МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

№ 2

2012

Часть 2

Курск

2012 № 2 Часть 2
Научный рецензируемый журнал

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение

Основан в 2010 г.

Выходит два раза в год

Учредитель: ГОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»

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

Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» включен в перечень ведущих научных журналов ВАК РФ

Редакционный совет

С.Г.Емельянов (председатель, главный редактор), д-р техн. наук, профессор, ректор ЮЗГУ;
Л.М. Червяков (зам. председателя), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ;
Е.А.Кудряшов (зам. председателя), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ.

В.И. Андреев, д-р техн.наук, профессор, МГСУ, г. Москва; **О.И. Атакищев**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **Р.К. Боженкова**, д-р филол. наук, профессор, ЮЗГУ; **Ю.В. Вертакова**, д-р экон. наук, профессор, ЮЗГУ; **В.Н. Гридин**, д-р техн. наук, профессор, ЦИТП РАН, Москва; **С.В. Дегтярев**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **Л.В. Димитров**, профессор, доктор, технический университет, София; **В.Э. Дрейзин**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **И.А. Каляев**, чл. корр. РАН, д-р техн.наук, профессор, НИИ МВС РАН, Таганрог; **А.Ф. Каперко**, д-р техн.наук, профессор, МГИЭиМ, Москва; **В.И. Колчунов**, академик РААСН, д-р техн. наук, профессор, ОрелГТУ; **Н.А. Кореневский**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **П.Ф. Кравчук**, д-р философ.наук, профессор, ЮЗГУ; **А.П. Кузьменко**, д-р физ.-мат.наук, профессор, ЮЗГУ; **Ю.Н. Кульчин**, чл.-корр. РАН, д-р физ-мат.наук,профессор, ИАиПУ РАН, Владивосток; **Д.А. Новиков**, чл.-корр.РАН, д-р техн.наук, профессор, ИПУ РАН, Москва; **А.В. Олейник**, д-р техн. наук, профессор, департамент Минтранс РФ, Москва; **В.Н. Опарин**, чл.корр.РАН, д-р физ-мат. наук, пофессор, ИГД РАН, Новосибирск; **А.В. Островский**, д-р экон. наук, профессор ИДВ РАН, Москва; **В.И. Римшин**, чл.-корр. РААСН, д-р техн.наук, профессор, МГАКХ, Москва; **Г.В. Секесов**, д-р техн.наук, профессор, ИГД РАН, Хабаровск; **В.Н. Сусликов**, д-р юр. наук, профессор, ЮЗГУ; **М.Л. Титаренко**, ак. РАН, д-р философ.наук, профессор, ИДВ РАН, Москва;

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА **10**

Серебровский В.В., Серебровский В.И., Алябьева Т.В., Богомолов С.А.
Применение нитроцементации для упрочнения деталей машин 10

Афанасьев В.Н., Титов Д.В., Ширабакина Т.А.
Управление нелинейными объектами с параметрами, зависящими от состояния (Часть 2) 13

Титов В.С., Бобырь М.В., Яхонтова Е.С.
Адаптивный алгоритм нечетко-логического вывода и его обучение 17

Иванов В.И., Клюев А.Л.
Определение параметров пассивных двухполюсников с разрывом цепи на постоянном токе 24

Егоров С.И., Графов О.Б., Жусубалиев Ж.Т., Ватутин Э.И.
Построение алгоритмов мягкого декодирования кодов Рида-Соломона на основе алгоритма списочного декодирования 28

Марухленко С.Л., Дегтярев С.В.
Системный анализ в решении задач анализа риска негативного воздействия техногенных аварий 33

Иванов В.И., Титов В.С., Петров А.С.
Измерительный преобразователь параметров многоэлементных двухполюсников с дифференцированием сигналов на RC-звеньях 38

Тютюнов Д.Н., Бойцова Е.А., Бойцов А.В.
Вычисление координат траектории объекта методом «Трех точек» 43

Кониченко А.В.
Организация функционирования информационно-аналитических систем бизнес-разведки 45

Джумков В.В., Бабанин И.Г.
Обобщенная модель дискретного канала с группированием ошибок 49

Хмелевская А.В., Уланов А.В., Богомазов А.Ю.,
Численный анализ многоканальных систем массового обслуживания 55

В.С. Титов, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; (отв.секретарь); **В.С. Федоров**, акад. РААСН, д-р техн.наук, профессор, Московский гос. ун-т путей сообщения; **А.С. Ястребов**, д-р техн. наук, профессор, СПГУТ, Санкт-Петербург;
С.Ф. Яцун, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ.

Редакционная коллегия:

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

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

Члены редколлегии:

Зотов И.В., д-р техн. наук, профессор

Дрейзин В.Э. д-р техн. наук, профессор

Кореневский Н.А., д-р техн.наук, профессор

Ширабакина Т.А., канд. техн. наук, профессор

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

Оригинал-макет подготовлен О.В. Кофановой

Подписано в печать 10.08.12. Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Усл. печ.л. 29,4.
Тираж 1000 экз. Заказ 102. 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» 44023,44288 в объединенном каталоге «Пресса России»

Жусубалиев Ж.Т., Яночкина О.О.
Мультистабильная динамика систем управления с многозонной импульсной модуляцией.....60

Потапенко А.М., Рыжиков Ю.И., Уланов А.В., Богомазов А.Ю.
Опыт использования систем автоматизированного перевода.....67

Шиленков Е.А., Рюмшин К.Ю., Богомазов А.Ю.
Нетривиальность анализа сигналов в дискретном канале.....72

Маслак А.А., Осипов С.А., Алиакпарова М.М., Филист С.А.
Оценка влияния частично правильных ответов учащихся на точность измерения уровня их подготовленности.....76

Добрица В.П., Липунов А.А., Савенкова Е.С.
Система контроля и управления доступом в комплексе систем информационной безопасности.....87

Козлов П.С., Лукьянчиков Е.В., Труфанов М.И.
Алгоритм уточнения вычисленных координат контура пузырька газа в жидкости при измерении поверхностного натяжения.....90

Борзов Д.Б., Зотов И.В., Минайлов В.В.
Акселераторные средства составления плана топологии программируемых логических интегральных схем.....95

Киселёв А.Н., Рафальский Е.П., Кониченко А.В.
Подход к удаленному определению версии операционной системы в компьютерных сетях.....98

Миргалеев А.Т., Уваров А.Н.
Извлечение фактов в информационно-аналитических системах из информации, представленной на естественном языке.....103

Кекух В.И., Коновальчик А.П., Миргалеев А.Т.
Обоснование критериев параметрической оптимизации микроконтроллерной системы управления радиоприемным устройством.....110

Корольков О.Ф., Королькова В.О., Апальков В.В., Чаплыгин А.А., Старков Ф.А.
Символьные вычисления с использованием универсальных устройств.....116

Чаплыгин А.А., Хорошилов С.А., Кулабухов С.А.
Организация файловой системы для внешних накопителей малого объема.....121

Добрица В.П., Липунов А.А., Савенкова Е.С.
Система комплексной защиты объектов информатизации в университете.....124

Калуцкий И.В., Агафонов А.А.
Информационно-аналитическая система службы безопасности организации.....127

Крыжевич Л.С., Довбня В.Г.
Подходы к обработке изображения на основе биортогональных всплесков с компактным носителем.....133

Титов В.С., Беломестная А.Л.
Автоматизированная система управления термодеформационным состоянием станка.....138

Серебровский В.В., Серебровский В.И., Павлова Е.В., Богомолов С.А.
Повышение прочности электролитического железа легирующими добавками молибдена.....143

Мирошниченко С.Ю.
Выделение теней для определения высот объектов местности на аэрокосмических изображениях (Часть 1) 145

Рыбочкин А.Ф., Мохсен Шамсан
Двоичное кодирование образов спектров при анализе акустических шумов 150

Таныгин М.О., Липунов А.А., Савенкова Е.С.
Системы учета рабочего времени как часть комплексной системы информатизации университета 154

Томакова Р.А.
Метод обработки сложносегментируемых изображений с использованием многослойных морфологических операторов 158

Добрица В.П., Волокитин С.С., *Сапельченков* П.А.
Параллельная реализация алгоритма нахождения максимальной подматрицы 165

Мирошниченко С.Ю.
Выделение теней для определения высот объектов местности на аэрокосмических изображениях (Часть 2) 170

Калуцкий И.В., Агафонов А.А.
Роль человеческого фактора в обеспечении информационной безопасности бизнеса 173

Таныгин М.О.
Расчёт вероятности возникновения коллизий при использовании алгоритмаконтроля подлинности сообщений 179

Апальков В.В.
Гидравлический удар в перфорированной части трубопровода с гасителем 183

Умрихин В.В.
Особенности изготовления прозрачных проводящих слоев методом магнетронного реактивного распыления сплава индий-олово 187

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ 191

Новиков А.В., Ештокин С.А.
Оценка моторно-эвакуаторной функции кишечника и прогнозирование релапаротомии в раннем послеоперационном периоде у пациентов с распространенным перитонитом 191

Снопков В.Н.
Оценка диагностической и прогностической значимости показателей микроэкологии кишечника при аллерго- и иммунопатологии 194

Коцарь А.Г., Серегин С. П., Стародубцева Л.В.
Нечеткие решающие правила диагностики клинических форм мочекаменной болезни 197

Иванов В.И.
Математическое прогнозирование распространенности патологии придатков матки 200

Агарков Н.М.
Математический подход к оценке эффективности лечения по диагностически значимым параметрам 204

Яковлев А.П.
Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом 209

Мишустин В.Н., Заикин Е.Ю.
Диагностика панкреатита на основе многокритериальной математической оценки патологических изменений 216

Гонтарев С.Н.
Интеграция многокритериального и многомерного математического анализа для рациональной диагностики гинекологической патологии 220

Яцун С.Ф., Шевякин В.Н.
Прогнозирование обострений остеохондрозов с использованием правил нечеткого вывода 223

Чуев А.С., Цуканова М.Н.
Особенности применения вибротерапии при лечении эректильной дисфункции 226

Новиков А.В., Цуканова М.Н.
Алгоритм выбора рациональных схем лечения пиелонефрита у больных уролитиазом 229

Долженков С.Д., Сапитонова Т.Н., Кореневская С.Н., Харьков С.В.
Роль защитных механизмов организма в снижении риска послеоперационных осложнений у больных, страдающих урологическими заболеваниями 234

Снопков В.Н.
Корреляционная взаимосвязь иммунологических показателей у детей с хроническим пиелонефритом 238

Конева Л.В., Серебровский В.И., Разумова К.В.
Математические модели прогнозирования заболеваний желудочно-кишечного тракта с использованием показателей, характеризующих состояние внимания 241

Верзилина И.Н., Агарков Н.М.
Разработка интегрального показателя репродуктивного здоровья женского населения в Белгородской области 244

Мишустин В.Н., Воробьева О.М., Чернова И.В.
Синтез решающих правил для прогнозирования инфаркта миокарда по показателям перекисного окисления липидов и антиокислительной активности 249

К сведению авторов **253**

© Юго-Западный государственный университет, 2012

2012 № 2 Part 2

Scientific reviewed journal

Published twice a year

PROCEEDINGS

of the SOUTH-WEST
STATE
UNIVERSITY
Management, computer facilities,
Computer science. Medical instrument making

CONTENS

INFORMATICS, COMPUTER SCIENCES 10

Serebrovskii V.V., Serebrovskii V.I., Alyabieva T.V., Bogomolov S.A.
Nitrocementation application for hardening of machine parts..... 10

Afanasiev V.N., Titov D.V., Shirabakina T.A.
Control of non-linear objects with parameters, depended on condition (Part 2) 13

Titov V.S., Bobyr M.V., Yahontova E.S.
The adaptive algorithm for fuzzy-logic inference and education.. 17

Ivanov V.I., Klyuev A.L.
Determination of parameters of passive two-poles with the rupture of the chain on the direct current..... 24

Egorov S.I., Grafov O.B., Zusubaliev Z.T., Vatutin E.I.
Development of soft decoding algorithms for reed-solomon codes on the base of list decoding algorithm..... 28

Marukhlenko S.L., Degtyarev S.V.
The system analysis in the solution of tasks of the analysis of risk of negative impact of technogenic failures 33

Ivanov V.I.
The measuring converter of parameters of multiple-unit dipoles with differentiation of signals on rc-links 38

Tyutyunov D.N., Boytsova E.A., Boytsov A.V.
Calculating the coordinates of the object trajectory using «three points» method..... 43

Konichenko A.V.
Information business intelligence system functional organization..... 45

Dzhumkov V.V., Babanin I.G.
Generalized model of a discrete channel grouping error 49

Khmelevskaya A.V., Ulanov A.V., Bogomazov A.Y.
Numerical analysis of the multi-channel queuing systems 55

Zhusubaliyev Z.T., Yanochkina O.O.
Multistable behavior of a multilevel pulse-modulated control system 60

Potapenko A.M., Ryzhikov J.I., Ulanov A.V., Bogomazov A.Y.
Experience of the using of automated translation systems 67

Shilenkov E.A., Ryumshin K.Y., Bogomazov A.Y.
Nontrivial signal analysis in digital channels 72

Maslak A.A., Osipov S.A., Aliakparova M.M., Filist S.A.
Influence of partially right answers of students on precision of measurement of their performance 76

Dobrica V.P., Lipunov A.A., Savenkova Y.S.
The system of access management and control in complex systems of information security 87

Kozlov P.S., Lukyanchikov E.V., Truphanov M.I.
Algorithm for presicion enhancement of calculating edges of a floating in a liquid gas bubble coordinates during a task of a liquid surface tension measurement 90

Borzov D.B., Zotov I.V., Minailov V.V.
Max speed unit establishing the plan topology programmable logic integrated chip 95

Kiselev A.N., Rafalsky E.P., Kornilov M.A., Konichenko A.V.
The approach to the remote definition version of the operating system of the computer networks 98

Mirgaleev A.T., Uvarov A.N.
Method of fact extraction from information which represented by natural language 103

Kekuh V.I., Konovalchik A.P., Mirgaleev A.T.,
Basis of criteria parametric optimization microcontroller management radio receivers 110

Korol'kov O.F., Korol'kova V.O., Apal'kov V.V., Chaplygin A.A., Starkov F.A.
Symbolic computation with universal devices 116

Chaplygin A.A., Khoroshilov S.A., Kulabukhov S.A.
Organization of the file system for small-sized external storages 121

Dobrica V.P., Lipunov A.A., Savenkova Y.S.
The comprehensive system of protection of objects of informatization of the university.....124

Kalutsky I.V., Agafonov A.A.
Information-analytical system services safety organizations.....127

Kryzhevich L.S., Dovbnya V.G.
Approaches to image processing of compactly supported biorthogonal wavelet 133

Titov V.S., Belomestnya A.L.
Automated control system for the thermodeformation condition of the machine 138

Serebrovskii V.V., Serebrovskii V.I., Pavlova E.V., Bogomolov S.A.
Increase of durability of electrolytic iron by alloying additives of molybdenum 143

Miroshnichenko S.Yu.
Detection of shades for geospatial objects' heights determination on aerospace images 145

Rybochkin A.F., Mohsen Shamsan
Binary coding of spectra images at the analysis of acoustic noise 150

Tanygin M.O., Lipunov A.A., Savenkova Y.S.
The system of accounting of working time as part of a comprehensive system of university informatization 154

Tomakova R.A.
Method of complex-structured images processing with the use of multi-layer morphological operators 158

Dobritsa V.P., Volokitin S.S., Supelchenkov P.A.
Parallel algorithm finding the maximum of the submatrix 165

Miroshnichenko S.Yu.
Detection of shades for geospatial objects' heights determination on aerospace images 170

Kalutsky I.V., Agafonov A.A.
The role of human factors in ensuring business information security 173

Tanygin M.O.
The calculation of collisions probability in systems using the messages authenticity control algorithm 179

Apalkov V.V.
The research of hydraulic blow in perforate part of pipeline with stabilizer 183

Umrikhin V.V.
Especially manufacturing transparent conductive layers by the method of magnetron reactive sputtering of indium-tin alloy 187

MEDICAL INSTRUMENT MAKING 191

Novikov A.V., Eshtokin S.A.
Evaluation motor-evacuation function of the intestinal-ka and prediction relaparotomy early after-operating period in patients with peritonitis-tion has spread 191

Snopkov V.N.
Evalution of diagnostic and prognostic significance indicators microecology bowel in allergies – and immunopatology 194

Kotsar A.G., Seregin S.P., Starodubtseva L.V.
Differential diagnostics urolithiasis with using fussy logic 197

Ivanov V.A.
Mathematical prediction of the pathology uterine appendages .. 200

Agarkov N.M.
Mathematical approach to the assessment of efficiency of treatment on diagnostic significant parameters 204

Yakovlev A.P.
Discriminant method in identification of patients sharp salpingooforitom 209

Mishustin V.N., Zaikin E.Y.
Pancreatitis diagnostics on the basis mnogokriterialna of the mathematical assessment of pathological changes 216

Gontarev S.N.
Integration of multicriteria and multidimensional mathe-matical analysis for a rational diagnostic ginecological pathology 220

Yatsun S.F., Shevyakin V.N.
Prediction of acute exacerbations osteochondrosis using rules of fuzzy inference 223

Chuev A.S., Tsukanova M.N.
Peculiarities of application of vibrotherapy for treatment of erectile dysfunction 226

Novikov A.V., Tsukanova M.N.
Algorithm of selection the rational treatment schemes of pyelonephritis in patients with urolithiasis 229

Dolzhenkov S.D., Sapitonova T.N., Korenevskaya S.N., Kharkov S.V.
The role of the deferese mechanisms of the bode to reduce the risk of postoperations in patients with urological diseases ... 234

Snopkov V.N.
Correlation relationship immunological parameters in children with chronic pyelonephritis 238

Koneva L.V., Serebrovskiy V.I., Razumova K.V.
Mathematical models of prediction of disease-making gastrointestinal, with attention indicator shows the situation 241

Verzilina I.N., Agarkov N.M.
Development of the integrated indicator reproductive health of the female population in the Belgorod region 244

Mishustin V.N., Vorobyeva O.M., Chernova I.V.
Synthesis deciding rules for prediction of myocardial infarction on lipid peroxidation and antioxidant activity 249

Information for authors 253

© Southwest State University, 2012

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 621

В.В. Серебровский, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: sv1111@mail.ru)

В.И. Серебровский, д-р техн. наук, профессор, Курская государственнная сельско-хозяйственная академия

Т.В. Алябьева, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 52-38-29, e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

С.А. Богомолов, системный администратор, центр интерактивного дистанционного образования, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712)75-28-25)

ПРИМЕНЕНИЕ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Приведены экспериментальные данные по износостойкости углеродистых сталей после низкотемпературной нитроцементации в пастообразном карбюризаторе. Показана высокая эффективность упрочнения деталей, работающих в условиях трения без смазки и в условиях трения в коррозионно-активных средах.

