прогнозирования бронхолегочной дисплазии от ведущих возбудителей, разработана математическая модель вероятности развития бронхолегочной дисплазии у новорожденных. Модель статистически достоверна по критерию Фишера ($F_{расч.}$= 70,8, P < 0.01). Проведенное исследование позволило установить, что фактором риска бронхолегочной дисплазии являются различные инфекционные возбудители. Показана структура инфекционных агентов при бронхолегочной дисплазии у новорожденных. Разработанная математическая модель позволяет прогнозировать развитие бронхолегочной дисплазии с требуемым для медико-биологических задач качеством.

Ключевые слова: *бронхолегочная дисплазия, прогнозирование, инфекционные возбудители, регрессионный анализ.*

Ссылка для цитирования: Пошибайлова А. В., Кислюк Г. Н., Воротынцев С. Г. Прогнозирование бронхолегочной дисплазии в зависимости от инфекционных возбудителей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 109–114.

***

В течение последних лет не только в России, но и во всем мире происходит увеличение числа преждевременных родов с тенденцией уменьшения гестационного возраста при рождении. Бронхолегочная дисплазия (БЛД) представляет собой заболевание, которое типично для недоношенных, в первую очередь родившихся ранее 32-х недель гестации [1, 2, 10]. Согласно современному определению, бронхолегочная дисплазия – это полиэтиологическое хроническое заболевание морфологически незрелых легких, развивающееся у новорожденных, главным образом глубоко недоношенных, в результате интенсивной терапии респираторного дистресс-синдрома и/или пневмонии. Протекает с преимущественным поражением бронхиол и паренхимы легких, развитием эмфиземы, фиброза и/или нарушением репликации альвеол. Проявляется зависимостью от кислорода в возрасте 28 суток жизни и старше, бронхообструктивным синдромом и симптомами дыхательной недостаточности и характеризуется специфичными рентгенологическими изменениями в первые месяцы жизни и регрессом кли-

нических проявлений по мере роста ребенка [7–11].

Бронхолегочная дисплазия (БЛД) – важнейшая проблема современной педиатрии. Заболевание сопровождается высокой смертностью в ближайшие сроки после манифестации. У выживших детей нередко формируется тяжелая хроническая патология, в частности обструктивная болезнь легких. В США БЛД преобладает в структуре хронических заболеваний легких у детей [3,4]. Предполагают, что одно из основных условий развития БЛД – токсическое действие избытка кислорода во вдыхаемой смеси [3,5]. Но доказательных исследований по соотношению концентрации кислорода во вдыхаемой смеси с другими патогенетическими факторами, а также по определению порогового значения концентрации кислорода на показатели выживаемости недостаточно. Внутриутробное инфицирование, после рождения переходящее в развернутый инфекционный процесс, а также постнатальные инфекции сказываются на формировании и прогрессировании БЛД у недоношенных младенцев [3, 6]. В то же время в литературе недостаточно изучено влияние инфекции на выживаемость детей с БЛД (3) и мало изучена проблема инфекции как фактора, влияющего на развитие и исходы БЛД.

Цель исследования: определить прогностическую значимость инфекции в развитии и исходов БЛД у новорожденных с ОНМТ и ЭНМТ.

Материалы и методы

Проведен рестоспективный анализ историй болезни 89 новорожденных детей, родившихся в ОБУЗ ОПЦ г.Курска за период с 2011 по 2015 г. Из них 54 новорожденных с БЛД и 35 новорожденных без БЛД. Критериями включения в исследование явились: гестационный возраст 33 недели и менее, масса тела 1600 и менее, диагноз БЛД.

Результаты

Изучение структуры инфекционных агентов при БЛД показало преобладание St.Haemalyticus, однако в сравнении с контролем это различие недостоверно (табл. 1). Однако среди причин БЛД следует назвать Staphylococcus. Часто причиной развития БЛД выступает St. Epidermidis. Достоверно значимой причиной БЛД являются такие возбудители, как Enterococcus. faecalis и Klebsiella pneumonia.

Таблица 1

Структура инфекций при БЛД у новорожденных (абс.ч. %)

	БЛД (54 чел.)	Контр. группа (35 чел.)	
St. Haemalyticus	17 (31%)	10 (28,5%)	
St. Epidermidis	15 (23%)	5 (14%)	
Staph. aureus	6 (11%)	4 (11%)	
St. (Pneum-4; mitior-2)	6 (11%)	0	
Staph. (Saproph-5; gallinarum-3; kloosii-2; Lutunensis-1; scapitis-1; chromogenes-2)	14 (26%)	St. Saproph-1; gallinarum-2; Lutunensis-1; scapitis-3; chromogenes-1)	5 (14%)
E. Coli	6 (11%)	3 (8,5%)	
Enterococcus.faecalis	21 (39%)	4 (11%)	
Klebsiella pneumoniae	27 (50%)	6 (17%)	
Klebsiella oxitoca	2 (4%)	0	
Enterococcus (casseliflavus, faecium)	2(4%)	0	

Окончание табл. 1

	БЛД (54 чел.)	Контр. группа (35 чел.)
Enterobacter(клоаке-4; faeciem-1; aerogenes-6)	10 (18,5%)	1(3%)
Stenotrophomonas maltophilia	7 (13%)	0
Токсоплазма	3 (5,5%)	0
Герпесс	10 (18,5%)	4
ЦМВ	8 (15%)	0
Кандид	10 (18%)	3 (8,5%)

Изученные возбудители имели достоверные различия в частоте встречаемости при различной степени БЛД у детей (табл. 2) и форме патологии (классическая и новая). Так, удельный вес St.Haemalyticus достоверно чаще выступает причиной развития БЛД средней степени и классической формы. Аналогичный вывод можно сделать и в отношении других возбудителей – Staph. Epidermidis, Staph. aureus, E. Coli, Klebsiella pneumonia. Обращает внимание, что Enterococcus вызывает развитие патологии средней степени тяжести и классическую форму в 100% случаев. Высока доля среди возбудителей при средней степени тяжести БЛД и классической форме Stenotrophomonas maltophilia.

Таблица 2

Распределение инфекционных возбудителей
при различной степени тяжести и формы БЛД (абс. ч., %)

Факторы Пр. 2-чел. 1-й (%) – от фактора, 2-й (%) – от ст. и формы	Основная группа 54 чел.	Лег. ст. 7 чел. (13%)	Средняя ст. 30 чел. (55,5%)	Тяжелая ст. 17 чел. (31,4%)	Классич. 40 чел. (74%)	Новая 14 чел. (26%)
Staph.Haemalyticus	17(31.4%)	1 (6%) (14%)	12 (70,5%) (40%)	4 (23.5%) (23,5%)	12 (70,5%) (30%)	5 (29,4%) (35,7%)
Staph.Epidermidis	15(27,7%)	2 (3,3%) (28,5%)	7 (47%) (23%)	6 (40%) (35%)	13 (87%) (33%)	2 (13,3%) (14%)
Staph. aureus	6(11,1%)	1 (17%) (14%)	5 (83,3%) (17%)	0	4 (67%) (10%)	2 (33,3%) (14%)
St. (Pneum-4; mitior-2	6(11,1%)	0	5 (83%) (17%)	1 (17%) (6%)	3 (50%) (7,5%)	3 (50%) (21,4%)
Staph. (Saproph-5; gallinarum-5; kloosii-2; Lutunensis-1; scapitis-1; chromogenes-2)	16 (30%)	4 (25%) (57%)	6 (37,5%) (20%)	6 (37,5%) (35%)	13 (81%) (32,5%)	3 (19%) (21%)
E.Coli	6 (11,1)	1 (17%) (14%)	3 (50%) (10%)	2 (33,3%) (12,%)	4 (67%) (10%)	2 (33,3%) (14,2%)
Enterococcus.faecalis	21 (38,8%)	1 (5%) (14%)	10 (48%) (33%)	10 (48%) (59%)	18 (86%) (45%)	3 (14,2%) (21%)

Окончание табл. 2

Факторы Пр. 2-чел. 1-й (%) – от фактора, 2-й (%) – от ст. и формы	Основная группа 54 чел.	Лег. ст. 7 чел. (13%)	Средняя ст. 30 чел. (55,5%)	Тяжелая ст. 17 чел. (31,4%)	Классич. 40 чел. (74%)	Новая 14 чел. (26%)
Klebsiella pneumoniae	27 (50%)	2 (7,4%) (28,5%)	15 (55,5%) (50%)	10 (30%) (59%)	22 (81%) (55%)	5 (18,5%) (36%)
Klebsiella oxitoca	2 (3,7%)	0	1 (50%) (3,3%)	1 (50%) (6%)	1 (50%) (2,5%)	1 (50%) (7%)
Enterococcus (casseli-flavus, faecium)	2(3,7%)	0	2 (100%) (7%)	0	2 (100%) (5%)	0
Enterobacter (клоаке-4; faeciem-1; aerogenes-5)	11 (18,5%)	2 (18%) (28,5%)	8 (73%) (27%)	1 (9%) (6%)	8 (73%) (20%)	3 (27%) (21%)
Stenotrophomonas maltophilia	7 (12,9)	1 (14%) (14%)	5 (71%) (17%)	1 (14%) (6%)	5 (71%) (12,5%)	2 (28,5%) (14%)
Токсоплазма	3(5,5)	0	2 (67%) (7%)	1 (33%) (6%)	2 (67%) (5%)	1 (33%) (7%)
Герпесс	10 (18.5%)	0	9 (90%) (30%)	1 (10%) (6%)	4 (40%) (10%)	6 (60%) (43%)
ЦМВ	8 (14,8%)	0	6 (75%) (86%)	2 (25%) (12%)	3 (37,5%) (7,5%)	5 (62,5%) (36%)
Кандид	10 (18,5%)	1 (10%) (14%)	5 (50%) (17%)	4 (40%) (23,5%)	6 (60%) (15%)	4 (40%) (28,5%)

Используя регрессионный анализ для прогнозирования БЛД от ведущих возбудителей, разработана математическая модель:

$$У = 30,851 + 4,871x_1 + 11,723x_2 + +7,926x_3 + 11,234x_4,$$

где у – вероятность развития БЛД;

x_1 – Staph.Haemalyticus;

x_2 – Staph. Aureus;

x_3 – Enterococcus.faecalis;

x_4 – Klebsiella pneumonia.