Ключевые слова: *нитроцементация, карбюризатор, износостойкость.*

***

В современных машинах имеется достаточно большая номенклатура деталей, которые работают в условиях трения без смазки при воздействии химически активных сред. Известно, что наиболее радикальным путем повышения износостойкости и коррозионной стойкости (долговечности) таких деталей является создание на их рабочих поверхностях твердых и пассивных покрытий, которые эффективно сопротивляются внешним неблагоприятным воздействием.

В работах [1,2] показано, что низкотемпературная цементация углеродистых и низколегированных сталей приводит к образованию на их поверхностях достаточно глубоких диффузионных слоев, поверхностная зона которых представляет собой гексагональный ε-карбонитрид, имеющий твердость 10000–12000 МПа.

Нитроцементация в пастообразном карбюризаторе, состоящем из 60% газовой сажи и 40% железосинеродистого калия (пастообразователь – клей ПВА), обеспечила за 2 часа при температуре 650°С образование на поверхности углеродистой стали 40 карбонитридного слоя глубиной ~0,06 мм. Под слоем карбонитрида образовалась зона азотисто-углеродистого мартенсита с остаточным аустенитом глубиной до 0,20 мм и микротвердостью от 6000 до 4500 МПа (рис. 1).

Износостойкость нитроцементованных слоев на стали 40 исследовали на машине СМЦ-2 по схеме «ролик-колодка», при которой реализовался механизм трения скольжения. В зону трения подавали (с помощью капельницы) 10%-ный раствор поваренной соли в воде для имитации коррозионно-активной среды. Длительность одного цикла изнашивания составляла 100 тысяч циклов (оборотов образца), результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, *а*, в зоне малых удельных нагрузок интенсивность изнашивания с повышением давления несколько повышается, что особенно заметно на стали, цианированной при температуре 760°С. При повышении удельных нагрузок более 0,15 МПа во всех случаях наблюдается снижение интенсивности изнашивания, которое имеет

место до нагрузок 0,35–0,40 МПа. При дальнейшем повышении давления интенсивность изнашивания устанавливается на постоянном, относительно низком уровне.

Рис. 1. Микроструктура диффузионного слоя стали 40, нитроцементованной при температуре 650°С в течение 2-х часов (×500)

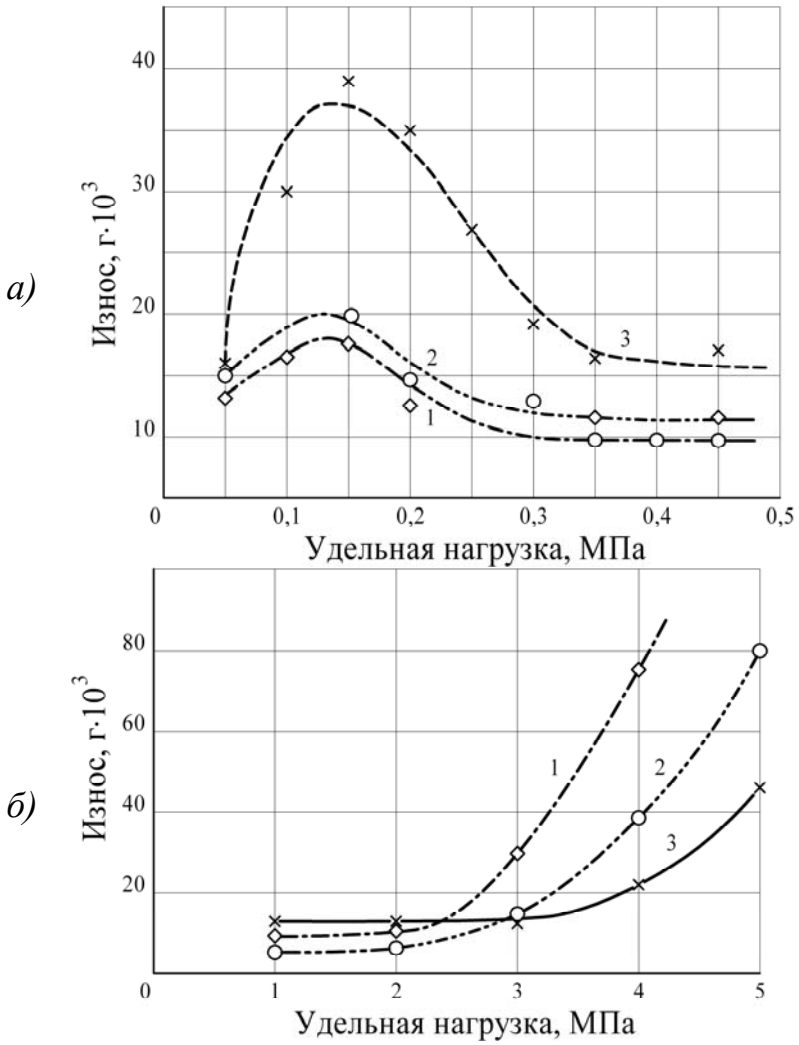


Рис. 2. Износ нитроцементованной стали 40 при трении скольжения: *а* – малые удельные нагрузки; *б* – большие удельные нагрузки; температура цианирования: 1 – 560°С; 2 – 660°С; 3 – 760°С

Обнаруженное снижение износа цианированной поверхности с повышением удельных нагрузок в интервале 0,05–0,15 МПа можно объяснить самонаклепом поверхности трения, когда в рассматриваемом интервале давлений сохраняется еще запас пластичности металла. Скорость изнашивания в этих условиях определяется восприимчивостью изнашивания структур к наклепу. При большой восприимчивости к наклепу поверхностные слои металла быстро теряют пластичность (при невысокой нагрузке), в них быстро достигается предельное упрочнение, и износ уменьшается.

В области высоких давлений (см. рис. 2, *б*) повышение нагрузки не вызывает упрочнения уже наклепанного слоя. Под действием сил трения в поверхностных слоях металла происходят усталостные явления, которые вызывают трещины в поверхностном слое и отделение его фрагментов от основного металла. В этих условиях зависимость износа от удельных нагрузок на поверхности трения носит почти прямо пропорциональный характер.

Относительно низкие температуры цианирования (550–650°С) обеспечивают минимальный износ цианированных слоев. С повышением температуры цианирования выше 650°С износ интенсивно увеличивается, достигая 6–10-кратной величины при температуре цианирования 800°С. Это объясняется тем, что при низких температурах процесса на поверхности стали 40 образуется твердая корка ε-карбонитрида, обладающая к тому же антифрикционными и антикоррозионными свойствами, что и приводит к снижению интенсивности изнашивания. Увеличение толщины карбонитридной корки, полученной при температурах цианирования 600–650°С, способствует минимизации износа диффузионного слоя.

Повышение температуры цианирования до 700°С и выше приводит к тому, что в диффузионных слоях ε-карбонитрид сменяется карбонитридом цементитного типа, имеющим меньшую твердость. Этот процесс вызывает резкое ускорение интенсивности изнашивания.

Исходя из приведенных экспериментальных данных можно заключить, что хорошая износостойкость карбонитридов и их антикоррозионные свойства позволяют рекомендовать цианирование при температуре 640–650°С для упрочнения деталей, работающих в самых неблагоприятных условиях изнашивания с недостаточной смазкой, без смазки и в агрессивных средах.

1. Прженосил Б. Нитроцементация. М.: Машиностроение, 1969. 212 с.

2. Низкотемпературное цианирование стали в пастах / В.Н. Долженков [и др.] // Известия Курск. гос. техн. ун-та. 2001. № 6. С. 61–64.

Получено 21.06.12.

V.V. Serebrovskii, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 52-38-29)

V.I. Serebrovskii, Doctor of Sciences, Professor, Kursk Agricultural Academy

T.V. Alyabieva, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 52-38-29, e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

S.A. Bogomolov, System Administrator, Center of interactive remote education, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 75-28-25)

NITROCEMENTATION APPLICATION FOR HARDENING OF MACHINE PARTS

Experimental data on the wear resistance of carbon steels after low-temperature nitriding carburizer a paste. The high efficiency of hardening of working in conditions of friction without lubrication and friction conditions in corrosive environments.

Key words: *carbonitriding, carburizer, durability.*

УДК 519.7

В.Н. Афанасьев, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный институт электронного машиностроения (e-mail: afanval@mail.ru)

Д.В. Титов, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: amazing2004@inbox.ru)

Т.А. Ширабакина, канд. техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tas_06@mail.ru)

УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С ПАРАМЕТРАМИ, ЗАВИСЯЩИМИ ОТ СОСТОЯНИЯ (ЧАСТЬ 2)

Предложен метод синтеза робастного управления для нелинейного неопределенного объекта с параметрами, зависящими от его состояния (SDC), при отсутствии краевых условий на правом конце и заданным временем переходного процесса. Приведен пример построения робастного регулятора для нелинейной неопределенной системы.

***Ключевые слова**: робастное управление, нелинейный объект, регулятор.*

***

Ранее нами были рассмотрены следующие вопросы: постановка задачи; дифференциальная мера: общие решения; объект с параметрами, зависящими от состояния, и синтез управления в задаче дифференциальной игры [1].

I. «Коридор» отклонений решений в задаче дифференциальной игры

Оценим максимально возможное рассогласование между траекториями робастной модели возможными траекториями исходного объекта с управлениями (4.7).

Пусть

$$\varepsilon(t) = z(t) - x_{\min}(t), \qquad (5.1)$$

где $x_{\min}(t)$ есть решение уравнения

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}x_{\min}(t) = \Big\{ & \underline{A}_1 + \underline{G}_{11} \quad P^{-1}\underline{G}_{11}{}^T S - \\ & -\Big[\overline{G}_{21}(t) + G_{22}(x_0)\Big]R^{-1} \times \\ & \times\Big[\overline{G}_{21}(t) + G_{22}(x_0)\Big]^T S \Big\} x_{\min}(t), \\ & x(t_0) = x_0. \end{aligned} \qquad (5.2)$$

Уравнение для возможных отклонений имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}\varepsilon(t) &= L\varepsilon(t) - \\ &-\left\{ \begin{array}{l} \alpha + q_1 P^{-1}\Big[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\Big]^T S + \\ + q_2 R^{-1}\underline{G}_{21}^T S \end{array} \right\} x_{\min}(t), \\ \varepsilon(t_0) &= 0, \end{aligned} \qquad (5.3)$$

где

$$\begin{aligned} L = \overline{A}_1 + A_2(x_0) + \Big[\overline{G}_{11}(t) + G_{12}(x_0)\Big]P^{-1} \times \\ \times\Big[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\Big]^T S - \underline{G}_{21}R^{-1}\underline{G}_{21}^T S, \end{aligned} ,$$

$$\alpha = \overline{A}_1 + A_2(x_0) - \underline{A}_1,$$

$$q_1 = \overline{G}_{11}(t) + G_{12}(x_0) - \underline{G}_{11},$$

$$q_2 = \overline{G}_{21}(t) + G_{22}(x_0) - \underline{G}_{21}.$$

Теорема 5.1. Возможный коридор отклонений решений уравнения (1.1) с управлениями (4.6) не превышает величину

$$\|\varepsilon(t)\| < \|L\|^{-1}\|\beta x(t_0)\|\Big[1 - \exp\|L\|(t - t_0)\Big], \qquad (5.4)$$
$$(t, x) \in \Omega, \quad t \in [t_0, T],$$

где

$$\begin{aligned} \beta = \alpha + \\ + \left\{ q_1 P^{-1}\Big[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\Big]^T + q_2 R^{-1}\underline{G}_{21}^T \right\} S. \end{aligned}$$

Доказательство. Запишем норму решения уравнения (5.3):

$$\|\varepsilon(t)\| = \left\| \int_{t_0}^{t} \left[\exp L(t-\tau)\right] \beta x_{\min}(\tau) d\tau \right\| < \left\| L^{-1}\left(1 - e^{L(t-t_0)}\right)\beta x(t_0) \right\|.$$

Таким образом, «коридор» возможных решений в робастной дифференциальной игре описывается соотношением

$$\|\varepsilon(t)\| < \left\| L^{-1}\left(1 - e^{L(t-t_0)}\right)\beta \quad x(t_0) \right\|,$$

$(t,x) \in \Omega$.

Отсюда имеем (5.4).

Теорема 5.2. Пусть задача управления объектом

$$\frac{d}{dt}x(t) = f(t,x) + g_1(t,x)w(t) + g_2(t,x)u(t), \qquad x(t_0) = x_0, \tag{5.5}$$

где $u(t) = -R^{-1}\underline{G}_{21}{}^{T} S x(t)$,

$$w(t) = P^{-1}\left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^{T} S x(t). \tag{5.6}$$

S положительно определенная матрица есть решение алгебраического уравнения Риккати (4.6), заключается в достижении значения $\|x^*\| = d$ из начального состояния $\|x(t_0)\|$ за время не больше $T - t_0$. Тогда, если

$$1)\ \frac{d}{dt}z(t) = Lz(t),\ z(t_0) = x_0, \tag{5.7}$$

где $t \in [t_0, T]$ и матрица Гурвица

$$L = \overline{A}_1(t) + A_2(x_0) + \left\{ \begin{array}{l} \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right] P^{-1} \times \\ \times \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^{T} - \underline{G}_{21} R^{-1} \underline{G}_{21}{}^{T} \end{array} \right\} S \tag{5.8}$$

есть робастная модель системы, т.е. $\|z(t)\| \geq \|x(t)\|$, и

$$2)\ \|Lx(t_0)\| \geq \|Lx(t)\|,$$

то для того, чтобы решение уравнения (5.5) с начальным условием $\|x(t_0)\|$ и управлениями (5.6) за заданное время $T - t_0$ достигло бы или вышло бы за заданную границу, т.е. $\|x(T)\| \leq d$, матрица L должна быть такова, чтобы выполнялось неравенство

$$\|Lx(t_0)\| \geq \frac{\|x(t_0)\| - d}{(T - t_0)}. \tag{5.9}$$

Доказательство. Пусть для робастной модели (5.7) в момент T $\|z(T)\| = d$. Допустим, что при всех возможных $(t,x) \in \Omega$ объект (5.5) с управлениями (5.6) асимптотически устойчив. Тогда для робастной модели (5.7) последовательно получаем

$$\|z(t_0)\| - d = \|z(t_0)\| - \|z(T)\| = \int_{t_0}^{T} \frac{d}{dt}\|z(\tau)\| d\tau = \int_{t_0}^{T} \|Lz(\tau)\| d\tau \leq \|Lz(t_0)\|(T - t_0).$$

Отсюда, учитывая, что $z(t_0) = x_0$, имеем (5.9).

Следствие из теоремы 5.2. Учитывая (5.8) и (5.9), получим условие, которое можно использовать при проверке соответствия решения уравнения

$$S[\overline{A}_1 + A_2(x_0)] + [\overline{A}_1 + A_2(x_0)]^{T} S + S\left\{ \begin{array}{l} \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right] P^{-1} \times \\ \times \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^{T} - \underline{G}_{21} R^{-1} \underline{G}_{21}{}^{T} \end{array} \right\} S + [\overline{H}_1 + H_2(x_0)]^{T} [\overline{H}_1 + H_2(x_0)] = 0,$$

определяющего матрицу S, задаче достижения значения $\|x(T)\| \leq d$ траекторией, являющейся решением дифференциального уравнения

$$\frac{d}{dt}x(t) = f(t,x) + \\ + \begin{bmatrix} g_1(t,x)P^{-1}\left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^T - \\ -g_2(t,x)R^{-1}\underline{G}_{21}^T \end{bmatrix} Sx(t),$$

с заданными начальными условиями $x(t_0) = x_0$ и заданном времени переходного процесса $T - t_0$:

$$\|S\| \ge \left\{ \frac{\|x(t_0)\| - d}{(T - t_0)} - \left\| \overline{A}_1 + A_2(x_0) \right\| \|x_0\| \right\} \times \\ \times \left\{ \left\| \begin{array}{l} \left[\overline{G}_{11}(t) + G_{12}(x_0)\right] P^{-1} \times \\ \times \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^T S - \underline{G}_{21} R^{-1} \underline{G}_{21}^T \end{array} \right\| \|x_0\| \right\}^{-1}. \quad (5.10)$$

II. Исследование влияния возмущений

Рассмотрим влияние возмущений на результат управления объектом (1.1). Пусть в качестве возмущений, действующих на входе объекта, будет белый шум $w(t)$ с характеристиками

$$M[w(t)w^T(\tau)] = W(t)\delta(t - \tau),$$
$$M[x(t_0)w^T(t)] = 0.$$

Тогда уравнение для дисперсии состояния объекта $X(t) = M[x(t)x^T(t)]$ будет описываться следующим соотношением [1]:

$$\frac{d}{dt}X(t) = \left\{ \begin{array}{l} A_1(t) + A_2(x) - \\ -\left[G_{21}(t) + G_{22}(x)\right] R^{-1} \underline{G}_{21}^T S \end{array} \right\} X(t) + \\ + X(t)\left\{ A_1(t) + A_2(x) - \left[G_{21}(t) + G_{22}(x)\right] R^{-1} \underline{G}_{21}^T S \right\}^T + \\ + \left\{ \left[G_{11}(t) + G_{12}(x)\right] P^{-1} \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^T S \right\} W(t) \times \\ \times \left\{ \left[G_{11}(t) + G_{12}(x)\right] P^{-1} \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^T S \right\}^T, \\ X(t_0) = M[x(t_0)x^T(t_0)]. \quad (6.1)$$

В случае стационарного белого шума дисперсия состояния робастной модели объекта определяется решением алгебраического уравнения

$$\left\{ \overline{A}_1 + A_2(x_0) - \underline{G}_{21} R^{-1} \underline{G}_{21}^T S \right\} Z + \\ + Z\left\{ \overline{A}_1 + A_2(x_0) - \underline{G}_{21} R^{-1} \underline{G}_{21}^T S \right\}^T + \\ + \left[\overline{G}_{11}(t) + G_{12}(x_0)\right] P^{-1} \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^T SW \times \\ \times \left\{ \left[\overline{G}_{11}(t) + G_{12}(x_0)\right] P^{-1} \left[\overline{G}_{11} + G_{12}(x_0)\right]^T S \right\}^T, \quad (6.2)$$

где $Z = M[z(t)z^T(t)]$.

Так как $\|z(t)\| \ge \|x(t)\|$ (теорема 4.1), то, если $\|W\| \ge \|W(t)\|$, будет выполняться соотношение $\|Z\| \ge \|X(t)\|$.

ПРИМЕР. Управление брожением биомассы в реакторе.

Процесс брожения, как предполагается, происходит в постоянном объеме V, с динамикой биомассы X, субстратом S, и с концентрацией токсина C и описывается нелинейным дифференциальным уравнением

$$\begin{pmatrix} \frac{d}{dt}X(t) \\ \frac{d}{dt}S(t) \\ \frac{d}{dt}C(t) \end{pmatrix} = \\ = \begin{pmatrix} \mu(t)X(t) \\ -\left[M(t) + \mu(t)/k(t)\right]X(t) \\ q(t)\ \left[X(t)\right]^{1/3} \end{pmatrix} + \quad (7.1) \\ + \begin{pmatrix} -X(t) \\ -S(t) \\ -C(t) \end{pmatrix} u(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} w(t).$$

$$X(t_0) = 2,\ S(t_0) = 0{,}5,\ C(t_0) = 0{,}1.$$

$$0.25 \le \mu(t) \le 0.5,$$
$$0.218 \le k(t) \le 0.417,$$
$$0.01 \le M(t) \le 0.0196,$$
$$0.015 \le M(t) \le 0.0296.$$
$$x(t) = \left(X(t)S(t)C(t)\right)^T.$$

Представление объекта (7.1) в виде объекта с параметрами, зависящими от состояния:

$$\frac{d}{dt}x(t) = A(x)x(t) + B(x) \\ u(t) + Dw(t), \quad x(t_0) = x_0, \qquad (7.2)$$

$$A(x) = \begin{pmatrix} \mu(t) & 0 & 0 \\ -\left[M(t) + \mu(t)/k(t)\right] & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q(t)\left[x_1(t)\right]^{1/3} \end{pmatrix},$$

$$B(x) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{pmatrix}, \qquad D^T = (0 \;\; 0 \;\; 1).$$

Функционал качества:

$$J(x,u,w) = \\ = \frac{1}{2}\int_{t_0}^{T}\left\{ x^T(t)Qx(t) + u^T(t)Ru(t) - w^T(t)Pw(t)\right\}dt,$$

$$Q = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0,25 & 0 \\ 0 & 0 & 0,01 \end{pmatrix}, \quad R = 0,001, \quad P = 1.$$

$$u(t) = -50,2365x_1(t) - 1,0000x_2(t) - \\ -933,7536x_3(t).$$

Робастная модель с постоянными параметрами:

$$\frac{d}{dt}z(t) = \overline{A}z(t) + Bu^*(t) + Dw(t), \quad z(t_0) = x_0,$$

$$\frac{d}{dt}z_1 = -49.8365z_1 - z_2 - 933.7536z_3,$$

$$\frac{d}{dt}z_{2=} - 51.4651z_1 - z_2 - 936.7536z_3,$$

$$\frac{d}{dt}z_3 = -50.2365z_1 - z_2 - 933.7536z_3 + \\ +[0.0296 * (z_1.\hat{}\,0.3333)/z_3].$$

Заключение

Предложен метод синтеза гарантированного управления для класса нелинейных неопределенных систем, представимых в эквивалентной форме в виде систем с параметрами, зависящими от состояния. Задача синтеза субоптимального стабилизирующего управления сведена к построению робастной модели нелинейного объекта с постоянными параметрами, норма состояния которого является мажорантой для нормы состояния исходного объекта. Получены условия, которым должны удовлетворять параметры робастной модели в задаче с заданным временем переходного процесса. Полученные решения иллюстрируются примером синтеза стабилизирующего управления.

1. Афанасьев В.Н., Титов Д.В., Ширабакина Т.А. Управление нелинейными объектами с параметрами, зависящими от состояния // Известия Юго-Зап. гос. ун-та. Серия «Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение». 2012. № 2. Ч. 1. С. 212–220.

2. Субботин А.И. Минимаксные неравенства и уравнения Гамильтона-Якоби. М.: Наука, 1991. 216 с.

Получено 28.06.12.

V.N. Afanasiev, Doctor of Sciences, Professor, MIEM
(e-mail: afanval@mail.ru)

D.V. Titov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: amazing2004@inbox.ru)

T.A. Shirabakina, Candidate of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tas_06@mail.ru)

CONTROL OF NON-LINEAR OBJECTS WITH PARAMETERS, DEPENDED ON CONDITION (PART 2)

In the article the method of the robust control synthesis for the non-linear undefined object with parameters, depended on it's condition, during border conditions absence and transitional process time, is shown. The example of the robust regulator building for the non-linear undefined system is described.

Key words: *robust control, non-linear object, regulator.*

УДК: 681.518; 004.896

В.С. Титов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: titov-kstu@rambler.ru)

М.В. Бобырь, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: fregat_mn@rambler.ru)

Е.С. Яхонтова, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: elena-yahontova@yandex.ru)

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА И ЕГО ОБУЧЕНИЕ

Рассмотрен адаптивный алгоритм нечетко-логического вывода, позволяющий увеличить оперативность процесса принятия решений. Приведено численное моделирование, позволяющее проанализировать его суть.

Ключевые слова: *нечеткая логика, нечётко-логический вывод, мягкие вычисления.*

***

Введение

В настоящие время нечеткая логика нашла применение при моделировании систем управления, в которых зависимость между выходными и входными параметрами формализована в виде известного математического уравнения. При этом численный диапазон входных сигналов задан лишь в виде приблизительных интервальных величин.

На практике для моделирования нечетко-логических систем применяются традиционные алгоритмы нечетко-логического вывода (НЛВ) Мамдани, Ларсена, Сугэно и Тсукамото. Однако, как показано ниже, данные алгоритмы имеют низкое быстродействие, связанное с так называемой «проклятностью размерности» [1].

Анализ быстродействия традиционных алгоритмов нечетко-логического вывода

На практике для моделирования нечетко-логических систем применяются традиционные алгоритмы Мамдани, Ларсена, Сугэно и Тсукамото. Их низкое быстродействие объясняется тем, что число заключений x будет равняться количеству термов входных переменных w, возведенному в степень, равную количеству входных переменных z по соотношению $x = w^z + wz$ [2]. Например, если нечетко-логическая система имеет две входные переменные, каждая из которых описывается тремя термами, и одну выходную переменную, описываемую с помощью 5 термов, то количество заключений будет равняться пятнадцати $x = 3^2 + 6 = 15$. Как будет показано ниже, адаптивный алгоритм нечетко-логического вывода (ААНЛВ) всегда будет иметь количество заключений, равное числу термов выходной переменной, то есть 5. Тогда ААНЛВ будет работать в 15/5=3 раза быстрее по сравнению с традиционными алгоритмами нечетко-логического вывода (рис. 1). Данные для остальных алгоритмов получены аналогичным образом, причем входные переменные имеют по пять термов.

Как видно из рисунка 1, показатель быстродействия увеличивается с ростом входных переменных. Например, в алгоритме Мамдани три входные переменные, каждая из них описана пятью термами, количество заключений при 9 термах у выходной переменной составит 5^3+15=140. А для ААНЛВ количество заключений будет равняться 9, то есть быстродействие увеличится в 140/9=15,6 раза. При четырех входных переменных 5^4+20=645 и 13 термах выходной переменной быстродействие составит 640/13=49,2 раза. Аналогично были получены значения и для остальных алгоритмов НЛВ.

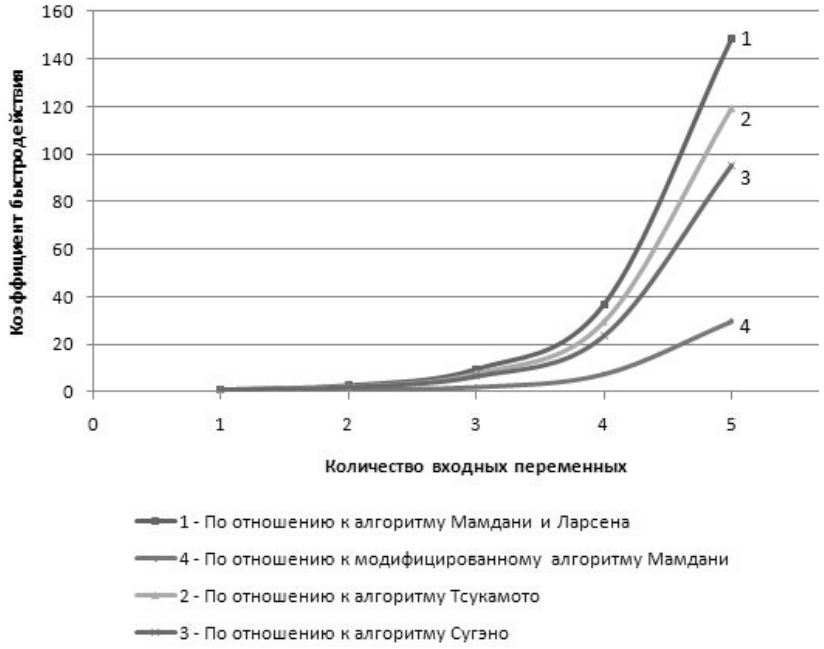


Рис. 1. Сравнение быстродействия традиционных алгоритмов с ААНЛВ

Адаптивный алгоритм нечетко-логического вывода

Пусть нечетко-логическая система имеет два входных параметра и один выходной, при этом функции принадлежности (ФП) заданы функцией треугольного вида [3]. Тогда ААНЛВ будет реализован при выполнении последовательности из пяти шагов [4].

Шаг 1. ФП термов двух входных переменных: $a = [a_1] + [a_2] + [a_3]$ (рис. 2, *а*); $b = [b_1] + [b_2] + [b_3]$ (рис. 2, *б)*; а также одной выходной переменной $y = [y_1] + [y_2] + [y_3] + [y_4] + [y_5]$ (рис. 2, *в*).

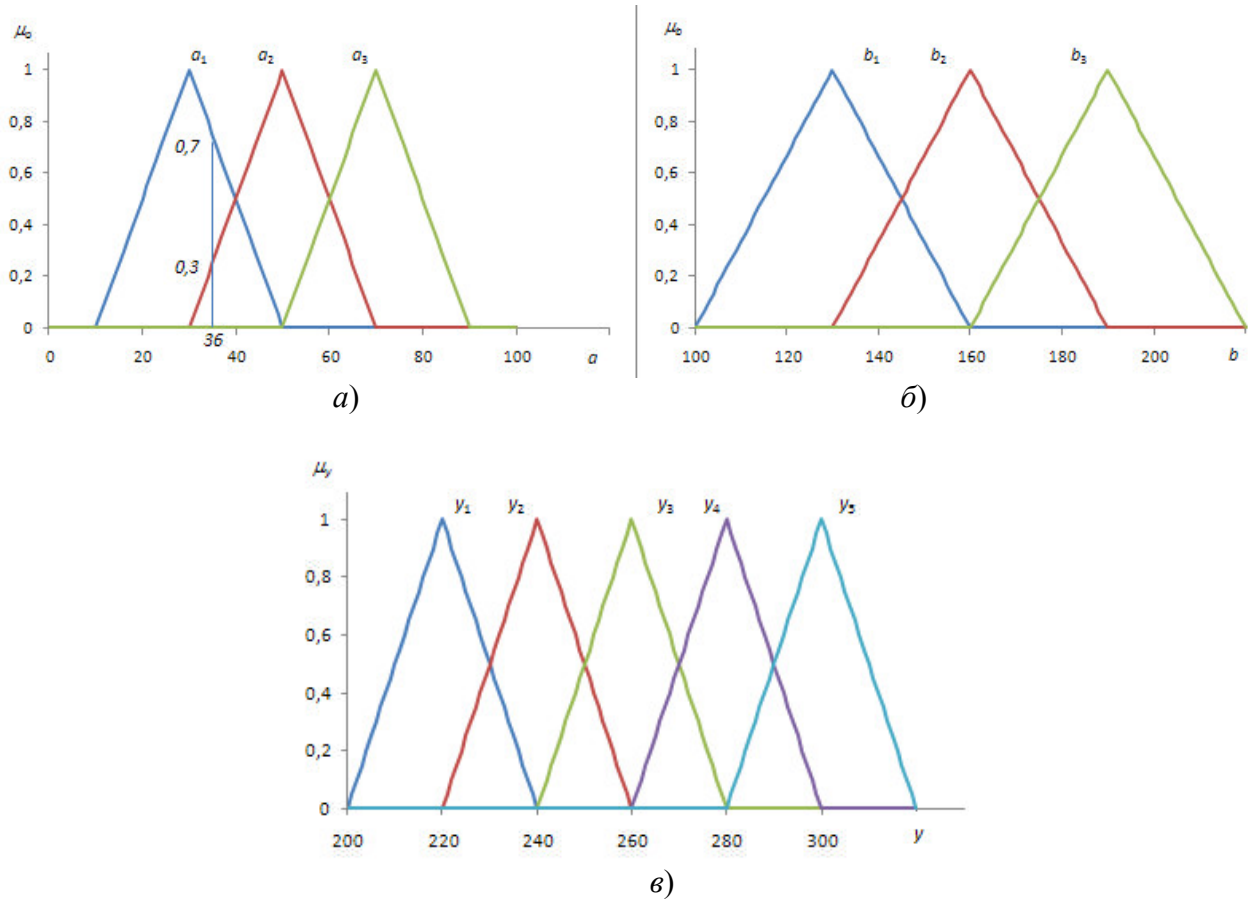
ФП для входных переменных запишутся как

$$a = \{a_1\} + \{a_2\} + \{a_3\} =$$
$$= \left\{\int_{10}^{30}\left(\frac{a-10}{30-10}\right)/a + \int_{30}^{50}\left(\frac{50-a}{50-30}\right)/a\right\} +$$
$$+ \left\{\int_{30}^{50}\left(\frac{a-30}{50-30}\right)/a + \int_{50}^{70}\left(\frac{70-a}{70-50}\right)/a\right\} +$$
$$+ \left\{\int_{50}^{70}\left(\frac{a-50}{70-50}\right)/a + \int_{70}^{90}\left(\frac{90-a}{90-70}\right)/a\right\}.$$

$$b = \{b_1\} + \{b_2\} + \{b_3\} =$$
$$= \left\{\int_{100}^{130}\left(\frac{b-100}{130-100}\right)/b + \int_{130}^{160}\left(\frac{160-b}{160-130}\right)/b\right\} +$$
$$+ \left\{\int_{130}^{160}\left(\frac{b-130}{160-130}\right)/b + \int_{160}^{190}\left(\frac{190-b}{190-160}\right)/b\right\} +$$
$$+ \left\{\int_{160}^{190}\left(\frac{b-160}{190-160}\right)/b + \int_{190}^{210}\left(\frac{210-b}{210-190}\right)/b\right\}.$$