Модель статистически достоверна по критерию Фишера ($F_{расч.} = 70,8$, $P < 0,01$).

Таким образом, проведенное исследование позволило установить, что фактором риска БЛД являются различные инфекционные возбудители. Показана структура инфекционных агентов при БЛД у новорожденных. Разработанная математическая модель позволяет прогнозировать развитие БЛД с требуемым для медико-биологических задач качеством.

Список литературы

1. Овсянников Д. Ю. Острые респираторные инфекции у детей: учебно-методическое пособие к изучению курса «Детские болезни». М.: Изд-во РУДН, 2009. С. 40–41.

2. Овсянников Д. Ю. Бронхолегочная дисплазия – фактор риска тяжелого течения респираторно-синцитиальной вирусной инфекции у детей // Педиатрическая фармакология. 2009. Т. 6, № 4. С. 86–98.

3. Делягин В. М., Евсикова Н. П., Терещенко М. Н. Факторы, определяющие исходы при тяжелой бронхолегочной дисплазии // Современные техноло-

гии в диагностике и лечении. 2009. № 2. С. 24–35.

4. Health Newsflash Bronchopulmonary dysplasia, 2005 [Electronic resourse]. URL: http://www.healthnewsflash.com/conditions/bronchopulmonary _ dysplasia.php#intro.

5. Овсянников Д. Ю., Петрук Н. И., Кузьменко Л. Г. Бронхолегочная дисплазия у детей // Педиатрия. 2004. № 1. С. 91–94.

6. Смагин А. Ю. Бронхолегочная дисплазия у недоношенных новорожденных детей: дис. …. канд. мед. наук. М., 2004. С. 14–23.

7. Павлинова Е. Б. Бронхолегочная дисплазия: современное состояние проблемы (обзор литературы) // Омский научный вестник. 2011. № 1(104). С. 37–40.

8. Реброва Т.Н. Изучение факторов риска в формировании бронхолегочной дисплазии новорожденного // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2016. Т. 6, № 6. С. 1238–1240.

9. Классификация клинических форм бронхолегочных заболеваний у детей. М.: Российское респираторное общество, 2009. 18 с.

10. Прогностические факторы риска формирования бронхолегочной дисплазии у недоношенных младенцев / П. В. Панов, Л. Д. Панова, Е. В. Ярукова, Э. Н. Ахмадеева // Оригинальные статьи, перинатология и неонатология, практическая медицина. 2016. № 3(95). С. 45–53.

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

Поступила в редакцию 12.04.17

UDC 616-053.2+618.1/.2

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

G. N. Kislyuk, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kursk State Medical University (Kursk, Russia) (e-mail: galina-kislyuk@mail.ru)

S. G. Vorotyntsev, Candidate of Medical Sciences, physician on pediatric care, OBUZ OPT (Kursk, Russia) (e-mail: dr.vsg.73@mail.ru)

PREDICTION OF BRONCHOPULMONARY DYSPLASIA DEPENDING ON THE INFECTIOUS AGENTS

During recent years, worldwide there is an increase in the number of premature births with decreasing gestational age at birth. Bronchopulmonary dysplasia is a disease typical of prematurity. Proceeds with a primary lesion of the bronchioles and parenchyma of the lungs. Evident dependence on oxygen, broncho-obstructive syndrome and respiratory failure symptoms. The aim of the study was to determine the prognostic significance of infection in the development and outcome of bronchopulmonary dysplasia in newborns with VLBW and ELBW. Held restrospectively analysis of medical records of 89 infants born in OBUZ OPTS of Kursk in the period from 2011 to 2015. Of these, 54 infants with BPD and 35 infants without bronchopulmonary dysplasia. The inclusion criteria in the study were gestational age of 33 weeks. and less and the body weight of 1600 or less, the diagnosis of bronchopulmonary dysplasia. The study of the structure of infectious agents in bronchopulmonary dysplasia showed the predominance of unauthentic St. Haemalyticus. Significantly important cause of bronchopulmonary dysplasia are such pathogens as Enterococcus. faecalis and Klebsiella pneumonia. Enterococcus causes the development of pathology of moderate severity and a classic shape in 100% of cases. A high proportion of pathogens in moderate bronchopulmonary dysplasia

and classic shape Stenotrophomonas maltophilia. Using regression analysis for prediction of bronchopulmonary dysplasia from leading agents developed a mathematical model of the probability of bronchopulmonary dysplasia in newborns. The model is statistically significant by the Fisher test (Fрасч.=Of 70.8, P<0.01). The conducted research allowed to establish that a risk factor for bronchopulmonary dysplasia are different infectious agents. Shows the structure of infectious agents in bronchopulmonary dysplasia in newborns. The developed mathematical model allows to predict the development of bronchopulmonary dysplasia required for medico-biological problems quality.

Key words: *bronchopulmonary dysplasia, prediction, infectious agents, regression analysis.*

For citation: Poshivailova A. V., Kislyuk G. N., Vorotyntsev S. G. Prediction of bronchopulmonary dysplasia depending on the infectious agents, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 109-114.

***

References

1. Ovsyannikov D. Yu. Ostrye respiratornye infekcii u detej: uchebno-metodicheskoe posobie k izucheniyu kursa «Detskie bolezni». M.: Izd-vo RUDN, 2009. S. 40–41.

2. Ovsyannikov D. Yu. Bronholegochnaya displaziya – faktor riska tyazhelogo techeniya respiratorno-sincitial'noj virusnoj infekcii u detej // Pediatricheskaya farmakologiya. 2009. T. 6, № 4. S. 86–98.

3. Delyagin V. M., Evsikova N. P., Tereshchenko M. N. Faktory, opredelyayushchie iskhody pri tyazheloj bronholegochnoj displazii // Sovremennye tekhnologii v diagnostike i lechenii. 2009. № 2. S. 24–35.

4. Health Newsflash Bronchopulmonary dysplasia, 2005 [Electronic resourse]. URL: http://www.healthnewsflash.com/ conditions/bronchopulmonary _ dysplasia. php#intro.

5. Ovsyannikov D. Yu., Petruk N. I., Kuz'menko L. G. Bronholegochnaya displaziya u detej // Pediatriya. 2004. № 1. S. 91–94.

6. Smagin A. Yu. Bronholegochnaya displaziya u nedonoshennyh novorozhdennyh detej: dis. …. kand. med. nauk. M., 2004. S. 14–23.

7. Pavlinova E. B. Bronholegochnaya displaziya: sovremennoe sostoyanie problemy (obzor literatury) // Omskij nauchnyj vestnik. 2011. № 1(104). S. 37–40.

8. Rebrova T. N. Izuchenie faktorov riska v formirovanii bronholegochnoj displazii novorozhdennogo // Byulleten' medicinskih Internet-konferencij. 2016. T. 6, № 6. S. 1238–1240.

9. Klassifikaciya klinicheskih form bronholegochnyh zabolevanij u detej. M.: Rossijskoe respiratornoe obshchestvo, 2009. 18 s.

10. Prognosticheskie faktory riska formirovaniya bronholegochnoj displazii u nedonoshennyh mladencev / P. V. Panov, L. D. Panova, E. V. Yarukova, Eh. N. Ahmadeeva // Original'nye stat'i, perinatologiya i neonatologiya, prakticheskaya medicina. 2016. № 3(95). S. 45–53.

11. Seryogin S. P., Zabrovskij A. N., Mishustin V. N. Mnogokriteral'noe matematicheskoe modelirovanie i prognozirovanie rasprostranennosti zlokachestvennyh novoobrazovanij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 2 (41), ch. 1. S. 41–49.

УДК 618.7: 618.145-048

Д. И. Кича, д-р мед. наук, профессор, Российский университет дружбы народов» (Москва, Россия) (e-mail: d_kicha@mail.ru)

В. А. Иванов, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия) (e-mail: anatomy@mail.ru)

В. Д. Луценко, д-р мед. наук, профессор, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Белгород, Россия) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Л. В. Щульга, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: LeonS@mail.ru)

А. П. Яковлев, д-р мед. наук, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

А. В. Иванов, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия) (e-mail: anatomy@mail.ru)

ДИСКРИМИНАНТНЫЙ МЕТОД В КЛАССИФИКАЦИИ БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ САЛЬПИНГООФОРИТОМ И ЗДОРОВЫХ

Среди гинекологических пациентов, госпитализированных в госпиталь Hartford с воспалительными заболеваниями органов малого таза, включая сальпингоофорит, их удельный вес составил 50%, а в общей структуре акушерских и гинекологических пациентов – 29%. Пациентки с острым воспалением придатков матки и здоровые женщины не отличаются по величине фагоцитарной активности лейкоцитов периферической крови, условно к первому классу относили указанные показатели здоровых лиц, а ко второму классу – параметры больных.

Используя дискриминантный анализ, установили значения для классификационных функций каждого класса. Получены коэффициенты классификационных функций. На основе дискриминантного метода получены математические модели для первого и второго классов. Полученные математические модели обладают достаточной безошибочной классификацией рассматриваемых объектов. Согласно расстоянию Махаланобиса ошибочно классифицированных больных острым сальпингоофоритом, отнесенных к классу здоровых, – 12,0%. Количество же здоровых женщин, ошибочно включенных во второй класс, составляет 14,0%. Это указывает на хорошее качество срабатывания математических моделей.

Такой уровень безошибочной классификации в подобного рода задачах является допустимым и в сравнении с параметрами фагоцитарной активности лейкоцитов на системном уровне значительно выше. Это свидетельствует о более важной диагностической значимости показателей фагоцитарной активности лейкоцитов в вагинально-цервикальном секрете, чем в периферической крови.

Компьютерное моделирование диагностики острого сальпингоофорита по показателям фагоцитарной активности лейкоцитов и гуморального иммунитета в вагинально-цервикальном секрете позволило синтезировать сетевую модель рационального выявления данной патологии в соответствии с величиной информативности иммунологических параметров.

Ключевые слова: *дискриминантный метод, острый сальпингоофорит, диагностика.*

Ссылка для цитирования:, Дискриминантный метод в классификации больных острым сальпингоофоритом и здоровых / Д. И. Кича, В. А. Иванов, В. Д. Луценко, Л. В. Щульга, А. П. Яковлев, А. В. Иванов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Том 7, № 2(23). С. 8–16.

***

Среди гинекологических пациентов, госпитализированных в госпиталь Hartford с воспалительными заболеваниями органов малого таза, включая сальпингоофорит, их удельный вес составил 50% [7], а в общей структуре акушерских и гинекологических пациентов – 29%. В США за период 1998–2005 гг. гинекологические заболевания послужили причиной 7% всех стационарных госпитализаций женщин репродуктивного возраста и 14% всех госпитализаций женщин 45-54 лет [8]. При этом частота заболеваний яичников составила в различных возрастных группах от 4,8 случая (в 45-54 года) до 8,1 случая на 10 000 женщин в возрастной категории 25–44 года. За исследуемый период распространенность

данной патологии снизилась достоверно во всех возрастных группах, но наиболее существенно у женщин 15-24 лет. ВЗОМТ, по данным госпитализации, встречались с частотой 6,1 случая на 10 000 женщин, достигая максимальных значений в репродуктивном возрасте. Так, в возрасте 25-44 года их уровень составил 7,1 случая в 1998–2005 гг. и в 15–24 года – 6,5 случая на 10 000 женщин в 1998–2005 гг. [8, 9].

Исходя, как и в предыдущих случаях, из того, что пациентки с острым воспалением придатков матки и здоровые женщины не отличаются по величине фагоцитарной активности лейкоцитов периферической крови, условно к первому классу относили указанные показатели здоровых лиц, а ко второму классу – параметры больных. Используя дискриминантный анализ, установили значения для классификационных функций для каждого класса. Коэффициенты классификационных функций для процента фагоцитоза в первом и втором классе соответственно равны –131,4 и –80,07. Для другой составляющей фагоцитарного звена иммунитета на системном уровне (теста НСТ-ст.) они соответственно равны 236,7 и 155,42. Величина константы составила в классе здоровых женщин - 16939,4, а в классе больных острым сальпингоофоритом всего –7619,11, то есть в обоих случаях имела отрицательные значения.

Дискриминантный метод позволил получить следующую математическую модель для второго класса:

$$y_{12} = -80{,}07x_{15} + 155{,}42x_{16} - 7619{,}11;$$

для первого класса:

$$y_{11} = -131{,}4x_{15} + 236{,}7x_{16} - 16939{,}4,$$

где x_{15} – процент фагоцитоза в периферической крови;

x_{16} – тест НСТ-ст. для периферической крови.

Полученные математические модели обладают достаточной безошибочной классификацией рассматриваемых объектов. Согласно расстоянию Махаланобиса (табл. 1) количество ошибочно классифицированных больных острым сальпингоофоритом, отнесенных к классу здоровых, составило 12,0%. Количество же здоровых женщин, ошибочно включенных во второй класс, составляет 14,0%. Это указывает на хорошее качество срабатывания математических моделей.

Таблица 1

Величины расстояния Махаланобиса для классифицируемых классов по показателям фагоцитарной активности лейкоцитов периферической крови

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	3,652	3905,526
2	G_1:0	0,855	3747,829
3	G_1:0	1,733	3599,808
4	G_1:0	2,388	3571,410
5	G_1:0	1,521	3907,820
6	G_1:0	0,208	3751,606
7	G_1:0	1,320	3884,567
8	G_1:0	1,849	3882,570
9	G_1:0	1,064	3654,880
10	G_1:0	0,540	3667,144
11	G_2:1	3839,135	4,935

Окончание табл. 1

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
12	G_2:1	3843,862	2,883
13	G_2:1	3841,298	0,481
14	G_2:1	3757,773	0,012
15	G_2:1	3685,403	0,436
16	G_2:1	3698,665	0,909
17	G_2:1	3547,465	3,820
18	G_2:1	3904,041	4,331
19	G_2:1	3630,661	2,061
20	G_2:1	3830,595	0,991

Отобранные в соответствии с процедурой многокритериальной математической оценки диагностически значимые показатели фагоцитарной активности в вагинально-цервикальной слизи для пациенток с острым сальпингоофоритом подвергнуты дискриминантному анализу. Компьютерная обработка с помощью указанного метода позволила рассчитать коэффициенты классификационных функций для процента фагоцитоза и фагоцитарного индекса. Во втором классе они соответственно составили 12,808 и 35,850 при константе –176,202. Для первого класса коэффициенты классификационных функций равны 15,053 и 111,151, а константа равна –427,639.

С учётом этого математическая модель для больных с рассматриваемой патологией выглядит так:

$$y_{14} = 12{,}808x_{17} + 35{,}850x_{18} - 176{,}202,$$

тогда как для здоровых женщин

$$y_{13} = 15{,}053x_{17} + 111{,}151x_{18} - 427{,}639.$$

Переменным, включённым в математические модели, x_{17} соответствует проценту фагоцитоза, а x_{18} – фагоцитарному индексу.

Безошибочная классификация, согласно расстоянию Махаланобиса (табл. 2), для объектов второго класса составляет 91,3% , а для объектов первого класса – 92,4%.

Таблица 2

Величины расстояния Махаланобиса при дифференциации сравниваемых групп по фагоцитарной активности лейкоцитов на местном уровне

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	2,652	3806,526
2	G_1:0	3,855	3647,729
3	G_1:0	1,833	3699,708
4	G_1:0	2,488	3541,710
5	G_1:0	1,621	3807,920
6	G_1:0	0,308	3651,706
7	G_1:0	1,420	3824,567
8	G_1:0	1,749	3852,540
9	G_1:0	1,054	3604,882
10	G_1:0	0,508	3657,124

Окончание табл. 2

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
11	G_2:1	3849,145	4,845
12	G_2:1	3943,762	2,783
13	G_2:1	3844,398	0,582
14	G_2:1	3657,743	0,112
15	G_2:1	3585,203	0,448
16	G_2:1	3608,665	0,989
17	G_2:1	3537,365	3,721
18	G_2:1	3804,044	4,231
19	G_2:1	3530,661	2,462
20	G_2:1	3730,595	0,984

Такой уровень безошибочной классификации в подобного рода задачах является допустимым и в сравнении с параметрами фагоцитарной активности лейкоцитов на системном уровне значительно выше. Это свидетельствует о более важной диагностической значимости показателей фагоцитарной активности лейкоцитов в вагинально-цервикальном секрете, чем в периферической крови. При построении математических моделей по показателям гуморального иммунитета в вагинально-цервикальном секрете использовался уровень Ig M и sIg A у больных и здоровых женщин. С помощью пакета дискриминантного анализа определили значения коэффициентов классификационных функций для второго и первого класса. Для пациенток с острым сальпингоофоритом данные коэффициенты составили для содержания Ig M (x_{19}) и sIg A (x_{20}) на локальном уровне 12 269,81 и 12 489,22 при константе –189,75. У здоровых женщин коэффициенты классификационных функций соответственно равны 7 185,37 и 11 084,88 при константе –134,25.

В результате дискриминантного анализа получили статистические модели для второго класса (больные острым сальпингоофоритом)

$$y_{16} = 12\,269{,}81x_{19} + 12\,489{,}22x_{20} - 189{,}75$$

и для первого класса (здоровые женщины)

$$y_{15} = 7\,185{,}37x_{19} + 11\,084{,}88x_{20} - 134{,}25.$$

По рассмотренным выше ведущим параметрам гуморального иммунитета местного уровня, входящим в математические модели, и расстоянию Махаланобиса (табл. 3) установлено, что число ошибочно классифицированных больных острым сальпингоофоритом, отнесенных к первому классу, составляет 6,9%. Удельный вес же здоровых женщин, ошибочно отнесённых к классу больных (объекты второго класса), составляет 8,8%.

Таблица 3

Величины расстояния Махаланобиса при классификации биообъектов по ведущим параметрам гуморального иммунитета в вагинально-цервикальной слизи

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	3,65369	38,15080
2	G_1:0	3,75404	15,10471

Окончание табл. 3

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
3	G_1:0	0,90522	19,61608
4	G_1:0	0,90120	37,14113
5	G_1:0	0,67109	23,93346
6	G_1:0	0,01864	26,08970
7	G_1:0	0,67109	23,93346
8	G_1:0	2,25560	22,70929
9	G_1:0	3,31119	45,16849
10	G_1:0	2,21947	32,84204
11	G_2:1	24,83877	0,06547
12	G_2:1	39,05789	1,30703
13	G_2:1	21,88872	1,66692
14	G_2:1	33,17294	1,03945
15	G_2:1	43,46936	3,97568
16	G_2:1	22,82167	0,85705
17	G_2:1	9,06413	4,62857
18	G_2:1	18,46684	1,05372
19	G_2:1	43,39845	2,83892
20	G_2:1	27,78793	0,20595

Компьютерное моделирование диагностики острого сальпингоофорита по показателям фагоцитарной активности лейкоцитов и гуморального иммунитета в вагинально-цервикальном секрете позволило синтезировать сетевую модель рационального выявления данной патологии в соответствии с величиной информативности иммунологических параметров (рис. 1).

В структуре сетевой модели выделялись переходы (d) и узлы (b), в качестве которых компьютерной программой отобраны:

b_0 – начало обследования пациенток;

b_1 – изучение показателей фагоцитарной активности лейкоцитов на местном уровне;

b_2 – определение содержания иммуноглобулинов в вагинально-цервикальной слизи;

b_3 – определение процента фагоцитоза;

b_4 – уровень IgM;

b_5 – фагоцитарный индекс;

b_6 – содержание sIgA;

b_7 – постановка диагноза острого сальпингоофорита.