Для выходной переменной ФП примет вид

$$y = \{y_1\} + \{y_2\} + \{y_3\} + \{y_4\} + \{y_5\} =$$
$$= \left\{\int_{200}^{220}\left(\frac{y-200}{220-200}\right)/y + \int_{220}^{240}\left(\frac{240-y}{240-220}\right)/y\right\} +$$
$$+ \left\{\int_{220}^{240}\left(\frac{y-220}{240-220}\right)/y + \int_{240}^{260}\left(\frac{260-y}{260-240}\right)/y\right\} +$$
$$+ \left\{\int_{240}^{260}\left(\frac{y-240}{260-240}\right)/y + \int_{260}^{280}\left(\frac{280-y}{280-260}\right)/y\right\} +$$
$$+ \left\{\int_{260}^{280}\left(\frac{y-260}{280-260}\right)/y + \int_{280}^{300}\left(\frac{300-y}{300-280}\right)/y\right\} +$$
$$+ \left\{\int_{280}^{300}\left(\frac{y-280}{300-280}\right)/y + \int_{300}^{320}\left(\frac{320-y}{320-300}\right)/y\right\}.$$



а) *б*) *в*)

Рис. 2. Графики ФП: *а, б* – входные переменные *a* и *b*; *в* – выходная переменная

Шаг 2. Построим базу знаний, состоящую из 9 нечетких правил управления, отражающую взаимосвязь между входными и выходными переменными (табл. 1) [5].

Шаг 3. Настройка матрицы нечетких отношений (табл. 2) и определение значений параметров, необходимых для реализации ААНЛВ. При проектировании базы знаний, основанных на нечетких правилах (см. табл. 1), необходимо обеспечить проверку условий на её полноту и совместимость [2] по следующим формулам:

– *условие совместимости базы знаний*

$$f_{1a} = \sum_{j=1}^{k} \mu(a)_i = 1, \quad \forall a \in A,$$

$$f_1 = \sum_{j=1}^{k} \mu(a)_i = 1, \quad \forall a \in A, \qquad (1)$$

где $\mu(a)_i$ – терм входной переменной; i – номер терма входной переменной a; k – количество термов входной переменной a, $k = 3$;

Таблица 1

Нечеткая база знаний

НПУ	Если		То	НПУ	Если		То	НПУ	Если		То
$НПУ_1$	a_1	b_1	y_5	$НПУ_4$	a_2	b_1	y_4	$НПУ_7$	a_3	b_1	y_3
$НПУ_2$	a_1	b_2	y_4	$НПУ_5$	a_2	b_2	y_3	$НПУ_8$	a_3	b_2	y_2
$НПУ_3$	a_1	b_3	y_3	$НПУ_6$	a_2	b_3	y_2	$НПУ_9$	a_3	b_3	y_1

Таблица 2

Матрица нечетких отношений

№	*Нечеткая композиция*				
	Коэффициенты усечений			Уровень отсечения	Усеченные ФП
y_1	$c_9=\min\limits_{\delta}(a_1,b_1)$			$d_1=c_9$	$\mu'(y)_1=\min\{d_1;\mu(y)_1\}$
y_2	$c_8=\min\limits_{\delta}(a_1,b_2)$	$c_6=\min\limits_{\delta}(a_2,b_1)$		$d_2=\max\limits_{\delta}(c_8,c_6)$	$\mu'(y)_2=\min\{d_2;\mu(y)_2\}$
y_3	$c_7=\min\limits_{\delta}(a_1,b_3)$	$c_5=\min\limits_{\delta}(a_2,b_2)$	$c_3=\min\limits_{\delta}(a_3,b_1)$	$d_3=\max\limits_{\delta}(c_7,c_5,c_3)$	$\mu'(y)_3=\min\{d_3;\mu(y)_3\}$
y_4	$c_4=\min\limits_{\delta}(a_2,b_3)$	$c_2=\min\limits_{\delta}(a_3,b_2)$		$d_4=\max\limits_{\delta}(c_4,c_2)$	$\mu'(y)_4=\min\{d_4;\mu(y)_4\}$
y_5	$c_1=\min\limits_{\delta}(a_3,b_3)$			$d_5=c_1$	$\mu'(y)_5=\min\{d_5;\mu(y)_5\}$

– *условие полноты базы знаний*

$$f_2=\frac{\sum\limits_{i=1}^{k}y_i\cdot\mu(a)_i+\sum\limits_{i=1}^{k}y_i\cdot\mu(b)_i}{\sum\limits_{i=1}^{k}\mu(a)_i+\sum\limits_{i=1}^{k}\mu(b)_i}>0, \quad (2)$$

$a_i\in A_i,\ b_i\in B_i.$

То есть при моделировании нечеткологической системы необходимо обеспечить выполнение целевых показателей:

$$f=\begin{cases}f_{1a}=1,\ f_{1b}=1,\\ f_2>0.\end{cases} \quad (3)$$

Из рисунка 2, *а* видно, что $f_{1a}=\mu(a)_1+\mu(a)_2=0{,}3+0{,}7=1$ и первое условие выполняется, следовательно, база знаний является совместимой. Из рисунка 2, *б* также видно, что условие $f_{1b}=1$ выполняется.

Проверку второго условия рассмотрим на следующем упрощенном примере (см. рис. 2, *в*). Пусть a=20, b=120 и y=315. Тогда

$\mu(a)_1$=(20–10)/(30–10)=0,5;

$\mu(b)_1$=(120–100)/(130–100)=0,67;

$\mu(y)_1$=(320–315)/(320–300)=0,25.

И по (2) находим

$$f_2=\frac{0{,}25\cdot0{,}5+0{,}25\cdot0{,}67}{0{,}5\cdot0{,}67}>0.$$

Видно, что второе условие также выполняется.

Во втором столбце таблицы 2 применяется операция мягкого минимума (soft-MIN), используя формулу:

$$\min\limits_{\delta}(a_1,b_1)=\frac{a_1+b_1+\delta^2-\sqrt{(a_1+b_1)^2+\delta^2}}{2}, \quad (4)$$

где $\delta=0{,}05$.

А для 3 столбца используется формула параметризованного мягкого максимума (soft-MAX) [6]:

$$\max\limits_{\delta}(a_1,b_1)=\left|\begin{matrix}\gamma\cdot\max(a_1,b_1)+\\ +0{,}5(1-\gamma)(a_1+b_1)\end{matrix}\right|, \quad (5)$$

где $\forall a\in A,\ \forall b\in B$,

γ – оператор параметризации.

При γ = 1 формула (5) сводится к операции максимума MAX, при γ = 0, формула (5) сводится к операции среднего арифметического (MEAN).

Формула (5) применима только двум операндам, для количества операндов, равного 3, предлагается ввести следующий оператор soft-MAX. Используя выражение (5), можно последовательно перебрать пары возможных значений операндов и выбрать из получивших значений наибольшее.

Используя формулы (4)÷(5), заполним матрицу нечетких отношений (табл. 3) при значениях a = 49, b = 142.

Таблица 3

Матрица нечетких отношений

№	*Нечеткая композиция*				
	Коэффициенты усечений			Уровень отсечения	Усеченные ФП
y_1	c_9=0,0238			d_1=0,0238	$\mu'(y)_1 = \min\{d_1; \mu(y)_1\}$
y_2	c_8=0,0003	c_6=0,0006		d_2=0,00053	$\mu'(y)_2 = \min\{d_2; \mu(y)_2\}$
y_3	c_7=0,0002	c_5=0,4001	c_3=0,0002	d_{31}=d_{33}=0,22514 d_{32}=0,30013 d_3=0,30013	$\mu'(y)_3 = \min\{d_3; \mu(y)_3\}$
y_4	c_4=0,5995	c_2=0,0495		d_4=0,462	$\mu'(y)_4 = \min\{d_4; \mu(y)_4\}$
y_5	c_1=0,0501			d_5=0,0501	$\mu'(y)_5 = \min\{d_5; \mu(y)_5\}$

В случае использования традиционных операторов MAX и MIN операторы d_1 и d_2 равнялись бы нулю, тогда свойство аддитивности не соблюдалось бы, что привело к снижению точности нечеткологической системы управления и потере свойства её непрерывности.

Использование операций мягкого минимума и максимума позволяет обеспечить более гладкую прямую поверхность зависимости выходной переменной от входных при реализации нечеткологического вывода, а также исключает возможность наличия зон нечувствительности и резкого изменения значений выходной переменной системы (нечеткого регулятора), содержащих традиционные операторы MAX и MIN. При этом необходимо учитывать, что формулы мягкого минимума и максимума обладают свойством аддитивности: ФП результирующей переменной пропорциональна изменению входных ФП.

Формулы, приведенные в 4 столбце матрицы нечетких отношений (см. табл. 3), позволяют сформировать усеченные термы выходной ФП (рис. 3).

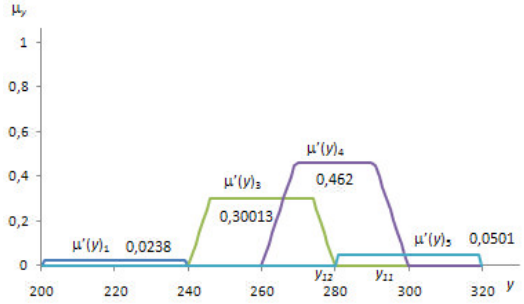


Рис. 3. Графики усеченных ФП выходной переменной

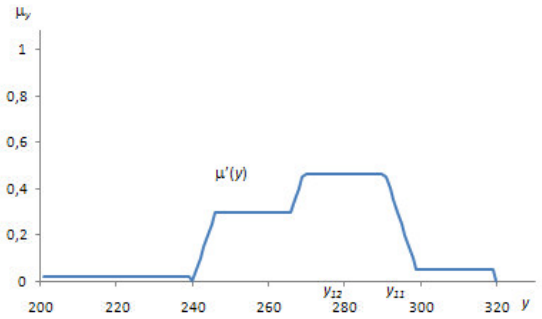


Рис. 4. График объединенной усеченной ФП выходной переменной

Шаг 4. Логическое объединение усеченных ФП выходной переменной (рис. 4) осуществляется по формуле [7]

$$\sum_{l=1}^{k=5} \mu'(y) = \bigcup_{l=1}^{k=5} \left(d_l \wedge \sum_{y \in \mathrm{supp}(y_l)} \mu(y)_l \right), \qquad (6)$$

где k – количество усеченных ФП.

Шаг 5. Нечеткий вектор объединенной усеченной ФП выходной переменной y' дефаззифицируется в единственное четкое значение по методу центра тяжести:

$$y' = \frac{\sum_{l=1}^{k} y_l \cdot \mu'(y)_l}{\sum_{l=1}^{k} \mu'(y)_l}. \qquad (7)$$

Подставляя данные a=49, b=142 в выражения (4)÷(7), ААНЛВ даст результат y'=271,5. При значениях a=50, b=142 результат будет y'=269,57. А при значениях a=49, b=143 результат составит y'=271. Видно, что небольшие прираще-

ния входных переменных вызывают изменения выходной переменой. Следовательно, ААНЛВ отвечает свойству аддитивности, а это позволяет использовать его при моделировании нечетких регуляторов различного назначения.

Обучение адаптивного алгоритма нечетко-логического вывода

Рассмотрим процесс обучения ААНЛВ с помощью метода обратного распространения, который используется для минимизации среднеквадратического отклонения текущего значения, полученного на выходе адаптивной нейро-нечеткой системы вывода [8, 9], например полученного из формулы (7) и заданного значения выходного параметра.

В данном алгоритме целевая функция пропорциональна квадрату разности между полученным значением y' и заданной величиной $y_{зад}$ на i-м шаге:

$$P_i = \frac{1}{2}\left(y_i - y_{зад}\right)^2 \to \min. \qquad (8)$$

При этом суммарная величина погрешности составит

$$P = \sum_{i=1}^{n} P_i. \qquad (9)$$

Функции погрешности, определяемые из формул (8) и (9), зависят от вектора весов ($в_1$, $в_2$), который определяется по формуле

$$в := в - vP_i(в), \qquad (10)$$

где v – скорость обучения алгоритма в интервале [0, 1]; $P_i(в)$ – разность между полученным значением с помощью ААНЛВ и заданной величиной.

С учетом выражений (8)÷(9) выражение для обучение ААНЛВ примет вид

$$P_i(в) = \frac{\partial}{\partial в}\left(\frac{1}{2}\left(y_{зад} - y_i\right)^2\right) = -y_i\left(y_{зад} - y_i\right)\left(1 - y_i\right)x_i. \qquad (11)$$

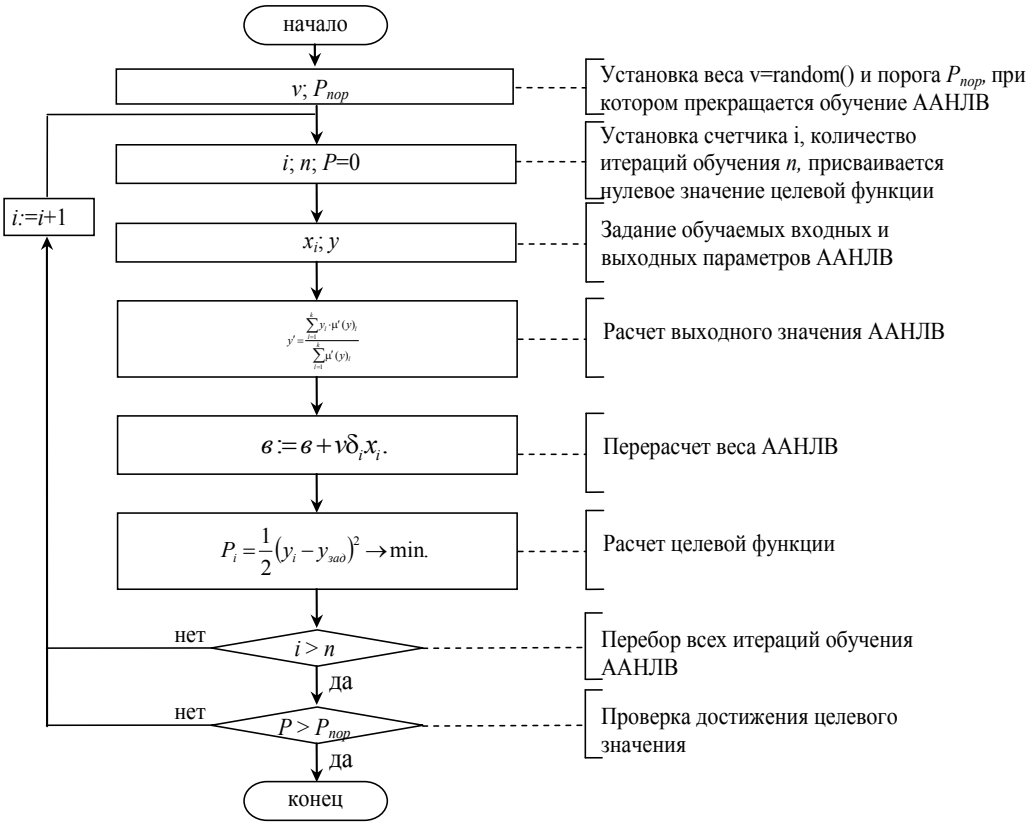


Рис. 5. Обучение адаптивного алгоритма нечетко-логического вывода

Использование алгоритма, приведенного на рисунке 5, позволяет за 5-6 итераций производить обучение ААНЛВ, при этом погрешность вычислений не превышает 1%. Данный адаптивный алгоритм успешно апробирован для автоматизированных систем управления, представленных в работах [10, 11].