При построении математических моделей по составляющим синдрома эндогенной интоксикации учитывались диагностически значимые показатели.

При хроническом сальпингоофорите в вагинально-цервикальном секрете повышается уровень интерлейкина–1-альфа, интерлейкина–8, интерлейкина–10 [1]. У пациенток с острым сальпингоофоритом в вагинально-цервикальном секрете снижается концентрация интерлейкина–10, 18 и повышается уровень интерлейкина–1-бета, интерлейкина–2, 6, 8 [2]. Использование кластерного анализа позволило выявить, что в остром периоде имеет место сгруппированность показателей иммунного статуса по 4-м кластерам, а в условиях обострения хронического сальпингоофорита таких кластеров 7.

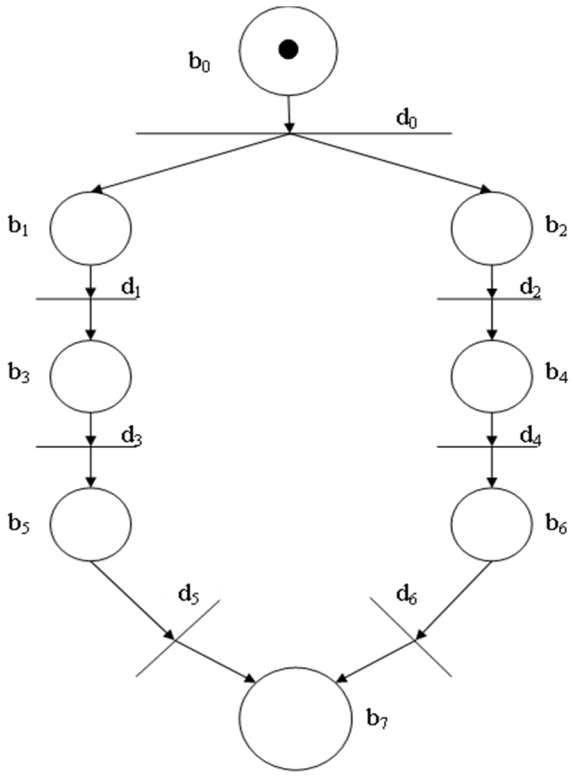

Рис. Модель рациональной диагностики острого сальпингоофорита по диагностически значимым параметрам фагоцитарной активности лейкоцитов и гуморального иммунитета в вагинально-цервикальной слизи

Изучение местного иммунитета у пациенток с острым сальпингоофоритом показало нарушение его функционирования за счёт увеличения почти в 2,5 раза Ig G (до 1765 мкг/мл), а также Ig M (до 22,5 мкг/мл), уменьшение или отсутствие sIg A, увеличение лизоцима (до 11,3 ± ± 6,6 ЕД/мл) [4].

На системном уровне изменения иммунной системы у женщин в период обострения хронического сальпингоофорита лёгкой степени тяжести наблюдались в виде увеличения показателей функционально-метаболической активности нейтрофилов, концентрации компонентов C_3 и C_4 системы комплемента, Ig G, а также фактора некроза опухоли – α и интерлейкина–1β [6]. При средней и тяжёлой степени хронического сальпингоофорита в период обострения наблюдались стойкие нарушения со стороны иммунной системы как на системном, так и на локальном уровнях, сохранявшиеся в 100% случаев после лечения и в период ремиссии.

В крови больных хроническим сальпингоофоритом при поступлении в клинику выявлена супрессия Т-клеточного звена иммунитета, что проявляется снижением количества Т-хелперов, цитотоксических Т-клеток, NK-клеток и клеток-маркеров ранней активации и повышением клеток-маркеров фактора апоптоза [3].

Исследование показателей клеточного иммунитета позволило обнаружить при хронических ВЗОМТ снижение общего числа Т-лимфоцитов (CD3+) до 40,2 ± 1,1% в сыворотке [5]. Процентное содержание Т-хелперов / индукторов (CD4+) было также снижено до 30,6 ± 1,4 %. В то же время количество Т-супрессоров (CD8+) уменьшилось незначительно и достоверно не отличалось от контрольных значений. Кроме снижения Т-хелперов незначительно снизился также уровень натуральных киллеров (CD16+).

Список литературы

1. Демиденко В. А. Фармакологическая коррекция иммунных нарушений при хирургическом лечении гнойных осложнений хронического сальпингоофорита: автореф. дис. … канд. мед. наук. Курск, 2008. 22 с.

2. Кеня А. А. Нарушение иммунного гомеостаза у больных с острым и обострением хронического сальпингоофорита: автореф. дис. … канд. мед. наук. Курск, 2010. 21 с.

3. Кобелева Ю. И. Фармакологическая коррекция иммунометаболических нарушений при хроническом сальпингоофорите в стадии обострения: автореф. дис. … канд. мед. наук. Курск, 2011. 20 с.

4. Растегаева И. Н. Клинико-патогенетическое обоснование применения системной энзимтерапии и комбинации естественных цитокинов в комплексном лечении хронических сальпингоофоритов: автореф. дис. … канд. мед. наук. М., 2001. 21 с.

5. Серов В. Н., Царегородцева М. В. Хронические воспалительные заболевания органов малого таза: оценка риска развития аутоиммунной овариальной недостаточности // Российский вестник акушера-гинеколога. 2008. Т. 8, № 5. С. 4–9.

6. Хардиков А. В., Газазян М. Г. Новые подходы к диагностике и лечению хронического сальпингоофорита // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2009. Т. 8, № 2. С. 22–27.

7. Klimek J.J ., Ajemia E. R., Gracewski J., Klemas B., Quintiliani R. A Prospective Analysis of Hospital-Acquired Fever in Obstetric and Gynecologic Patients // JAMA. 1982. Vol. 247, № 24. P. 3340–3343.

8. Whiteman M. K., Kuklina E., Jamieson D. J., Hillis S. D., Marchbanks P. A. Inpatient hospitalization for gynecologic disorders in the United States // American J. of Obstet. 2010. Vol. 202. P. 541–543.

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

Поступила в редакцию 12.04.17

UDC 618.7: 618.145-048

D. I. Kitcha, Doctor of Medical Sciences, Professor, Russian Peoples Friendship University (Moscow, Russia) (e-mail: d_kicha@mail.ru)

V. A. Ivanov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Kursk State Medical University (Kursk, Russia) (e-mail: anatomy@mail.ru)

V. D. Lutsenko, Doctor of Medical Sciences, Professor, Belgorod State National Research University (Belgorod, Russia) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

L. V. Shulga, Doctor of Medical Sciences, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: LeonS@mail.ru)

A. P. Yakovlev, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail e-mail: vitalaxen@mail.ru)

A. V. Ivanov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Kursk State Medical University (Kursk, Russia) (e-mail: anatomy@mail.ru)

DISCRIMINANT METHOD FOR CLASSIFICATION OF PATIENTS WITH ACUTE SALPINGOOPHORITIS AND HEALTHY

Among gynecological patients admitted to Hartford hospital with inflammatory diseases of the pelvic organs, i ncluding oophoritis, their share amounted to 50%, and in the General structure of obstetric and gynecological patients – 29%. Patients with acute inflammation of uterine appendages and healthy women did not differ in the

magnitude of the phagocytic activity of peripheral blood leukocytes, relatively to the first class carried these indicators of healthy individuals, and the second class is the parameters of the patients. Using discriminant analysis, found values for the classification functions for each class. The coefficients of the classification functions. On the basis of the discriminant method the mathematical model for first and second classes. Mathematical models have sufficient error-free classification of objects. According to the Mahalanobis distance, misclassified patients with acute salpingoophoritis, is categorised as healthy -12,0%. The number of healthy women included in the second class, is of 14.0%. This indicates good quality of operation mathematical models. Such level of errors in such tasks is permitted, in comparison with the parameters of phagocytic activity of leukocytes at the system level is much higher. This indicates a more important diagnostic importance of phagocytic activity of leukocytes in the vaginal –cervical secret than in peripheral blood. Computer simulation diagnosis of acute salpingoophoritis on the phagocytic activity of leukocytes and humoral immunity in vaginal – cervical secret allowed us to synthesize a network model of rational detection of this pathology in accordance with the magnitude of the informative value of immunological parameters.

Key words: *discriminant method, acute oophoritis, diagnosis.*

For citation: Kitcha D. I., Ivanov V. A., Lutsenko V. D., Shulga L. V., Yakovlev A. P., Ivanov A. V. Discriminant method for classification of patients with acute salpingoophoritis and healthy, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 115-122.

***

References

1. Demidenko V. A. Farmakologicheskaya korrekciya immunnyh narushenij pri hirurgicheskom lechenii gnojnyh oslozhnenij hronicheskogo sal'pingooforita: avtoref. dis. … kand. med. nauk. Kursk, 2008. 22 s.

2. Kenya A. A. Narushenie immunnogo gomeostaza u bol'nyh s ostrym i obostreniem hronicheskogo sal'pingooforita: avtoref. dis. … kand. med. nauk. Kursk, 2010. 21 s.

3. Kobeleva Yu. I. Farmakologicheskaya korrekciya immunometabolicheskih narushenij pri hronicheskom sal'pingooforite v stadii obostreniya: avtoref. dis. … kand. med. nauk. Kursk, 2011. 20 s.

4. Rastegaeva I. N. Kliniko-patogeneticheskoe obosnovanie primeneniya sistemnoj ehnzimterapii i kombinacii estestvennyh citokinov v kompleksnom lechenii hronicheskih sal'pingooforitov: avtoref. dis. … kand. med. nauk. M., 2001. 21 s.

5. Serov V. N., Caregorodceva M. V. Hronicheskie vospalitel'nye zabolevaniya organov malogo taza: ocenka riska razvitiya autoimmunnoj ovarial'noj nedostatochnosti // Rossijskij vestnik akushera-ginekologa. 2008. T. 8, № 5. S. 4–9.