Заключение

В статье рассмотрен принцип работы адаптивного алгоритма нечетко-логического вывода и его обучения. Проведенный анализ позволил сделать вывод о том, что ААНЛВ отвечает свойству аддитивности, а погрешность вычислений при его обучении не превышает одного процента, что в 8 раз меньше погрешности, свойственной модели Такаги-Сугэно.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ МК-277.2012.8.

Список литературы

1. Kahlert J. Fuzzy Control fur Ingenieure. Braunschweig. BRD: Vieweg Verlag, 1995. 308 p.

2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление: [пер. с англ.]. М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2012. 798 с.

3. Заде Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятий решений // Математика сегодня. М.: Знание, 1974. С. 5–49.

4. Бобырь М.В. Модифицированный алгоритм нечетко-логического вывода в задачах управления оборудованием с ЧПУ // Мехатроника, Автоматизация, Управление. 2011. № 4. С. 26–32.

5. Бобырь, М.В., Титов В.С., Анциферов А.В. Алгоритм высокоскоростной обработки деталей на основе нечеткой логики // Мехатроника, Автоматизация, Управление. 2012. № 6. С. 21–26.

6. Driankov D., Helendoor H., Reinfrank M. An introduction to fuzzy control. Berlin: Springer-Verlag, 2011.

7. Бобырь М.В., Титов В.С., Червяков Л.М. Адаптация сложных систем управления с учётом прогнозирования возможных состояний // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 5. С. 3–10.

8. Рутковская Д., Пилиньський М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.:Горячая линия-Телеком, 2006. 452 с.

9. Бобырь, М.В., Титов В.С. Интеллектуальная система управления температурными деформациями при резании // Автоматизация и современные технологии. 2011. №5. С. 3–7.

10. Бобырь М.В., Титов В.С., Беломестная А.Л. Интеллектуальная система управления подачей при обработке деталей резанием // Промышленные АСУ и контроллеры. 2010. № 8. С. 17–20.

11. Бобырь М.В., Титов В.С. // Метод коррекции параметров режима резания в системах с ЧПУ // Мехатроника. Автоматизация. Управление. 2010. № 7. С. 49–53.

Получено 29.06.12.

V.S. Titov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: titov-kstu@rambler.ru)

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

E.S. Yahontova, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: elena-yahontova@yandex.ru)

THE ADAPTIVE ALGORITHM FOR FUZZY-LOGIC INFERENCE AND EDUCATION

Considered the adaptive algorithm for fuzzy-logic inference, allowing to increase the efficiency of the decision-making process. Given numerical modeling, which allows to analyze the essence of it.

Key words: *fuzzy logic, fuzzy logic inference, soft computing.*

УДК 621.317.73

В.И. Иванов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: viva37@mail.ru)

А.Л. Клюев, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: mertan2@yandex.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНЫХ ДВУХПОЛЮСНИКОВ С РАЗРЫВОМ ЦЕПИ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

В статье рассматриваются особенности применения метода обобщенных параметров пассивных линейных двухполюсников, в схемах замещения которых в цепи между полюсами включен емкостной элемент. Приводятся рекомендации по модификации алгоритма измерения параметров.

***Ключевые слова**: обобщенные параметры, двухполюсники.*

***

В [1] для идентификации двухполюсной *RLC*-цепи предложен унифицированный набор обобщенных параметров системной функции измерительной схемы. Если линейная цепь, состоящая из пассивных элементов, может быть описана дифференциальным уравнением

$$a_0 v + a_1 \frac{dv}{dt} + a_2 \frac{d^2 v}{dt^2} + ... = \\ = b_0 x + b_1 \frac{dx}{dt} + b_2 \frac{d^2 x}{dt^2} + ..., \quad (1)$$

где коэффициенты a_0, a_1, a_2, …; b_0, b_1, b_2,… определяются схемой замещения измерительной цепи и значениями параметров элементов объекта измерения, то системная функция измерительной цепи, соответствующая дифференциальному уравнению (1), имеет операторную форму

$$F(p) = \frac{b_0 + b_1 p + b_2 p^2 + ...}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + ...}. \quad (2)$$

В зависимости от схемы измерителя сигналы $x(t)$ и $v(t)$ могут быть напряжениями или токами в различных сочетаниях.

При возбуждении цепи импульсным сигналом, имеющим форму степенной функции времени

$$x(t) = \frac{X_{\text{m}} t^{\text{n}}}{t_{\text{и}}^{\text{n}}},$$

где $t_{\text{и}}$ – длительность, X_{m} – амплитуда импульса, n – целочисленный показатель степени, принуждённая составляющая реакции v(t) состоит из импульсов вида степенной функции с показателями степени от n до 0:

$$v_{\text{пр}}(t) = \frac{F_0 X_{\text{m}} t^{\text{n}}}{t_{\text{и}}^{\text{n}}} + \frac{n! F_1 X_{\text{m}} t^{\text{n}-1}}{(n-1)! t_{\text{и}}^{\text{n}}} + ... \\ ... + \frac{n! F_{\text{n-1}} X_{\text{m}} t}{1! t_{\text{и}}^{\text{n}}} + \frac{n! F_{\text{n}} X_{\text{m}}}{0! t_{\text{и}}^{\text{n}}}. \quad (3)$$

Величины F_0, F_1, …, F_{n} являются обобщенными параметрами системной функции и могут быть найдены с помощью рекуррентной формулы [1]:

$$F_0 = \frac{b_0}{a_0}; \; F_1 = \frac{b_1 - F_0 a_1}{a_0};$$

$$F_2 = \frac{b_2 - F_0 a_2 - F_1 a_1}{a_0};$$

$$F_3 = \frac{b_3 - F_0 a_3 - F_1 a_2 - F_2 a_1}{a_0} ... \quad (4)$$

Амплитуды $A_0, A_1, ..., A_{\text{n-1}}, A_{\text{n}}$ импульсов каждой формы в выражении (3) можно выразить через обобщенные параметры $F_0, F_1, …, F_{\text{n}}$:

$$A_n = F_0 X_m; \quad A_{n\text{-}1} = \frac{n! F_1 X_m}{(n-1)! t_{\text{и}}};$$

$$A_1 = \frac{n! F_{n-1} X_m}{t_{\text{и}}^{n-1}}; \; A_0 = \frac{n! F_n X_m}{t_{\text{и}}^{n}}. \quad (5)$$

Таким образом, если определить амплитуды импульсов, входящих в состав сигнала реакции измерительной цепи, одним из известных методов измерения

(компенсации, мостовым, по совокупности отсчётов), то, используя полученные значения A_k, можно вычислить параметры элементов двухполюсника. Физический смысл и размерность системной функции $F(p)$ зависят от размерности сигналов на входе и выходе измерительной схемы:

1) если воздействие и реакция являются напряжениями $u_{вх}(t)$ и $u_{вых}(t)$ соответственно, то $F(p)$ – это передаточная функция $H(p)$;

2) при воздействии импульсами тока $i_{вх}(t)$ и реакции в виде импульсов напряжения $u_{вых}(t)$ роль $F(p)$ выполняет операторное сопротивление двухполюсника $Z(p)$;

3) если же на измерительную цепь воздействуют импульсами напряжения $u_{вх}(t)$, а в качестве реакции используют импульсы тока $i_{вых}(t)$, системной функцией цепи является операторная проводимость двухполюсника $Y(p)$.

Для питания измерительной схемы с двухполюсниками, в системной функции $F(p)$ которых свободные члены числителя и знаменателя не равны нулю, достаточно использовать импульсы с показателем степени n на единицу меньшим числа элементов. Такие двухполюсники имеют конечное (не нулевое и не бесконечное) сопротивление между полюсами на постоянном токе. Если же в измерительной схеме имеется индуктивный элемент, замыкающий цепь между полюсами двухполюсника для постоянного тока, одна из величин a_0 или b_0 будет равна нулю. Необходимо исследовать особенности применения метода обобщенных параметров в этой ситуации [2].

На рисунке приведены две схемы четырехэлементных двухполюсников с коротким замыканием цепи на постоянном токе.

Комплексная проводимость *RLC*-двухполюсника (рис. *а*) в операторной форме имеет вид

$$Y(p) = \frac{R_1 + p(R_1R_2C_1 + L_1) + p^2(R_1 + R_2)L_1C_1}{pR_1L_1 + p^2R_1R_2L_1C_1}, \quad (6)$$

а комплексное сопротивление

$$Z(p) = \frac{pR_1L_1 + p^2R_1R_2L_1C_1}{R_1 + p(R_1R_2C_1 + L_1) + p^2(R_1 + R_2)L_1C_1}. \quad (7)$$

В знаменателе выражения (6) отсутствует свободный член a_0, поэтому нельзя воспользоваться формулами (4). Однако если оператор $1/p$ рассматривать как символ интегрирования, то остальную часть формулы (6) можно принять за операторное выражение сопротивления двухполюсника:

$$Y(p) = \frac{1}{p} \times \frac{R_1 + p(R_1R_2C_1 + L_1) + p^2(R_1 + R_2)L_1C_1}{R_1L_1 + pR_1R_2L_1C_1}. \quad (8)$$

В этом случае обобщенные параметры проводимости двухполюсника:

$$Y_0 = \frac{1}{L_1};\ Y_1 = \frac{1}{R_1};\ Y_2 = C_1;\ Y_3 = -R_2C_1^2. \quad (9)$$

Так как интегрирование повышает на единицу степень тестового импульса, в рассматриваемом примере для питания двухполюсника можно использовать квадратичный импульс напряжения

$$u(t) = \frac{U_m t^2}{t_и^2}.$$

По окончании переходного процесса в двухполюснике установится ток $i_{дп}(t)$, который содержит четыре импульса тока, имеющих форму степенных функций с показателями степени от 3 до 0:

$$i_{дп}(t) = \frac{U_m t^3}{3L_1t_и^2} + \frac{U_m t^2}{R_1t_и^2} + \frac{2C_1U_m t}{t_и^2} - \frac{2R_2C_1^2U_m}{t_и^2}. \quad (10)$$

Измерив амплитуды каждого импульса, можно вычислить параметры элементов двухполюсника L_1, R_1, C_1, R_2.

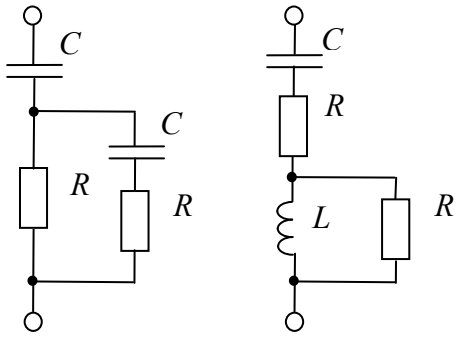


Рис. Схемы двухполюсников с разрывом цепи на постоянном токе

Другой путь определения этих параметров связан с возбуждением двухполюсника импульсом тока и измерением амплитуд составляющих напряжения на двухполюснике. В выражении для сопротивления двухполюсника (7) отсутствует свободный член в числителе. Следовательно, параметр с нулевым индексом Z_0 равен нулю и в выходном сигнале нет составляющей с показателем степени входного воздействия. Поэтому необходимо повысить на единицу показатель степени тестового импульса. Выражения для обобщенных Z-параметров находим из (7):

$$Z_1 = L_1;\ Z_2 = -\frac{L_1^2}{R_1};\ Z_3 = \frac{L_1^2}{R_1^2}\left(L_1 - R_1^2 C_1\right);$$

$$Z_4 = L_1^2 C_1^2\left(R_1 + R_2\right) - \frac{L_1^2}{R_1^3}\left(L_1 - R_1^2 C_1\right)^2. \quad (11)$$

Чтобы обеспечить условия для определения четырех параметров двухполюсника, необходимо использовать импульсы тока с показателем степени 4:

$$i(t) = \frac{I_{\text{m}} t^4}{t_{\text{и}}^4}.$$

В установившемся режиме напряжение на двухполюснике будет содержать импульсы, имеющие форму степенных функций времени с показателями от 3 до 0:

$$u_{\text{дп}}(t) = \frac{4L_1 I_{\text{m}} t^3}{t_{\text{и}}^4} - \frac{12L_1^2 U_{\text{m}} t^2}{R_1 t_{\text{и}}^4} + \frac{24\dfrac{L_1^2}{R_1^2}\left(L_1 - R_1^2 C_1\right) I_{\text{m}} t}{t_{\text{и}}^4} - \frac{24\left[L_1^2 C_1^2\left(R_1 + R_2\right) - \dfrac{L_1^2}{R_1^3}\left(L_1 - R_1^2 C_1\right)^2\right] I_{\text{m}}}{t_{\text{и}}^4}. \quad (12)$$

При включении двухполюсника (см. рис. *а*) в мостовую цепь в качестве плеча одной из ветвей, а другое плечо этой ветви содержит образцовый резистор R_0, измерительная схема представляет собой делитель напряжения с передаточной функцией:

$$H(p) = \frac{pR_1L_1 + p^2R_1R_2L_1C_1}{R_1R_0 + p\left[R_0R_1R_2C_1 + \left(R_1 + R_0\right)L_1\right] + p^2\left[R_1R_0 + \left(R_1 + R_0\right)R_2\right]L_1C_1} \quad (13)$$

В числителе формулы передаточной функции отсутствует свободный член, и параметр H_0 равен нулю, т. е. не содержит информации о параметрах двухполюсника. Поэтому следует увеличить степень тестового сигнала на единицу, в рассматриваемом примере – до 4. Обобщенные параметры системной функции (13) имеют следующий вид:

$$H_1 = \frac{L_1}{R_0};$$

$$H_2 = -\frac{L_1^2}{R_0} \cdot \frac{\left(R_1 + R_0\right)}{R_1R_0};$$

$$H_3 = \frac{L_1^2}{R_0}\cdot\left[\frac{L_1\left(R_1+R_0\right)^2}{R_1^2R_0^2}-C_1\right];$$

$$H_4 = \frac{\left[\left(R_1+R_0\right)R_2+R_1R_0\right]L_1^2C_1^2}{\left(R_1+R_0\right)R_0} -$$

$$-\frac{L_1^2R_1}{\left(R_1+R_0\right)}\cdot\left[\frac{L_1\left(R_1+R_0\right)^2}{R_1^2R_0^2}-C_1\right]^2. \qquad (14)$$

При воздействии на мост питающего импульса напряжения, имеющего четвертую степень

$$u_1(t) = \frac{U_{\text{m}}t^4}{t_{\text{и}}^4},$$

на выходе делителя напряжение будет содержать импульсы с показателями степени от 3 до 0:

$$u_{\text{дп}}(t) = \frac{4H_1U_{\text{m}}t^3}{t_{\text{и}}^4}+\frac{12H_2U_{\text{m}}t^2}{t_{\text{и}}^4}+$$
$$+\frac{24H_3U_{\text{m}}t}{t_{\text{и}}^4}+\frac{24H_4U_{\text{m}}}{t_{\text{и}}^4}.$$

Такие же результаты получены и при анализе схемы резистивно-индуктивного двухполюсника (см. рис. *б*). Комплексное сопротивление *RL*-двухполюсника в операторной форме имеет вид

$$Z(p) = \frac{pR_1R_2L_1+p^2\left(R_1+R_2\right)L_1L_2}{R_1R_2+p\left[\left(R_1+R_2\right)L_2+R_2L_1\right]+p^2L_1L_2}, \qquad (15)$$

а *Z*-параметры находим по следующим формулам:

$$Z_1 = L_1;\ Z_2 = -\frac{L_1^2}{R_1};\ Z_3 = \frac{L_1^2}{R_1^2}\left(L_1+L_2\right);$$

$$Z_4 = -\frac{L_1^2}{R_1^2}\left[\frac{\left(L_1+L_2\right)^2}{R_1}-\frac{L_2^2}{R_2}\right]. \qquad (16)$$

Комплексная проводимость *RL*-двухполюсника (см. рис. *б*) в операторной форме имеет вид

$$Y(p) = \frac{1}{p}\times$$
$$\times\frac{R_1R_2+p\left[\left(R_1+R_2\right)L_2+R_2L_1\right]+p^2L_1L_2}{R_1R_2L_1+p\left(R_1+R_2\right)L_1L_2}, \qquad (17)$$

и из нее находим выражения для обобщенных *Y*-параметров:

$$Y_0 = \frac{1}{L_1};\ Y_1 = \frac{1}{R_1};\ Y_2 = L_2;$$
$$Y_3 = -\frac{L_2^2\left(R_1+R_2\right)}{R_1R_2}. \qquad (18)$$

Передаточная функция делителя напряжения, состоящего из образцового резистора и *RL*-двухполюсника, представляется выражением

$$H(p) = \frac{pR_1R_2L_1+p^2\left(R_1+R_2\right)L_1L_2}{R_1R_2R_0+p\left[\left(R_1+R_0\right)R_2L_1+\left(R_1+R_2\right)R_0L_2\right]+p^2\left(R_1+R_0+R_2\right)L_1L_2}. \qquad (19)$$

Находим *H*-параметры делителя:

$$H_0 = 0; H_1 = \frac{L_1}{R_0};$$

$$H_2 = -\frac{L_1^2}{R_0^2}\cdot\frac{R_1+R_0}{R_1};$$

$$H_3 = \frac{L_1^2}{R_0^2}\cdot\frac{R_1+R_0}{R_1^2}\left[\frac{L_1\left(R_1+R_0\right)}{R_0}+\frac{L_2R_0}{R_1+R_0}\right]$$

$$H_4 = -\frac{L_1^2}{R_0^2}\cdot\frac{R_1+R_0}{R_1^3}\times$$
$$\times\left[\frac{L_1\left(R_1+R_0\right)}{R_0}+\frac{L_2R_0}{R_1+R_0}\right]^2 - \qquad (20)$$
$$-\frac{L_1^2L_2^2\left(R_1+R_2+R_0\right)}{R_0R_1^3\left(R_1+R_0\right)}.$$

По измеренным значениям H-параметров (H_1, H_2, H_3 и H_4) можно вычислить электрические параметры элементов двухполюсника L_1, R_1, L_2 и R_2 соответственно.

Заключение

При идентификации двухполюсных цепей с коротким замыканием по постоянному току необходимо модифицировать метод обобщенных параметров. С этой целью, если в знаменателе системной функции двухполюсника отсутствует свободный член, оператор p из знаменателя следует включить в операторное изображение тестового импульса, а в оставшейся части изображения системной функции сдвинуть на единицу индексы при обобщенных параметрах. При этом требуется уменьшить показатель степени питающего импульса. В случае, когда свободный член отсутствует в числителе системной функции, а обобщенный параметр с нулевым индексом равен нулю, необходимо увеличить на единицу показатель степени тестового сигнала, приравняв его к числу элементов двухполюсника.

1. Иванов В.И., Титов В.С., Голубов Д.А. Применение обобщенных параметров измерительной цепи для идентификации многоэлементных двухполюсников // Датчики и системы. 2010. № 8. С. 43–45.

2. Иванов В.И., Титов В.С. Эквивалентные преобразования обобщенных параметров двухполюсников при идентификации сложных измерительных цепей // Датчики и системы. 2012. № 5. С. 11–16.

Получено 28.06.12

V.I. Ivanov, Candidate of Sciences, Assistant Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: viva37@mail.ru)

A.L. Klyuev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: mertan2@yandex.ru)

DETERMINATION OF PARAMETERS OF PASSIVE TWO-POLES WITH THE RUPTURE OF THE CHAIN ON THE DIRECT CURRENT

Considered features of application of a method of the generalized parameters of passive linear two-poles chain in which capacitor is included between poles are. Motivatad recommendations about updating of algorithm of measurement of parameters are.

Key words: *the generalized parameters, two-poles.*

УДК 519.725

С.И. Егоров, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: sie58@mail.ru)

О.Б. Графов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: olegraf@gmail.com)

Ж.Т. Жусубалиев, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: zhanybai@yahoo.com)

Э.И. Ватутин, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: evatutin@rambler.ru)

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МЯГКОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ КОДОВ РИДА-СОЛОМОНА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА СПИСОЧНОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ

Предложены варианты реализации алгоритмов мягкого декодирования кодов Рида-Соломона, основанные на введение управления мягкими решениями в процедуру поиска позиций ошибок алгоритма спи-

сочного декодирования. Приводятся результаты исследования эффективности и вычислительной сложности предложенных алгоритмов путем имитационного моделирования.

Ключевые слова: *коды Рида-Соломона, мягкое декодирование кодов Рида-Соломона, декодер кодов Рида-Соломона.*

***

Введение

В современных технологиях передачи и хранения информации все большую роль играют средства помехоустойчивого кодирования. В качестве примера можно привести цифровое телевидение (различные системы DVB) и оптические диски (DVD). Во многих стандартах DVB и в DVD в качестве средств помехоустойчивого кодирования используются коды Рида-Соломона.

Коды Рида-Соломона (РС-коды) характеризуются параметрами (n, k, d), где n – длина кодового слова, k – количество информационных символов в кодовом слове и d – минимальное кодовое расстояние. При этом количество проверочных символов в слове $r = (n\text{-}k)$, и $d = r+1$. Символы кодового слова представляют собой элементы поля Галуа $GF(q)$.

Известно, что коды Рида-Соломона могут гарантированно исправлять любой набор из t ошибочных символов тогда и только тогда, когда выполняется условие $2t + 1 \le d$ или $t \le t_C = \lfloor (d-1)/2 \rfloor$ [1]. Для исправления вплоть до t_C ошибок разработано несколько эффективных алгоритмов, из которых наиболее известны алгоритм Берлекэмпа-Месси и алгоритм Евклида.

В [2] Гурасвами и Судан предложили алгоритм списочного декодирования РС-кодов, исправляющий ошибочные символы и в том случае, когда вышеприведенное неравенство нарушается (т.е. за границей половины минимального кодового расстояния). На основе этого алгоритма Кеттер и Варди разработали алгоритм мягкого декодирования [3]. Их алгоритм позволяет значительно лучше использовать корректирующие возможности кодов Рида-Соломона, чем классические алгоритмы декодирования, исправляющие ошибки в пределах половины минимального кодового расстояния. Основной недостаток алгоритма Кеттера-Варди – большая вычислительная сложность.

Альтернативный алгоритм списочного декодирования кодов Рида-Соломона, позволяющий исправлять максимальное число ошибок за границей половины минимального кодового расстояния независимо от скорости кода (k/n), приведен в [4]. Упрощенная версия алгоритма декодирования, позволяющая исправить t_C+1 ошибочных символов, описана в [5].

В представленной работе предлагаются варианты реализации мягкого декодирования кодов Рида-Соломона, основанные на алгоритме списочного декодирования, введенного в [4]. В работе приводятся результаты исследования эффективности применения и вычислительной сложности предложенных алгоритмов путем имитационного моделирования.

Алгоритмы мягкого декодирования кодов Рида-Соломона, использующие управляемый перебор позиций ошибок

В алгоритм списочного декодирования кодов Рида-Соломона [4,6] можно ввести мягкие решения, изменив следующим образом этап 9.

Вычисляются последовательности $S_{L[i_1],L[i_2],\ldots,L[i_{l-1}]}$ возможных значений невязки $\Delta^{L[i_1],L[i_2],\ldots,L[i_l]}$ для всех возможных наборов индексов i_1, $i_2,\ldots,i_{l\text{-}1}$ ($i_l = i_{l\text{-}1}+1,\ldots, n_C-1$) и осуществляется поиск значений Δ, которые встречаются точно w раз в какой-то из этих последовательностей, где

$$S_{L[i_1],L[i_2],\ldots,L[i_{l-1}]} = \{\Delta^{L[i_1],L[i_2],\ldots,L[i_l]} = \frac{F^{o1}(L[i_1],L[i_2],\ldots,L[i_l],R_{L[i_1]},R_{L[i_2]},\ldots,R_{L[i_l]})}{F^{o2}(L[i_1],L[i_2],\ldots,L[i_l],R_{L[i_1]},R_{L[i_2]},\ldots,R_{L[i_l]})};$$

$$i_l = \overline{i_{l-1}+1, n_C-1}\}.$$

Если найдены значений Δ, которые встречаются точно w раз в какой-то из этих последовательностей, то значениями позиций ошибок являются значения индексов $L[i_1]$, $L[i_2]$,…, $L[i_{l-1}]$ этой последовательности и множество значений индекса $L[i_l]$, соответствующего таким Δ.

Поиск позиций ошибок осуществляется в порядке возрастания надежностей соответствующих им наборов символов принятого кодового слова. Оценки надежностей символов можно сформировать на основе мягких решений составляющих символ бит. Последовательность номеров позиций символов, упорядоченных по надежности, хранится в таблице L.

Можно получить несколько вариантов алгоритмов мягкого декодирования кодов Рида-Соломона, используя различные алгоритмы перебора индексов i_1, i_2,…,i_{l-1} и различные условия выхода из цикла этапа 9.

Наиболее очевидный алгоритм перебора индексов i_1, i_2,…,i_{l-1}, допускающий простую аппаратную реализацию, приведен ниже в виде С-подобного кода:

```
for (i = l -2; i >= 0; i--)
{
i_massiv[i]++;
if (i_massiv[i]==CycleLimits[CycleLi
mitsPointer+i]);
else
{
for (j=1; j<l-i-1; j++) i_massiv[i+j]=
i_massiv[i]+j;
goto MainCycle; // Переход к вычис-
лению S_{L[i1],L[i2],...,L[il-1]}
}
}
```

Массив *i_massiv[l]* содержит набор индексов i_1, i_2,…,i_l, он инициализируется следующим образом:

```
for (i = 0; i < l; i++) (i_massiv[i] = i;
```

Диапазон перебора индексов i_1, i_2, …, i_{l-1} ограничен первыми наименее надежными n_T позициями символов из таблицы L. Для этого используется массив *CycleLimits*. Кроме того, выход из цикла этапа 9 осуществляется после получения первого вектора ошибок. Быстродействие получившегося алгоритма мягкого декодирования на порядки выше алгоритма списочного декодирования [4], поскольку n_T в разы меньше длины кода n.

Эффективность коррекции ошибок получившегося алгоритма быстро падает с увеличением размера списка кодовых слов, попадающих в сферу радиуса $t_C+\tau$, из-за немонотонного роста надежности наборов перебираемых позиций ошибок.

Более эффективный алгоритм мягкого декодирования может быть получен на основе следующего алгоритма перебора индексов i_1, i_2,…,i_{l-1}:

```
if (IndSerLen>1)
{
IndSerLen--;
for (i=0; i<IndSerLen; i++)
i_massiv[i]=i;
i_massiv[IndSerLen]=IndSerPos+1;
IndSerPos = IndSerLen-1;
}
else
{
IndSerPos++;
i_massiv[0]=IndSerPos;
i=1;
while (IndSerPos+1== i_massiv[i])
{
i++;
```

```
IndSerLen++;
IndSerPos++;
if ( i==l-1) break;
}
}
if(i_massiv[l-2]<CycleLimits[Cycle
LimitsPointer+l-2]) goto MainCycle;
```

Значения управляющих переменных задаются следующим образом:

```
IndSerLen = l-1;
IndSerPos = IndSerLen-1;.
```

Эффективность последнего алгоритма, дополненного фильтром, отсеивающим вектора ошибок, имеющие слишком высокую надежность, была исследована путем имитационного моделирования. При моделировании использовалась модель канала с гауссовым шумом (AWGN) и модуляцией BPSK. Исследования проводились для ряда популярных кодов Рида-Соломона, определенных над полем $GF(2^8)$ с минимальным кодовым расстоянием $d = 17$. В качестве меры надежности символа принималось минимальное значение модуля LLR составляющих символ бит.

На рисунках 1–4 приведены результаты имитационного моделирования алгоритма мягкого декодирования РС-кодов. Рисунки 1–3 содержат графики зависимостей FER (Frame Error Ratio) от E_b/N_o (отношения энергии сигнала на информационный бит к односторонней спектральной плотности шума). Рис. 4 содержит график зависимости вычислительной сложности алгоритма от E_b/No. Цифрами обозначены: 1 – классический декодер, исправляющий $t_C = 8$ ошибок без использования мягких решений; 2 – декодер, реализующий предложенный алгоритм с радиусом декодирования t_C+1; 3 – тот же декодер с радиусом декодирования t_C+2; 4 – декодер с радиусом декодирования t_C+3; 5 – декодер Кеттера-Варди с мультиплисити 2 [6]. Буквами обозначены: А – декодер, реализующий списочное декодирование с радиусом t_C+1; В – тот же декодер с радиусом декодирования t_C+2.

На рис. 1 приведены результаты исследования предложенного алгоритма применительно к коду Рида-Соломона (204, 188), используемому в системе DVB. Результаты показывают целесообразность исправления до трех дополнительных ошибок. При этом дополнительный кодовый выигрыш составит около 0,42 *dB* при $FER=10^{-2}$.

Рис. 2 показывает эффективность декодирования кода Рида-Соломона (255,239), используемого в оптоволоконных системах передачи данных. Результаты показывают целесообразность исправления до трех дополнительных ошибок. При этом дополнительный кодовый выигрыш составит около 0,42 *dB*. Эффективность предложенного алгоритма выше, чем эффективность алгоритма Кеттера-Варди с мультиплисити 2 на этапе поиска неизвестных невязок при обработке одного кодового слова. При этом операции умножения и деления пересчитываются в операции сложения в соотношении: одно умножение = m сложений, одно деление = m^2 сложений, m – число бит в символе РС-кода.

Рис. 3 показывает целесообразность применения алгоритма мягкого декодирования для коррекции ошибок в оптических дисках типа WORM с радиусом декодирования t_C+3. При этом дополнительный кодовый выигрыш составит около 0,48 *dB* при $FER=10^{-3}$.

Под вычислительной сложностью ξ (см. рис. 4) понимается среднее количество операций в конечном поле Галуа, выполняемое алгоритмом декодирования на этапе поиска неизвестных невязок при обработке одного кодового слова. При этом операции умножения и деления пересчитываются в операции сложения в соотношении: одно умножение = m сложений, одно деление = m^2 сложений, m – число бит в символе РС-кода.

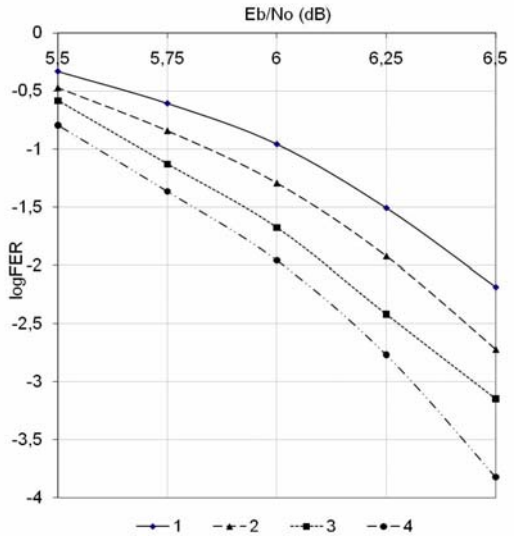


Рис. 1. Зависимость FER от E_b/No для РС-кода (204,188)

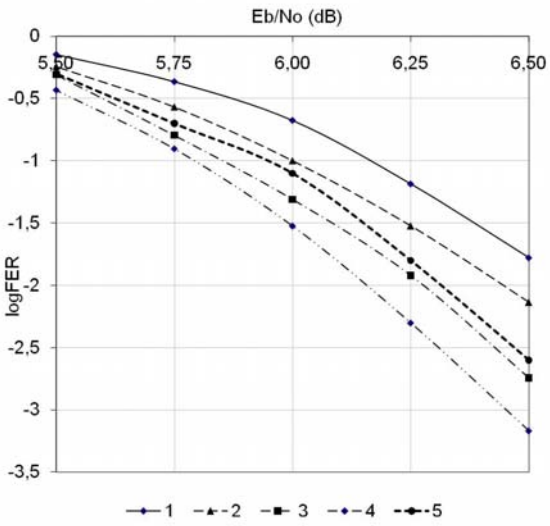


Рис. 2. Зависимость FER от Eb/No для РС-кода (255,239)

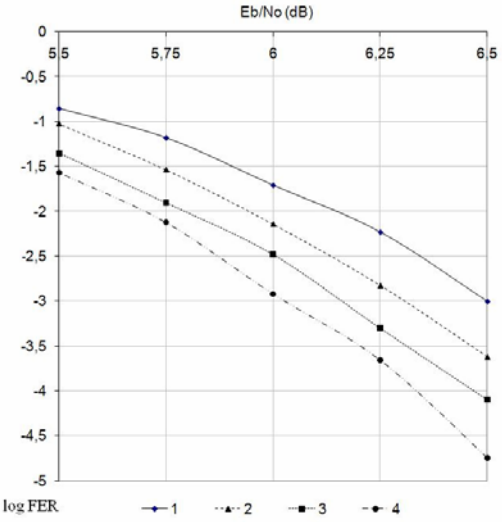


Рис. 3. Зависимость FER от E_b/No для РС-кода (120,104)

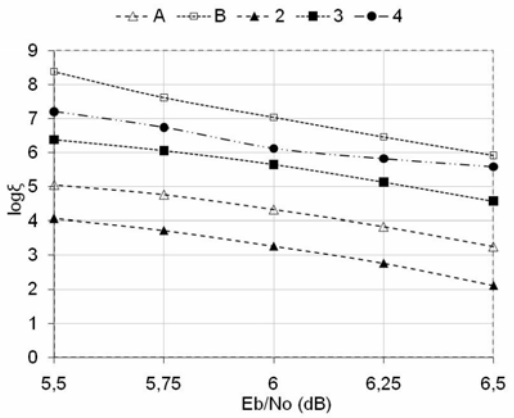


Рис. 4. Зависимость вычислительной сложности алгоритма от E_b/No для РС-кода (120,104)

Рис. 4. показывает, что введение мягких решений в алгоритм списочного декодирования кода Рида-Соломона (120, 104), используемого для коррекции ошибок в оптических дисках типа WORM, позволяет уменьшить вычислительную сложность алгоритма на порядок и более.