6. Hardikov A. V., Gazazyan M. G. Novye podhody k diagnostike i lecheniyu hronicheskogo sal'pingooforita // Voprosy ginekologii, akusherstva i perinatologii. 2009. T. 8, № 2. S. 22–27.

7. Klimek J. J., Ajemia E. R., Gracewski J., Klemas B., Quintiliani R. A Prospective Analysis of Hospital-Acquired Fever in Obstetric and Gynecologic Patients // JAMA. 1982. Vol. 247, № 24. P. 3340–3343.

8. Whiteman M. K., Kuklina E., Jamieson D. J., Hillis S. D., Marchbanks P. A. Inpatient hospitalization for gynecologic disorders in the United States // American J. of Obstet. 2010. Vol. 202. P. 541–543.

9. Seryogin S. P., Zabrovskij A. N., Mishustin V. N. Mnogokriteral'noe matematicheskoe modelirovanie i prognozirovanie rasprostranennosti zlokachestvennyh novoobrazovanij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 2 (41), ch. 1. S. 41–49.

УДК 004.67+616-004

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

Т. А. Дронова, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия) (e-mail: tatiana.a.dronova@mail.ru)

Н. М. Калугина, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: nat91art@mail.ru)

А. А. Бойцов, студент, Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия) (e-mail: boitcov@mail.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В АВТОМАТИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКО-ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Министерство здравоохранения приоритетным направлением развития медицины в Российской Федерации признало информатизацию и компьютеризацию всех аспектов диагностико-терапевтического обслуживания населения страны. Приобретает актуальность поиск новых подходов медицинской кибернетики для анализа состояния пациента на различных этапах медицинского обслуживания.

Наряду с непосредственно регистрируемыми показателями состояния пациента (температура, давление, пульс и т.п.) в клинической медицине находят применение различные по информативности множества обязательно рекомендуемых и специфических факторов. Интегральные, системные показатели, вычисляемые на их основе, позволяют идентифицировать и классифицировать характер патологического нарушения, выявить определенное заболевание и проследить траекторию терапевтического воздействия в процессе лечения.

В статье представлены результаты исследования показателей системной организации (максимальный градиент функциональных различий, коэффициент вариации относительных значений, показатель стабильности системной организации функций) в качестве классификаторов происходящих в организме изменений во время различных терапий на примере цирроза печени. Показано, что предлагаемые показатели позволяют оценивать общее функциональное состояние организма и различать стадии развития патологического процесса при различных терапевтических воздействиях. Приведен алгоритм формирования набора информативных характеристик по значениям показателей качества системной организации. Отмечается, что предлагаемые системные показатели представляют собой интегральную оценку и позволяют тем самым качественно анализировать происходящие в процессе терапии изменения при наличии артефактов в одной или нескольких регистрируемых характеристиках. Анализ результатов терапевтических воздействий предпочтительнее осуществлять с помощью показателя «Множественный градиент функциональных различий», отражающего изменения в корреляциях функционирования различных систем, полимодально реагирующих на терапию.

Область применения – проектирование баз знаний медицинских экспертных систем или систем поддержки диагностических решений автоматизированных рабочих мест медицинских работников.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, автоматизированные системы диагностики, показатели системной организации, медицина.*

Ссылка для цитирования: Применение показателей системной организации в автоматизации диагностико-терапевтического процесса / М. В. Артеменко, Т. А. Дронова, Н. М. Калугина, А. А. Бойцов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 2(23). С. 123–134.

***

В настоящее время наблюдается тенденция перенесения достижений научно-технического прогресса в сугубо гуманитарную деятельность человеческого социума, представителем которого является обеспечение населения качественной медициной. В связи с этим Министерство здравоохранения в качестве приоритетного направления повышения результативности и качества медицинского обслуживания населения определило интенсификацию разработок в области применения информационных и компьютерных технологий в медицине (клинической, превентивной и профилактической) [1]. Компьютеризация медицины делает актуальным поиск новых подходов по применению достижений математики в области обработки (как правило, однократно) индивидуальной регистри-

руемой многопараметрической информации статистически небольшого объема, характерной для медицинского анализа состояния пациента в ходе принятия решений на различных этапах диагностико-терапевтического процесса

В любой момент времени состояние организма метрологически характеризуется набором значений определенных факторов. Наряду с общефункциональными факторами (температура, давление, пульс и т.п.) в практической медицине для различных заболеваний организма, физиологических систем или органа существуют наборы обязательных и рекомендуемых специфических факторов. Если общефункциональные факторы позволяют анализировать общее функциональное состояние организма, его системное физиологическое напряжение (например, работы школ Баевского, А. В. Завьялова [2, 3]), то анализ специфических факторов позволяет локализовать причину нарушения общего функционального состояния, т. е. идентифицировать характер патологического нарушения, выявить определенное заболевание и (или) проследить траекторию терапевтического воздействия в процессе лечения.

Для оценки системного общефункционального статуса конкретного человека школой А. В. Завьялова предлагается использовать такие показатели, как: максимальный градиент функциональных различий (МГФР), показатель стабильности системной организации функций (ПССОФ), коэффициент вариации относительных значений анализируемых факторов (КВОЗ) [4]. Показано, что определенным диапазонам значений ПССОФ соответствуют определенные характеристики функционального состояния (стабильное состояние, дисбаланс взаимоотношений функций, высокий уровень напряжения и рассогласования регуляторных механизмов межсистемной организации и т.п.)

Основываясь на принципе иерархичности системного анализа, можно предположить, что оценкой статуса конкретного патологического процесса должны служить поддиапазоны значений ПССОФ, полученных путем анализа (свертки по формуле вычисления ПССОФ) зарегистрированных специфических факторов.

Аналогичная идеология касается и применения показателей МГФР и КВОЗ. Первый позволяет оценить изменения в системной организации функционирования различных структур (подсистем) организма в процессах развития заболевания и/или определенной терапии. Второй – насколько вариации регистрируемых показателей далеки от некоторой нормы. Если анализируемая вариация статистически значимо больше вариации здорового организма, то это означает, что системные связи в организме существенно нарушены и практически нарушен в нем жизненно важный, поддерживающий необходимый адаптационный уровень баланс отрицательных и положительных связей между различными функциональными системами (и-или органами), что приводит к «раскачке» организма в сторону обострения патологического процесса, ростом его неуправляемости. На этом этапе организм как бы готовится к переходу в новое гомеостатическое состояние.

Если анализируемая вариация существенно меньше нормативной, то это означает, что баланс обратных связей нарушен в сторону увеличения отрицательных и анализируемая система либо находится в «умирающем» состоянии (практически отсутствует движение – жизнь), либо потеряны или снижены адаптационные свойства анализируемой функциональной системы (например, старость, СПИД, гемофилия и т.п.).

Заметим, что похожую смысловую нагрузку несет и показатель относительной энтропии (действительно, входящие в формулу его вычисления частоты нахождения ФС в определенных состояниях связаны с вариативностью – чем

больше вариация, тем больше состояний и меньше значения частот), но он, на наш взгляд, в настоящее время менее пригоден для диагностического процесса по следующим причинам.

Во-первых, энтропия хорошо вычисляется при большом количестве регистрируемых факторов (в противном случае ее значение неинформативно), а одной из проблем практической диагностики является задача максимального снижения размерности факторного пространства без потери качества диагностики (или даже его увеличения).

Во-вторых, в настоящее время не ясно, какой диапазон значений относительной энтропии следует считать нормальным, т. к. предлагаемый в ряде работ диапазон в интервале «золотого сечения» (0,38-0,62) [5, 6] является гипотетическим и слабо изученным в настоящее время.

В-третьих, доказать статистическую отличимость анализируемого КВОЗ от нормативного значения достаточно просто существующими и апробированными статистическими методами (например, по критерию Стьюдента).

Поскольку регистрируемая информация разномодальна и имеет различные единицы измерения, то настоятельно рекомендуется использовать относительные величины, вычисляемые следующим образом:

1) путем деления на максимально возможную величину;

2) путем деления на среднее значение;

3) путем нормирования по дисперсии.

В качестве «нормировщика» в различных работах предлагается рассматривать величины, вычисленные различными способами:

– в рассматриваемом классе заболеваний (или состоянии ФС);

– в некотором базовом состоянии, в группе здоровых (в регионе и/или в большем масштабе) – среднестатистическая коллективная норма;

– собственная «здоровая» норма в непосредственный перед заболеванием момент времени – среднестатистическая индивидуальная норма;

– собственная «здоровая» норма, зарегистрированная в период наиболее «здорового» возраста жизни;

– международные «эталоны» (базы данных которых в настоящее время практически не существует в достаточном объеме).

Вопросам применения указанных системных показателей для диагностики альтернативных классов заболеваний посвящено достаточно много исследований (например, работы [7–11]). Рассмотрим диагностические возможности для фиксации и анализа результатов терапевтических воздействий на примере лечения печени.

При лечении цирроза печени применялось 4 вида терапии, условно обозначенные как «Sctan», «Zecoz», «V», «G» (кодирование обусловливается соблюдением правил медицинской этики и не влияет на сущность проводимых исследований).

В качестве характеристик состояний рассматривались следующие показатели крови:

x1 – тиреотропный гормон (ТТГ);

x2 – АКТГ;

x3 – трийодтиронин (Т3);

x4 – тироксин (Т4);

x5 – кортизол;

x6 – эстрадиол;

x7 – прогестерон;

x8 – лютинизирующий гормон (ЛГ);

x9 – фолликулостимулирующий гормон (ФСГ);

x10 – пролактин;

x11 – альдостерон.

Диагнозы верифицированы в ходе клинико-лабораторных и морфологических исследований.

В таблице 1 представлены результаты расчетов значений рассматриваемых системных показателей, выявленных после различных терапевтических воздействий.

Таблица 1

Показатели системной организации

Класс	ПССОФ	КВОЗ	МГФР (линейные связи)			МГФР (нелинейные связи)		
			Макси-мальное	±Δ	К-во повтор.	Макси-мальное	±Δ	К-во повтор.
Sctan	0±470	0.366±0.06	0	0	11	0	0	11
Zecoz	-40±640	0.448±-0.14	-0,818	0,86	3	-0.636	1.2	2
V	230±420	0.385±0.14	0,636	1,17	2	-0.909	1.16	1
G	-610±460	0.421±0.06	0,909	1,54	0	-0.636	0.9	0

Анализ полученных значений позволяет сделать следующие выводы:

1. По МГФР: в классе линейных и нелинейных структур связей, отображающих связи между регистрируемыми факторами, различаются все виды терапии (в случае линейных структур) и резко выделяется терапия V на фоне «одинаковости» терапий Zecoz и G (в случае нелинейных структур). Для линейного случая от базового класса терапии по возрастанию отличий можно расположить в следующем порядке – V, Zecoz, G; для нелинейных моделей – G, Zecoz, V.

2. По показателю ПССОФ в этом случае наблюдается следующая картина. В базовом классе Sctan наблюдается достаточно большой разброс значений ПССОФ – 470, что говорит нестабильности этого класса. Средние значения ПССОФ в исследуемых классах проведенных терапий позволяют говорить о явных сдвигах в системной организации, хотя и с двумя особенностями: большей близостью терапии Zecoz к базовому классу Sctan (это, возможно, говорит о близости терапевтических воздействий), диаметральной противоположностью терапевтического воздействия V и G (первая смещает значения показателя ПССОФ в положительную сторону – значения большинства регистрируемых факторов превышают базовый уровень, вторая – значительно уменьшает последние). Функция принадлежности в этом случае в первом (линейном) приближении показана на рисунке 1.

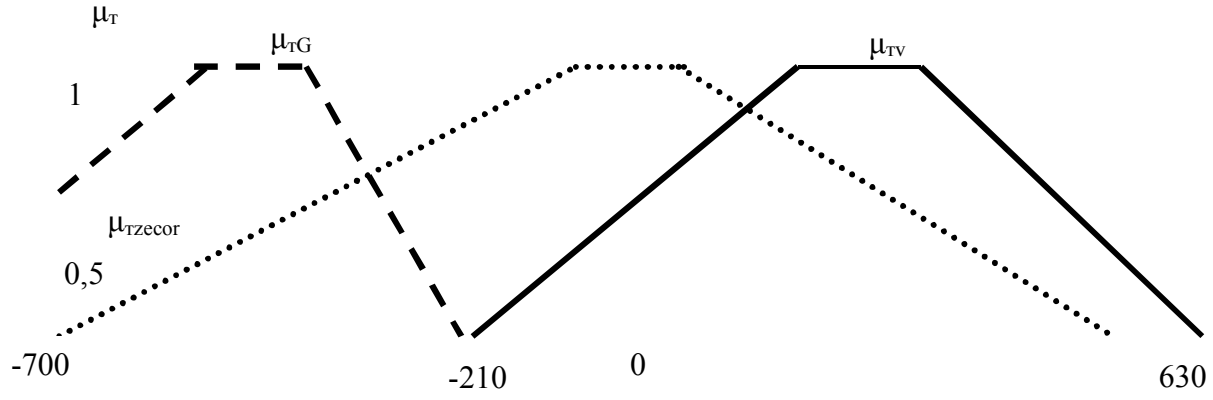

Рис. 1. Функция принадлежности в линейном приближении

Как видно из рисунка 1, по показателю ПССОФ терапия Zecoz занимает некоторое промежуточное состояние между терапиями G и V, с одной стороны, и перекрывает их действие, с другой, оказывая наиболее щадящее действие практически не переводящее организм (рассматриваемую функциональную систему, физиологическую систему, орган) в новое состояние по сравнению с базисным (Sctan). Терапии G и V плавно «переводят» организм из состояния, в котором значения регистрируемых факторов меньше нормативных (базисного класса) (ПССОФ меньше нуля), в состояние, в котором они больше.

3. Проведем аналогичный анализ для показателя КВОЗ.

В данном случае значения КВОЗ в соответствующих классах колеблются в диапазонах: для терапии Zecor – (0,3;0,6), для терапии V – (0,25; 0,53), для терапии G – (0,38; 0,48).

Таким образом, по данному интегральному показателю терапии G и V занимают промежуточное состояние, что хорошо видно на поведении функции принадлежности (рис. 2).

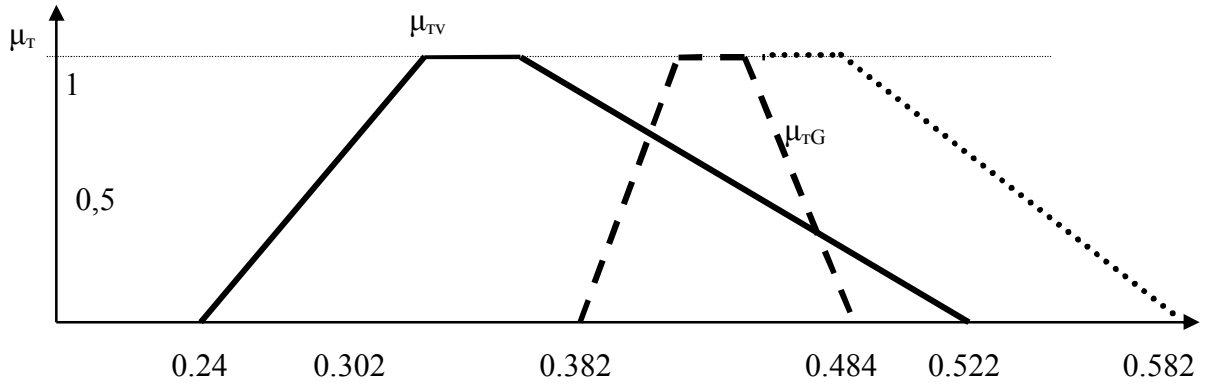

Рис. 2. График поведения функции принадлежности

Таким образом, можно сделать следующий общий гносеологический вывод: показатели системной организации функций ПССОФ и МГФР позволяют не только оценивать общее функциональное состояние организма, но и различать развитие патологического процесса при различных патологических воздействиях.

Рассмотрим, как изменялась системная организация функций в ходе терапии. Результаты анализа матрицы корреляционной связи между анализируемыми показателями после ранжирования по степени влияния представлены в таблице 2.

Таблица 2

Структуры системной организации функции при терапии

Класс (терапия)	Структура моделей	Следование факторов по мощности корреляционных связей в графовой модели структурной организации функций
Sctan	Линейная	X1, x10 – ТТГ, пролактин
	Нелинейная	x10, x1, x11 – пролактин, ТТГ, альдостерон
Zecoz	Линейная	x9, x8, x2, x7, x5, x3, x10 – ФСГ, ЛГ, АКТГ, прогестерон, кортизол, Т3, пролактин
	Нелинейная	x7, x9, x2, x3, x8, x1, x6, x10, x11 – прогестерон, ФСГ, АКТГ, Т3, ЛГ, ТТГ, эстрадиол, пролактин, альдостерон

Окончание табл. 2

Класс (терапия)	Структура моделей	Следование факторов по мощности корреляционных связей в графовой модели структурной организации функций
V	Линейная	x8, x1, x4, x9, x5, x6, x3 – ЛГ, ТТГ, Т4, ФСГ, кортизол, эстрадиол, Т3
	Нелинейная	x1, x4, x5, x11, x9, x7, x6, x8, x3, x2 - ТТГ, Т4, кортизол, альдостерон, ФСГ, прогестерон, эстрадиол, ЛГ, Т3, АКТГ
G	Линейная	x11, x3, x7, x8, x1, x6, x9, x10, x2 – альдостерон, Т3, прогестерон, ЛГ, ТТГ, эстрадиол, ФСГ, пролактин, АКТГ
	Нелинейная	x7, x11, x8, x1, x3, x6, x9 – прогестерон, альдостерон, ЛГ, ТТГ, Т3, эстрадиол, ФСГ

Анализируя приведенную информацию, можно сделать следующие выводы:

• Применение нелинейных структур моделей связей между факторами резко увеличивает количество статистически значимых связей, что позволяет, на наш взгляд, более детально рассматривать изменения системной организации функций в ходе определенного терапевтического воздействия, поскольку в целом анализируемая функциональная (физиологическая) система (орган) во всех случаях терапевтического воздействия находится в исходном типовом классе (одно и то же заболевание, возможно, именно поэтому такие общесистемные показатели, как ПССОФ и КВОЗ, в данном случае ощутимо перекрываются – см. выше).

• В различных рассматриваемых терапиях в среднем (линейные и нелинейные структуры) заметно изменение порядка системообразующих факторов (согласно терминологии А. В. Завьялова) для: Sctan – пролактин, ТТГ, Zecoz – прогестерон, ФСГ, АКТГ, V – ЛГ, ТТГ и Т4, G – прогестерон, альдостерон. Это, во-первых, подчеркивает физиологическое отличие итога воздействия различных терапий; во-вторых, отражает их близость по воздействию на процессы, «отвечающие» за выработку определенных гормонов; в-третьих, подтверждает возможность анализа терапевтического воздействия на систему в целом, тем самым позволяет анализировать как отличия между терапевтическими воздействиями, так и их общность и возможность анализа, насколько «далеко уходит» организм (функциональная система, патология) от исходного состояния и приближается к здоровому статусу для каждого случая.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что в терапии предпочтительнее применять анализ графовой модели связности (рекомендуется алгоритм идентификации нелинейных структур моделей связей между регистрируемыми факторами с селекцией наилучших) и МГФР.

Заметим, что увеличение количества анализируемых факторов может приводить как к улучшению качества анализа, так и к ухудшению, поскольку неинформативные в данном отношении факторы не только усложняют процесс принятия решения (увеличивая мощность мнококритериальности), но и приносят «шумовую», «лишнюю» информацию, если являются характеристиками не рассматриваемых процессов и/или систем. Поэтому задача отбора оптимального количества факторов в данном случае является весьма актуальной.

Решать можно следующими методологиями:

1. Экспертным анализом (проведение так называемого интеллектуального эксперимента), включая анализ литературных источников и собственный клинический опыт.