Выводы

Представленные алгоритмы декодирования позволяют значительно повысить эффективность применения высокоскоростных кодов Рида-Соломона в системах хранения и передачи информации за счет исправления дополнительных ошибок. При этом не требуется изменять существующие стандарты.

Введение мягких решений в процедуру поиска позиций ошибок, ограничение области вылавливания ошибок, использование фильтрации векторов ошибок по надежности позволило значительно уменьшить вычислительную сложность по сравнению с другими алгоритмами мягкого декодирования за границей половины минимального кодового расстояния при сопоставимой корректирующей способности (для каналов с гауссовым шумом).

Представленная работа поддержана грантом Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», № 14.B37.21.0621.

Список литературы

1. Кларк Д., Кейн Д. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: [пер. с англ.]. М.: Радио и связь, 1987. 392с.

2. Guruswami V., Sudan M. Improved Decoding of Reed-Solomon and Algebraic-Geometry Codes // IEEE Trans. Inform. Theory. 1999. Vol. 45, № 6. P. 1757–1767.

3. Koetter R., Vardy A. Algebraic soft-decision decoding of Reed-Solomon codes // IEEE Trans. Inform. Theory. 2003. Vol. 49, № 6. P. 2809–2825.

4. Егоров С.И. Алгоритм декодирования кодов Рида-Соломона, исправляющий вплоть до *n-k* ошибок в кодовом слове // Труды РНТОРЭС им. А.С. Попова. Серия «Цифровая обработка сигналов и ее применение». Вып. XI-1. М., 2009. С. 27–30.

5. Egorov S., Markarian G., Pickavance K. A Modified Blahut Algorithm for Decoding Reed-Solomon Codes Beyond Half the Minimum Distance // IEEE Trans. on Commun. 2004. Vol. 52, № 12. P. 2052–2056.

6. Расширение возможностей списочного декодирования кодов Рида-Соломона путем выбора вектора ошибок из списка с использованием мягких решений / С.И. Егоров [и др.] // Известия ЮгоЗап. гос. ун-та. Серия «Управление, вычислительная техника, информатика», 2012. № 2. Ч. 1. С. 168–173.

Получено 28.06.12

S.I. Egorov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: sie58@mail.ru)

O.B. Grafov, Post-Graduated Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: olegraf@gmail.com)

Z.T. Zusubaliev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: e-mail: zhanybai@yahoo.com)

E.I. Vatutin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: evatutin@rambler.ru)

DEVELOPMENT OF SOFT DECODING ALGORITHMS FOR REED-SOLOMON CODES ON THE BASE OF LIST DECODING ALGORITHM

New algorithms for soft decoding of Reed-Solomon codes are proposed. These algorithms fulfil the error positions search controlled by soft decisions. The simulation results of the algorithms are presented.

Key words: *Reed-Solomon codes, soft decoding, decoding beyond half the minimum distance.*

УДК 004.032.22

С.Л. Марухленко, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: 8-950-872-9222; e-mail: proxy33@inbox.ru)

С.В. Дегтярев, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 8-471-258-7111; e-mail: sergeyd12@gmail.com)

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АНАЛИЗА РИСКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ

Разработан программный модуль, позволяющий учитывать комплексное задание параметров аварийной ситуации, формировать дерево событий с указанием вероятностного исхода и рассчитывать зоны опасных факторов техногенных аварий. Результаты работы модуля могут быть использованы при анализе риска.

Ключевые слова: *дерево событий, поле потенциального риска, программный модуль, техногенная авария, анализ.*

***

Применение методологии анализа риска в практике обеспечения промышленной и пожарной безопасности характеризуется следующими обстоятельствами:

– вступлением в силу Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ, следствие которого – разработка методических документов по оценке пожарного риска и начало внедрения в практику декларирования пожарной безопасности;

– появлением новых нормативных требований о необходимости оценки риска в положениях «Технического регламента о безопасности машин и оборудования» (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 15.09.2009 № 753);

– широким применением количественного анализа риска при разработке специальных технических условий на проектирование и строительство опасных производственных объектов (ОПО), которые разрабатываются в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и приказом Минрегиона России от 01.04.2008 № 36 «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства».

Таким образом, требования о необходимости проведения оценки риска содержатся в документах по декларированию не только промышленной безопасности, но и пожарной безопасности, по техническому регулированию, в планах по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, а также по локализации и ликвидации аварийных ситуаций на химико-технологических объектах и др.

Наиболее полно методология анализа риска реализуется в процедуре декларирования промышленной безопасности ОПО. Согласно [1] декларированию подлежат 3455 ОПО 1-го типа, которые эксплуатируются 823 организациями. При этом доля декларируемых ОПО составляет менее 1,5% всех ОПО, подконтрольных Ростехнадзору. В настоящее время при декларировании оценены риски аварий практически на всех действующих крупных ОПО, на которых хранятся и используются опасные вещества, в том числе на объектах химических, нефтехимических, газо- и нефтеперерабатывающих заводов, газонаполнительных станций и магистральных трубопроводов. Как правило, декларации разрабатываются на проектируемые объекты или в связи с изменением сведений, содержащихся в старых декларациях.

Однако вопросы методического обеспечения разработки деклараций, а также качество работ по декларированию (включая экспертизу деклараций) далеки от полного решения. К типичным ошибкам декларирования относятся:

– неверное определение или неполный перечень сценариев аварий;

– ошибки, особенно при расчетах последствий взрыва дрейфующих облаков топливно-воздушных смесей (из-за неумения использовать РД-03-26-2007 или его отсутствия);

– неверное построение полей потенциального риска, требующих применения специальных компьютерных программ;

– использование разработчиками декларации промышленной безопасности зарубежных программных комплексов, правильность расчетов по которым невозможно проверить из-за труднодоступности этих комплексов.

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах является составной частью управления промышленной безопасностью и заключается в сис-

тематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий. Из масштабов задачи следует тот факт, что расчет крупных проектов силами экспертных организаций сводится к работе группы ученых и специалистов и невозможен без использования прикладных программных средств.

В связи с тем, что существующие программные средства для расчета рисков отличаются высокой стоимостью, недостаточной гибкостью к изменениям расчетов согласно вновь утверждаемым методикам, было принято решение разработать программную модель, отвечающую требованиям гибкости настройки и полноты проведения расчетных этапов на основании полного множества параметров рассматриваемого объекта промышленности.

Основная идея оценки состоит в анализе уязвимостей, степени изменяемости результативных показателей по отношению к варьированию входных параметров проекта (распределение вероятностей, областей изменения тех или иных величин). Выводы исследования чувствительности входных параметров проекта отражают степень достоверности полученных при анализе проектных результатов. В случае несоответствия результатов расчета требованиям безопасности формируется перечень наиболее опасных факторов, для которых необходимо уточнить параметры, неточность или неполное задание которых является наиболее существенным в получении результата, или произвести ряд мероприятий, приводящих к снижению показателей риска. Системный подход связан с построением модели, направленной исключительно на расчет показателей риска, не являющихся адаптированных для той или иной области промышленности. В результате оценки такой модели расчетов по ней формируется описание функционирования реальной подсистемы.

Остановимся более подробно на структурных составляющих системы, особенностях их функционирования и взаимодействия между собой (рис.).

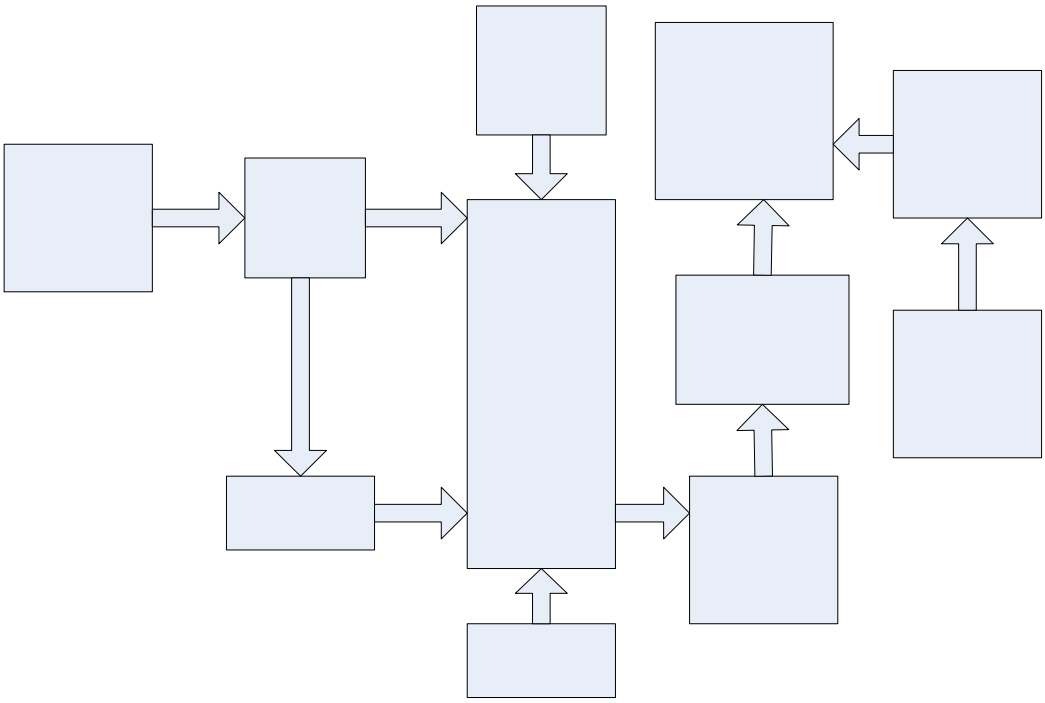


Рис. Схема структурного анализа системы

Каждый блок представляет собой отдельную подсистему, разработанную для выполнения ряда задач. В связи с ограничениями объема публикации рассмотрим лишь блок расчета показателей риска и построения диаграммы социального риска. В данном разделе реализована определенная гибкость метода, предложенного учеными ЗАО «НТЦ ПБ», поскольку фактически возможно построение диаграммы социального риска как кривой, характеризующей частоту реализации сценария с гибелью не менее X человек (вариант 1, классический), так и кривой, характеризующей гибель не менее X человек в течение года (вариант 2).

При варианте 1, если предположить, что события возникновения аварий по различным сценариям несовместные (если имеет эффект домино, то это будет рассматриваться как отдельный сценарий), для каждого n суммируются величины

$$Ч_1(n) = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot P_j(n), \qquad (1)$$

где h_j – удельная продолжительность смены; $Ч_1(n)$ – частота реализация сценариев с гибелью.

При варианте 2, если предположить, что события возникновения аварий по различным сценариям в течение года независимы, то для каждого n

$$Ч_2(n) = \sum_{\substack{k_1,k_2,\ldots,k_J \\ k_l \in \overline{0\ldots N} \\ k_1+k_2+\ldots+k_{J=n}}} \prod_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot P_j(k_l). \qquad (2)$$

Определим ожидаемое число погибших при возможной аварии (коллективный риск (для варианта 1)):

$$\begin{gathered}
R_{кол} = \sum_{n=0}^{N} n \cdot \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot P_j(n) = \\
\sum_{n=0}^{N} \sum_{j=1}^{J} n \cdot v_j \cdot h_j \cdot P_j(n) = \sum_{j=1}^{J} \sum_{n=0}^{N} n \cdot v_j \cdot h_j \cdot P_j(n) == \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \\
\sum_{n=0}^{N} n \cdot P_j(n) = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \sum_{n=0}^{N} n \cdot \sum_{\substack{k_1,k_2,\ldots,k_M \\ k_l \in \overline{0\ldots N_l} \\ k_1+k_2+\cdots+k_M=n}} \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i) = \\
\sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \sum_{n=0}^{N} \sum_{\substack{k_1,k_2,\ldots,k_M \\ k_l \in \overline{0\ldots N_l} \\ k_1+k_2+\cdots+k_M=n}} n \cdot \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i) = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \\
\sum_{n=0}^{N} \sum_{\substack{k_1,k_2,\ldots,k_M \\ k_l \in \overline{0\ldots N_l} \\ k_1+k_2+\cdots+k_M=n}} (k_1 + k_2 + \cdots + k_M) \cdot \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i) = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \\
\sum_{n=0}^{N} \sum_{\substack{k_1,k_2,\ldots,k_M \\ k_l \in \overline{0\ldots N_l} \\ k_1+k_2+\cdots+k_M=n}} (k_1 + k_2 + \cdots + k_M) \cdot \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i) = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \\
\sum_{n=0}^{N} \sum_{\substack{k_1,k_2,\ldots,k_M \\ k_l \in \overline{0\ldots N_l} \\ k_1+k_2+\cdots+k_M=n}} \left(k_1 \cdot \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i) + k_2 \cdot \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i) + \cdots + k_M \cdot \right. \\
\left. \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i)\right) = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \sum_{k_1=0}^{N} \ldots \sum_{k_M=0}^{N} \left(k_1 \cdot \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i) + k_2 \cdot \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k \right. \\
\left. \cdots + k_M \cdot \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i)\right) = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \\
\left(\sum_{k_1=0}^{N} k_1 \cdot P_{j1}(k_1) \cdot \sum_{k_2}^{N} \sum_{k_M=0}^{N} \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i) + \cdots + \sum_{k_M=0}^{N} k_M \cdot P_{jM}(k_M)\right) \cdot \\
\sum_{k_1}^{N} \sum_{k_{M-1}=0}^{N} \prod_{i=1}^{M} P_{ji}(k_i)\Big) = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \left(\sum_{k_1=0}^{N} k_1 \cdot P_{j1}(k_1) + \cdots + \sum_{k_M=0}^{N} k_M \right. \\
\left. P_{jM}(k_M)\right) = \sum_{n=0}^{N_1} n \cdot \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot P_{j1}(n) + \cdots + \sum_{n=0}^{N_M} n \cdot \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot P_{jM}(n)
\end{gathered} \qquad (3)$$

Таким образом, ожидаемое число погибших при аварии на ОПО равно сумме ожидаемых чисел погибших в каждой группе. Из данной формулы видно, что индивидуальный риск как частное коллективного риска и числа рискующих следует только для групп сотрудников, но не для объекта в целом. Преобразовав

последнюю строку доказательства, получаем

$$R_{кол} = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \sum_{n=0}^{N_1} n \cdot P_{j1}(n) + ... + \\ + \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot \sum_{n=0}^{N_M} n \cdot P_{jM}(n). \quad (4)$$

Используя свойство математического ожидания суммы для биномиального распределения, получаем

$$\sum_{n=0}^{N_i} n \cdot P_{ji}(n) = N_i \cdot R_{ji}; \quad (5)$$

$$R_{кол} = \sum_{i=1}^{M} N_i \cdot \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot R_{ji}; \quad (6)$$

$$R_{инд\ i} = \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot R_{ji} = \\ = \frac{\sum_{n=0}^{Ni} n \cdot \sum_{j=1}^{J} v_j \cdot h_j \cdot P_{ji}(n)}{N_i} = \frac{R_{кол\ \ i}}{N_i}, \quad (7)$$

$R_{инд\ i}$ – подлинный индивидуальный риск сотрудника *i*-й группы опасного производственного объекта.

Список литературы

1. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2008 г. М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2009. 448 с.

2. РД 03-616-03. Методические рекомендации по осуществлению идентификации опасных производственных объектов. Сер. 21. Вып. 1. М.: ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2004. С. 57–88.

3. О техническом регулировании: федер. закон от 27 декабря 2002 г № 184-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2002. № 52. Ст. 5140.

4. Роль и место Декларации промышленной безопасности в решении проблемы технического регулирования / Р.О. Самсонов, А.Б. Скрепнюк, С.В. Овчаров, В.С. Сафонов // Безопасность труда в промышленности. 2007. № 9. С. 34–40.

5. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 1997. № 30. Ст. 3588.

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Российская газета. №4720. 2008. 1 авг.

7. Лисанов М.В. Ошибки нормирования количественных критериев допустимого риска // Методы оценки соответствия. 2009. № 9. С. 41–43.