2. Математическим – путем отбора информативных признаков [12–14].

3. По следующему алгоритму переборного типа – для конкретного системного показателя:

3.1. Определяем центры классов: $C_k \pm \Delta C_k$, k = 0,1,...K, где К – общее количество классов (включая 0-класс – базовый).

3.2. Создаем специализированную матрицу С и упорядочиваем ее строки по мере возрастания значений первого столбца:

$$C = \begin{pmatrix} C_1 & C_1 - \Delta C_1 & C_1 + \Delta C_1 \\ . & . & . \\ C_K & C_R - \Delta C_K & C_K + \Delta C_K \end{pmatrix}.$$

3.3. Формируем набор факторного пространства, который состоит из обязательных факторов (характеристик ФС или органа) и «необязательных» (присутствие которых в векторе информативных факторов некритично для принятия «грубого» диагностического решения), анализ информативности которых анализируется в дальнейшем. Для выделения вторых предлагается применять метод иерархий, описанный в работе [15], или, получив матрицу предпочтений, применить классические методы иерархического упорядочивания по Саати [16].

3.4. Для «необязательных» факторов организуется полный перебор различных вариантов их количества и сочетания с формированием матриц C_j , где j – вариант перебора. В процессе перебора выбирается L лучших вариантов в смысле максимизации одного из критериев KC_1 или KC_2 , в зависимости от поставленной задачи (соответственно, отбираются варианты с минимальным перекрытием, с максимальным разбросом и наиболее «плотный»). Введение в рассмотрение L лучших вариантов позволяет ввести в процесс отбора самоорганизационный аспект и не пропустить тем самым лучший вариант из-за ошибок округления вычислительного процесса и случайных ошибок регистрируемых значений анализируемых факторов.

$$KC_1 = \sum_{i=0}^{K-1}((C_{i+1} - \Delta C_{i+1}) - (C_i + \Delta C_i)$$

или

$$KC_1 = \begin{cases} \sum_{i=0}^{K-1}((C_{i+1} - \Delta C_{i+1}) - (C_i + \Delta C_i) \\ \text{для} \quad (C_{i+1} - \Delta C_{i+1}) - (C_i + \Delta C_i) > 0, \\ \infty \text{ для} \quad (C_{i+1} - \Delta C_i) - (C_i + \Delta C_i) \le 0, \end{cases}$$

$$KC_2 = KC_{1j} : KC_{1j} \ge \varepsilon, j = 1, K ,$$

где ε – минимальная величина показателя между различными классами (по сути, этой величиной задается «плотность» упаковки классов по рассматриваемому показателю).

Из практического опыта и анализа литературных источников L рекомендуется выбирать в интервале 2…4.

В случае решения описанной задачи отбора лучшего факторного вектора по нескольким показателям рекомендуется использовать определенные свертки метрического характера, например расстояние Минковского.

В качестве критериев классификации предлагаются критерии, полученные эмпирическим путем и уточненные экспертами в ходе проведенных исследований [17]:

$$K_{1,i} = 1 - (1 - \mathrm{sech}(3\pi \cdot s_i/\textstyle\sum s_i))^{e} \times \times (1 - \mathrm{sech}(3\pi * v_i/\textstyle\sum v_i))^{e/\pi}, \quad (1)$$

$$K_{2,i} = 1 - (1 - \mathrm{sech}(3\pi \cdot s_i/\textstyle\sum s_i))^{e} \times \times (1 - \mathrm{sech}(3\pi \cdot v_i/\textstyle\sum v_i))^{e/\pi} \times \times (1 - \mathrm{sech}(3\pi \cdot \Delta_i/\textstyle\sum \Delta_i))^{e/2*}, \quad (2)$$

$$K_{3,i} = 1 - (1 - \mathrm{sech}(3\pi\cdot\omega_i/\sum\omega_i))^{e/\pi} \times \times (1 - \mathrm{sech}(3\pi\cdot\psi_i/\sum\psi_i))^{e}, \quad (3)$$

где sech() – функция гиперболического секанса;

π, e – мировые константы;

s – средние значения СКО модельных функций;

v – дисперсия СКО модельных функций;

Δ – СКО коэффициента вариации исследуемого пациента и «но»;

ω, ψ – СКО дисперсии и относительной энтропии пациента и приведенных выше “норм”;

i – номер диагностической группы.

$$K_{4i} = K_{1,i} + K_{2,i} + K_{3,i} - 2\cdot K_{1,i}\cdot K_{2,i} - 2\cdot K_{1,i}\cdot K_{3,i} - 2\cdot K_{2,i}\cdot K_{3,i} + 4\cdot K_{1,i}\cdot K_{2,i}\cdot K_{3,i}, \quad (4)$$

$$K_{5i} = (1 - \mathrm{sech}(2*(\mathrm{atanh}(K_{1,i}) + \mathrm{atanh}(K_{2,i}) + \mathrm{atanh}(K_{3,i})))^{e}, \quad (5)$$

где atanh() – функция обратного гиперболического тангенса.

$$K_{6i} = K_{1i} + K_{2i} - K_{1i} * K_{2i}, \quad (6)$$

$$K_{7i} = (1 - \mathrm{sech}(3*\mathrm{atanh}(K_{1i}) + \mathrm{atanh}(K_{2i}))^{\ell}, \quad (7)$$

$$K_{8i} = \sqrt{S_i^2 + V_i^2}. \quad (8)$$

По данным коэффициентам рассматривались следующие варианты:

1) нелинейные регрессионные структуры математических моделей связей между факторами по нормированию каждого класса внутри самого себя;

2) нелинейные регрессионные структуры математических связей между факторами по нормированию в каждом классе по средним (условным нормам) значениям базового класса (в случае заболеваний «здоровых»);

3) линейные регрессионные структуры математических моделей связей между факторами по нормированию каждого класса внутри самого себя;

4) линейные регрессионные структуры математических связей между факторами по нормированию в каждом классе по средним (условным нормам) значениям базового класса (в случае заболеваний «здоровых»);

Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3

Специфичность классификационных коэффициентов на контрольной выборке, %

Класс	вариант	По K_1	По K_2	По K_3	По K_4	По K_5	По K_6	По K_7	По K_8
Sctan	1	12	8	44	48	8	8	8	20
	2	0	0	44	36	40	0	0	0
	3	44	40	44	44	36	44	40	52
	4	0	4	44	32	40	4	4	0
Zecoz	1	94	94	22	39	94	94	94	89
	2	0	94	22	39	28	94	94	0
	3	56	67	22	22	67	61	56	50
	4	0	78	22	28	33	78	78	0
V	1	18	27	36	27	27	27	18	9
	2	0	9	36	9	36	9	9	0
	3	64	46	36	55	55	46	64	36
	4	0	18	36	27	36	18	18	0

Окончание табл. 3

Класс	вариант	По K_1	По K_2	По K_3	По K_4	По K_5	По K_6	По K_7	По K_8
G	1	0	0	10	20	0	0	0	0
	2	100	10	10	30	10	10	10	100
	3	60	40	10	50	50	40	40	30
	4	100	0	10	10	0	0	0	100

Анализ приведенных таблиц позволяет сделать следующие выводы по применению классификационных коэффициентов:

1. Класс нелинейных структур в большинстве случаев более предпочтителен.

2. Рассмотрение внутриклассовых моделей связей между факторами более предпочтительно, чем определение приведенных классификационных коэффициентов в разных классах только по моделям базового класса (условно «здоровых» в случае диагностирования заболеваний).

3. Для каждого конкретного случая рекомендуется применять те коэффициенты, специфичность которых максимальна.

Заключение

Показатели системной организации, представляющие собой аналоги расстояний в нормированных по дисперсии значений регистрируемых и/или латентных характеристик, позволяют классифицировать терапевтические воздействия по степени «удаления» нового состояния организма от исходного и количественно сравнивать различные терапии путем анализа траекторий движения состояния пациента от исходного к заданному.

Предлагаемые системные показатели представляют собой интегральную оценку и позволяют качественно анализировать происходящие в процессе терапии изменения при наличии артефактов в одной из регистрируемой и/или латентной характеристики.

Интеллектуальный, формализованный анализ результатов терапевтических воздействий предпочтительнее осуществлять с помощью показателя «Множественный градиент функциональных различий» (МГФР) как отражающего изменения в корреляциях функционирования различных систем, полимодально реагирующих на терапию.

Предложенные подходы рекомендуются использовать при проектировании баз знаний медицинских экспертных систем.

Список литературы

1. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. 284 с.

3. Завьялов А. В. Нормальная физиология: учебник / под ред. А. В. Завьялова, В. М. Смирнова. М.: МЕДпресс-информ, 2009. 816 с.

4. Завьялов А. В. Соотношение функций организма: экспериментальный и клинико-физиологический аспекты. М.: Медицина, 1990. 160 с.

5. Пятакович Ф. А., Якунченко Т. И., Дударева С. Л. Результаты сравнительного анализа информационных параметров микроструктуры ритма сердца и фрактальной размерности хаотического аттрактора «Береговая линия» [Электрон-

ный ресурс] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 3. С. 150–154; URL: http://applied-research.ru/ru/article/ view?id =1206.

6. Информационный анализ в дифференциальной диагностике различных видов стабилизации ритма сердца / Ф. А. Пятакович, Т. И. Якунченко, К. Ф. Макконен, О. В. Маслова, Т. И. Кульченкова, Н. А. Власова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13. № 3. С. 713–719.

7. Артеменко М. В., Дронова Т. А. Количественная оценка различий соорганизации физиологических функций в диагностическом процессе // Вестник новых медицинских технологий, 2006, Т. 13. № 2. С. 127–129.

8. Дронова Т.А., Завьялов А.В. Гормональные сдвиги при хронических заболеваниях печени // Вестник Российской академии медицинских наук. 2006. № 3. С. 11–14.

9. Артеменко М. В., Кореневский Н. А., Жиленкова Л. А. Диагностика здоровья новорожденного путем системного анализа показателей беременной // Вестник новых медицинских технологий. 2003. Т. 10. № 3. С. 50–52.

10. Артеменко М. В., Серебровский В. В., Бабков А. С. Информационно-аналитическая модель поддержки принятия решений в процессе диагностики рака желудка // Фундаментальные исследования. 2014. № 6-1. С. 18–23.

11. Воронцов И. М., Шаповалов В. В., Шерстюк Ю. М. Здоровье. Создание и применение автоматизированных систем для мониторинга и скринирующей диагностики нарушений здоровья. СПб: КОСТА, 2006. 429 с.

12. Артеменко М. В., Калугина Н. М., Шуткин А. Н. Формирование множества информативных показателей на основании аппроксимирующего полинома Колмогорова-Габора и максимального градиента функциональных различий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 1 (18). С. 116–123.

13. Артеменко М. В., Подвальный Е. С., Старцев Е. А. Метод комплексной оценки и выборка состава информативных признаков в задачах оценки состояния биотехнических систем // Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. № 9. С. 38–44.

14. Artemenko M. V., Kalugina N. M., Dobrovolsky I. I. The formation of a set of informative features based on the functional relationalships between the data structure field observations, European Journal Of Natural History. 2016. № 6, pp. 43–49.

15. Индикаторы дифференциальной диагностики в системах поддержки принятия классификационных решений с использованием метода анализа иерархий [Электронный ресурс] / М. В. Артеменко, И. И. Добровольский, Н. М. Калугина, М. В. Писарев // Фундаментальные исследования. 2016. № 11-1. С. 15–22; URL: http://fundamental-research.ru/ ru/article/view?id=40919.

16. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети: монография / пер. с англ. О. Н. Андрейчиковой; науч. ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. 4-е изд. М.: URSS: ЛЕНАНД, 2015. 360 с.

17. Артеменко М. В., Дронова Т. А., Щекина Е. Н. Автоматизированная система диагностики хронических заболеваний печени на основе биохимических показателей крови // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 2. С. 151–152.

Поступила в редакцию 13.04.17

UDC 004.67+616-004

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

T. A. Dronova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Kursk State Medical University (e-mail: tatiana.a.dronova@mail.ru)

N. M. Kalugina, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: nat91art@mail.ru)

A. A. Boytsov, Student, Kursk State Medical University (e-mail: boitcov@mail.ru)

APPLICATION OF INDICATORS OF THE SYSTEM ORGANIZATION IN AUTOMATION OF DIAGNOSTIKO-THERAPEUTIC PROCESS

According to recognition by the Ministry of Health the priority direction of development of medicine in the Russian Federation informatization and a computerization of all aspects of diagnostic-therapeutic service of the population of the country search of new approaches of medical cybernetics for the analysis of a condition of the patient at various stages of medical care acquires relevance.

On a row with directly registered indicators of a condition of the patient (temperature, pressure, pulse, etc.) in clinical medicine sets, various on informational content, of strictly obligatory recommended and specific factors find application. The integrated, system indicators calculated on their basis allow identifying and classifying the nature of pathological violation and both to reveal a certain disease, and to track a trajectory of therapeutic influence in the course of treatment.

Results of a research of indicators of the system organization (the maximum gradient of functional distinctions, coefficient of a variation of relative values, indicator of stability of the system organization of functions) as qualifiers of the changes happening in an organism are presented in article during various therapies on the example of cirrhosis. It is shown that the offered indicators allow to estimate the general functional condition of an organism and to distinguish stages development of pathological process at various therapeutic influences. The algorithm of formation of set of informative characteristics on values of indicators of quality of the system organization is given. It is noted that the offered system indicators represent integrated assessment and allow analyzing, thereby, qualitatively changes happening in the course of therapy in the presence of artifacts in one or several registered characteristics. The analysis of results of therapeutic influences is more preferable to carry out by means of an indicator "A multiple gradient of functional distinctions" - the reflecting change in correlations of functioning of various systems polimodalno reacting to therapy.

Key words: *artificial intelligence, the automated systems of diagnostics, indicators of the system organization, medicine.*

For citation: Artemenko M. V., Dronova T. A., Kalugina N. M., Boytsov A. A. Application of indicators of the system organization in automation of diagnostiko-therapeutic process, Proceeding of the Southwest State University. Series: Control, Computer engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2017, vol. 7, no. 2(23), pp. 123–135.

***

References

1. Ob osnovah ohrany zdorov'ya grazhdan v Rossijskoj Federacii [Ehlektronnyj resurs]: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 21 noyabrya 2011 g. № 323-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

2. Agadzhanyan N. A., Baevskij R. M., Berseneva A. P. Problemy adaptacii i uchenie o zdorov'e. M.: Izd-vo RUDN, 2006. 284 s.

3. Zav'yalov A. V. Normal'naya fiziologiya: uchebnik / pod red. A. V. Zav'yalova, V. M. Smirnova. M.: MEDpress-inform, 2009. 816 s.

4. Zav'yalov A. V. Sootnoshenie funkcij organizma: ehksperimental'nyj i kliniko-fiziologicheskij aspekty. M.: Medicina, 1990. 160 s.

5. Pyatakovich F. A., Yakunchenko T. I., Dudareva S. L. Rezul'taty sravnitel'nogo analiza informacionnyh parametrov mikrostruktury ritma serdca i fraktal'noj razmernosti haoticheskogo attraktora «Beregovaya liniya» [Ehlektronnyj resurs] // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2011. № 3. S. 150–154; URL: http://applied-research.ru/ru/ article/ view?id =1206.

6. Informacionnyj analiz v differencial'noj diagnostike razlichnyh vidov stabilizacii ritma serdca / F. A. Pyatakovich, T. I. Yakunchenko, K. F. Makkonen, O. V. Maslova, T. I. Kul'chenkova, N. A. Vlasova // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2014. T. 13, № 3. S. 713–719.

7. Artemenko M. V., Dronova T. A. Kolichestvennaya ocenka razlichij soorganizacii fiziologicheskih funkcij v diagnosticheskom processe // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. 2006. T. 13, № 2. S. 127–129.

8. Dronova T. A., Zav'yalov A. V. Gormonal'nye sdvigi pri hronicheskih zabolevaniyah pecheni // Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk. 2006. № 3. S. 11–14.

9. Artemenko M. V., Korenevskij N. A., Zhilenkova L. A. Diagnostika zdorov'ya novorozhdennogo putem sistemnogo analiza pokazatelej beremennoj // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij, 2003. T. 10, № 3. S. 50–52.

10. Artemenko M. V., Serebrovskij V. V., Babkov A. S. Informacionno-analiticheskaya model' podderzhki prinyatiya reshenij v processe diagnostiki raka zheludka // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 6-1. S. 18–23.

11. Voroncov I. M., Shapovalov V. V., Sherstyuk Yu. M. Zdorov'e. Sozdanie i primenenie avtomatizirovannyh sistem dlya monitoringa i skriniruyushchej diagnostiki narushenij zdorov'ya. SPb: KOSTA, 2006. 429 s.

12. Artemenko M. V., Kalugina N. M., Shutkin A. N. Formirovanie mnozhestva informativnyh pokazatelej na osnovanii approksimiruyushchego polinoma Kolmogorova-Gabora i maksimal'nogo gradienta funkcional'nyh razlichij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2016. № 1 (18). S. 116–123.

13. Artemenko M. V., Podval'nyj E. S., Starcev E. A. Metod kompleksnoj ocenki i vyborka sostava informativnyh priznakov v zadachah ocenki sostoyaniya biotekhnicheskih sistem // Biomedicinskaya radioehlektronika, 2016, no. 9. S. 38–44.

14. Artemenko M. V., Kalugina N. M., Dobrovolsky I. I. The formation of a set of informative features based on the functional relationalships between the data structure field observations, European Journal Of Natural History, 2016, no. 6, pp. 43–49.

15. Indikatory differencial'noj diagnostiki v sistemah podderzhki prinyatiya klassifikacionnyh reshenij s ispol'zovaniem metoda analiza ierarhij [Ehlektronnyj resurs] / M. V. Artemenko, I. I. Dobrovol'skij, N. M. Kalugina, M. V. Pisarev // Fundamental'nye issledovaniya. 2016. № 11-1. S. 15–22. URL: http://fundamental-research.ru/ru/article/ view?id=40919.

16. Saati T. L. Prinyatie reshenij pri zavisimostyah i obratnyh svyazyah. Analiticheskie seti: monografiya / per. s angl. O. N. Andrejchikovoj; nauch. red. A. V. Andrejchikov, O. N. Andrejchikova. 4-e izd. M.: URSS: LENAND, 2015. 360 s.

17. Artemenko M. V., Dronova T. A., Shchekina E. N. Avtomatizirovannaya sistema diagnostiki hronicheskih zabolevanij pecheni na osnove biohimicheskih pokazatelej krovi // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. 2006. T. 13, № 2. S. 151–152.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. К публикации в журнале «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» 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 аннотация (200–250 слов), отражающая содержание статьи.

Например:

> УДК 004.9:519.8
>
> **А.Л. Иванов**, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: ivanov@gmail.com)
>
> **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАДРАМИ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**
>
> В статье рассматривается агентная модель прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия, основанная на структуризации поведения агента и определения влияния его внутреннего представления об окружающем мире на его деятельность.
>
> **Ключевые слова:** агентное моделирование, градообразующее предприятие, событие.

9. При формировании текста не допускается применение стилей, а также внесение изменения в шаблон или создание собственного шаблона. Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.

10. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный – 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс – 5 пт; крупный символ – 18 пт; мелкий символ – 12 пт.

Необходимо учитывать, что **полоса набора – 75 мм**. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**

Все русские и греческие буквы (Ω, η, β, μ, ω, υ и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций (sin, cos, tg и т.д.) – прямым шрифтом. Латинские буквы – прямым шрифтом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

11. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

12. Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 *dpi* и публикуются в черно-белом (градации серого) варианте. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы**.

Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания **не допускаются.**

13. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы (не менее 10 источников). 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) 22-25-26, 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.**