8. Использование программного комплекса ТОКСИ+^{Risk} для оценки пожарного риска / С.Л. Марухленко [и др.]. // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 1. С. 44–50.

9. Сидоров В.И., Лисанов М.В. О декларировании промышленной и пожарной безопасности на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса // Безопасность труда в промышленности. 2009. № 11. С. 44.

Получено 29.06.12.

S.L. Marukhlenko, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: proxy33@inbox.ru)

S.V. Degtyarev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: sergeyd12@gmail.com)

THE SYSTEM ANALYSIS IN THE SOLUTION OF TASKS OF THE ANALYSIS OF RISK OF NEGATIVE IMPACT OF TECHNOGENIC FAILURES

The program module, allowing to consider a complex task of parameters of an emergency is developed, to form a tree of events with the indication of a likelihood outcome and to count zones of dangerous factors of technogenic failures. Results of operation of the module can be used in the risk analysis.

Key words: *tree of events, field of potential risk, program module, technogenic failure, analysis.*

УДК 681.586.71

В.И. Иванов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: viva37@mail.ru)

В.С. Титов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: titov-kstu@rambler.ru)

А.С. Петров, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: petrov_sasha87@mail.ru)

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ДВУХПОЛЮСНИКОВ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕМ СИГНАЛОВ НА RC-ЗВЕНЬЯХ

Обосновано применение простых многокаскадных дифференциаторов на RC-звеньях в устройствах прямого преобразования параметров многоэлементных двухполюсников с импульсным воздействием на измерительную схему, в которых применяют n-кратное дифференцирование сигналов на входе и выходе измерительной схемы, а по отношению продифференцированных сигналов из каждого канала определяют обобщенные параметры измеряемого двухполюсника, после чего вычисляют электрические параметры элементов объекта измерения.

Ключевые слова: *многоэлементные двухполюсники, обобщенные параметры, параметры преобразования.*

***

В [1, 2] предложены способ и схемы устройств прямого преобразования параметров пассивных многоэлементных *RC*-, *RL*- и *RLC*-двухполюсников (МДП) с возбуждением измерительной схемы (ИС) импульсами напряжения, изменяющегося по закону *n*-й степени времени. Для определения параметров МДП применяется *n*-кратное дифференцирование входного и выходного сигналов ИС. В одном из устройств [1] используются идеальные дифференциаторы, в другом [2] – дифференцирующие *RC*-звенья с буферными каскадами между каскадами. В настоящей работе обосновывается возможность упрощения схемы преобразователя с дифференцированием сигналов с помощью *n*-каскадных *RC*-звеньев без буферных устройств.

На рисунке 1 представлена схема преобразователя параметров многоэлементного двухполюсника с двумя дифференциаторами на *RC*-звеньях.

Измерительная схема представляет собой делитель напряжения, который состоит из одноэлементного образцового двухполюсника Z_0 и измеряемого МДП с комплексным сопротивлением Z. Питание делителя Z_0-Z осуществляется генератором импульсов (ГИ) напряжения, изменяющегося по закону *n*-й степени времени:

$$u_{\text{имп}}(t) = U_m t^{\text{n}} / t_{\text{и}}^{\text{n}}, \qquad (1)$$

где $t_{\text{и}}$ – длительность; U_m – амплитуда импульса.

Выходная реакция ИС после окончания переходного процесса представляет собой сумму импульсов, имеющих форму степенной функции времени с показателями степени, равными n; $n-1$; …, 1; 0 [3]. Амплитуды слагаемых определяются обобщенными параметрами передаточной функции делителя Z_0-Z.

Ограничимся рассмотрением четырехэлементных двухполюсников. Для питания ИС используются импульсы (1) кубичной формы ($n = 3$). После окончания переходного процесса в ИС на измеряемом двухполюснике устанавливается принужденная составляющая реакции, которая состоит из импульсов кубичной, квадратичной, линейной и прямоугольной форм:

$$u_{\text{мдп}}(t) = H_0 U_m t^3 / t_{\text{и}}^3 + 3H_1 U_m t^2 / t_{\text{и}}^3 + 6H_2 U_m t / t_{\text{и}}^3 + 6H_3 U_m / t_{\text{и}}^3, \qquad (2)$$

где H_0, H_1, H_2, H_3 – обобщенные параметры передаточной функции делителя Z_0-Z, которая в общем случае имеет вид

$$H(p) = \frac{b_0 + b_1 p + b_2 p^2 + \ldots}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + \ldots}. \qquad (3)$$

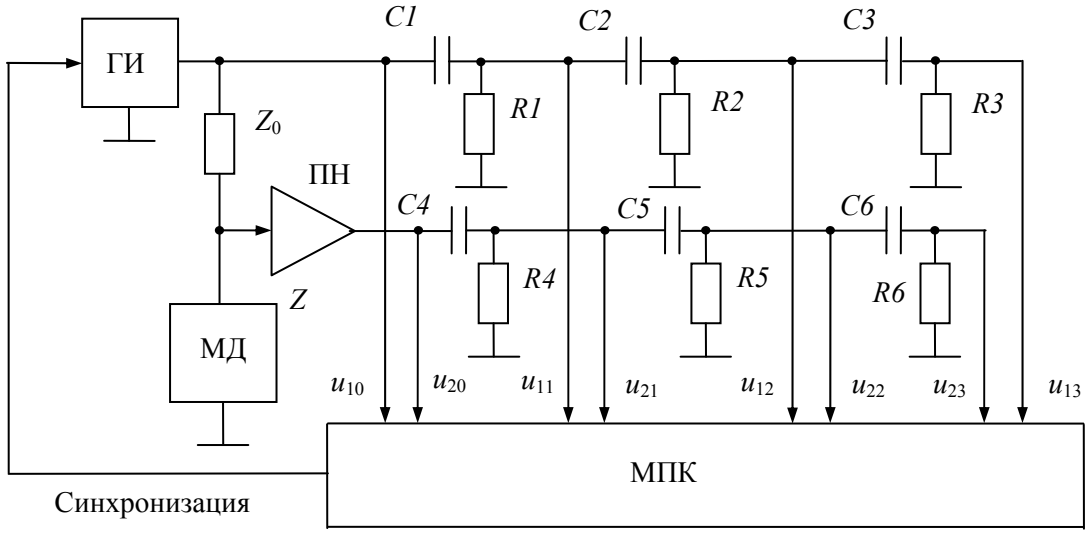


Рис. 1. Схема преобразователя с дифференцирующими *RC*-звеньями

Величины $b_0, b_1, b_2, \ldots, a_0, a_1, a_2, \ldots$ функции (3) определяются элементами МДП и образцового двухполюсника Z_0. Обобщенные параметры передаточной функции находят с помощью рекуррентной формулы [3]:

$$H_0 = \frac{b_0}{a_0};\ H_1 = \frac{b_1 - H_0 a_1}{a_0};\ H_2 = \frac{b_2 - H_0 a_2 - H_1 a_1}{a_0};$$
$$H_3 = \frac{b_3 - H_0 a_3 - H_1 a_2 - H_2 a_1}{a_0}. \qquad (4)$$

Каждый из обобщенных параметров зависит от одного или нескольких электрических параметров элементов измеряемого двухполюсника. Использование обобщенных параметров позволяет унифицировать алгоритм и схему устройства измерения при подключении к нему двухполюсников *RC*-, *RL*- и *R*-*L*-*C*-типа. Определив обобщенные параметры, можно вычислить искомые электрические параметры измеряемого двухполюсника.

Для того чтобы определить выражения для сигналов на выходах каждого каскада первого и второго дифференциаторов, найдем соответствующие передаточные функции схемы (рис. 2):

$$K_{1RC}(p) = \frac{pR_1C_1\left[1+\right.}{1+p\left(R_1C_1+R_2C_2+R_3C_3+R_1C_2+R_2C_3\right)+}\ldots$$
$$\ldots\frac{+p\left(R_2C_2+R_3C_3+R_2C_3\right)+}{+p^2\left(R_1C_1R_2C_2+R_1C_1R_2C_2+R_2C_2R_3C_3+R_1C_1R_2C_3+\right.}\ldots, \qquad (5)$$
$$\ldots\frac{\left.+p^2R_2C_2R_3C_3\right]}{\left.+R_1C_2R_3C_3+R_1C_2R_2C_3\right)+p^3R_1C_1R_2C_2R_3C_3};$$

$$K_{2RC}(p) = \frac{}{1+p\left(R_1C_1+R_2C_2+R_3C_3+R_1C_2+R_2C_3\right)+}\ldots$$
$$\ldots\frac{p^2R_1C_1R_2C_2\left(1+pR_3C_3\right)}{+p^2\left(R_1C_1R_2C_2+R_1C_1R_2C_2+R_2C_2R_3C_3+R_1C_1R_2C_3+\right.}\ldots \qquad (6)$$
$$\ldots\frac{}{\left.+R_1C_2R_3C_3+R_1C_2R_2C_3\right)+p^3R_1C_1R_2C_2R_3C_3};$$

$$K_{3RC}(p)=\frac{}{1+p\left(R_1C_1+R_2C_2+R_3C_3+R_1C_2+R_2C_3\right)+}\ldots$$
$$\ldots\frac{p^3R_1C_1R_2C_2R_3C_3}{+p^2\left(R_1C_1R_2C_2+R_1C_1R_2C_2+R_2C_2R_3C_3+R_1C_1R_2C_3+\right.}\ldots \quad (7)$$
$$\ldots\overline{\left.+R_1C_2R_3C_3+R_1C_2R_2C_3\right)+p^3R_1C_1R_2C_2R_3C_3}.$$

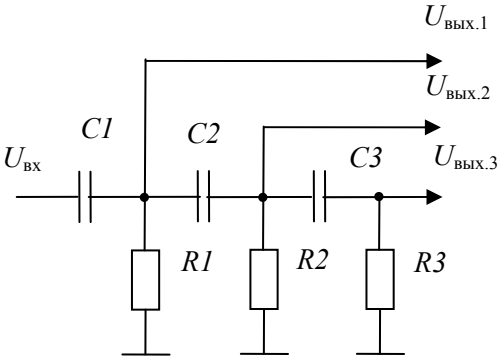


Рис. 2. Схема трехкаскадного дифференциатора на *RC*-звеньях

Для упрощения вычислений целесообразно установить значения сопротивлений R_1, R_2, R_3 и емкостей C_1, C_2, C_3 каждого каскада одинаковыми: $R_1=R_2=R_3=R$; $C_1=C_2=C_3=C$. Обозначим $R_1C_1=R_2C_2=R_3C_3=RC=\tau$. Тогда передаточные функции (5)–(7) примут вид

$$K_{1RC}(p)=\frac{p\tau(1+p3\tau+p^2\tau^2)}{1+p5\tau+p^26\tau^2+p^3\tau^3}. \quad (8)$$

Обобщенные параметры функции $K_{RC1}(p)$:

$$K_{10}=0;\ K_{11}=\tau;\ K_{12}=-2\tau^2;\ K_{13}=5\tau^3;$$

$$K_{2RC}(p)=\frac{p^2\tau^2(1+p\tau)}{1+p5\tau+p^26\tau^2+p^3\tau^3}. \quad (9)$$

Обобщенные параметры функции $K_{RC2}(p)$:

$$K_{20}=0;\ K_{21}=0;\ K_{22}=\tau^2;\ K_{23}=-4\tau^3;$$

$$K_{3RC}(p)=\frac{p^3\tau^3}{1+p5\tau+p^26\tau^2+p^3\tau^3}. \quad (10)$$

Обобщенные параметры функции $K_{RC3}(p)$:

$$K_{30}=0;\ K_{31}=0;\ K_{32}=0;\ K_{33}=\tau^3.$$

Используя выражения для операторного изображения питающего импульса (1) и передаточных функций (8)–(10), находим сигналы на выходах каждого из трех каскадов первого дифференциатора:

$$u_{11}(t)=3\tau U_m\left(t^2-4\tau t+8\tau^2\right)/t_и^3; \quad (11)$$

$$u_{12}(t)=6\tau^2U_m\left(t-4\tau\right)/t_и^3; \quad (12)$$

$$u_{13}(t)=6\tau^3U_m/t_и^3. \quad (13)$$

Аналогично, используя операторное изображение напряжения на измеряемом двухполюснике (2) и передаточные функции (8)–(10), находим сигналы на выходах каждого из трех каскадов второго дифференциатора после окончания переходного процесса в измерительной цепи:

$$u_{21}(t)=3\tau H_0U_m\left(t^2-4\tau t+8\tau^2\right)/t_и^3+$$
$$+6\tau H_1U_m\left(t-2\tau\right)/t_и^3+6\tau H_2U_m/t_и^3; \quad (14)$$

$$u_{22}(t) = 6\tau^2 H_0 U_m (t-4\tau)/t_{\text{и}}^3 + \\ + 6\tau^2 H_1 U_m / t_{\text{и}}^3; \quad (15)$$

$$u_{23}(t) = 6\tau^3 H_0 U_m / t_{\text{и}}^3. \quad (16)$$

Отношения выходных напряжений третьих дифференцирующих каскадов (16) и (13), вторых дифференцирующих каскадов (15) и (12), первых дифференцирующих каскадов (14) и (11), а также напряжений на МДП и питающего импульса в момент времени t равны соответственно:

$$u_{23}/u_{13} = H_0; \quad (17)$$

$$u_{22}/u_{12} = H_0 + H_1/(t-4\tau); \quad (18)$$

$$u_{21}/u_{11} = H_0 + \\ +2H_1(t-2\tau)/\left[t^2 - 4\tau t + 8\tau^2 + 2\tau^2\right] + \\ +2H_2/\left[t^2 - 4\tau t + 8\tau^2 + 2\tau^2\right]; \quad (19)$$

$$u_{20}/u_{10} = H_0 + 3H_1/t + 6H_2/t^2 + 6H_3/t^3. \quad (20)$$

Из уравнений (17)–(20) можно вычислить значения H-параметров измерительной схемы:

$$H_0 = u_{23}/u_{13}; \quad (21)$$

$$H_1 = (u_{22}/u_{12} - u_{23}/u_{13})(t-4\tau),\ c; \quad (22)$$

$$H_2 = (u_{21}/u_{11} - 2u_{22}/u_{12} + u_{23}/u_{13}) \times \\ \times (t^2/2 - 2\tau t + 4\tau^2) + \\ + (u_{22}/u_{12} - u_{23}/u_{13}) 2\tau t + \\ + (u_{21}/u_{11} - u_{23}/u_{13}) \tau^2,\ c^2; \quad (23)$$

$$H_3 = \begin{pmatrix} u_{20}/u_{10} - 3u_{21}/u_{11} + \\ +3u_{22}/u_{12} - u_{23}/u_{13} \end{pmatrix} \cdot t^3/6 + \\ + (u_{21}/u_{11} - 2u_{22}/u_{12} + u_{23}/u_{13}) \times \\ \times (2\tau t^2 - 4\tau^2 t) - \\ - (u_{21}/u_{11} - u_{23}/u_{13}) \tau^2 t,\ c^3. \quad (24)$$

Пример.

Четырехэлементный резистивно-емкостный двухполюсник (рис. 3) включен последовательно с образцовым резистором R_0. Комплексное сопротивление многоэлементного двухполюсника в операторной форме имеет вид

$$Z(p) = \\ = \frac{R_1 + pR_1R_2(C_1 + C_2)}{1 + p\left[R_2(C_1 + C_2) + R_1C_1\right] + p^2 R_1C_1R_2C_2}.$$

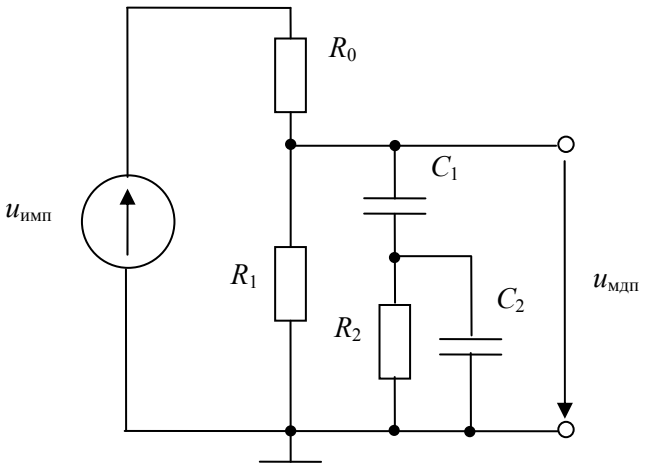


Рис. 3. Измерительная схема для четырехэлементного двухполюсника *RC*-типа

Передаточная функция делителя напряжения R_0-Z определяется выражением

$$H(p) = \frac{R_1 + pR_1R_2(C_1 + C_2)}{R_1 + R_0 + p\left[(R_1 + R_0)R_2(C_1 + C_2) + R_1R_0C_1\right] + p^2 R_0R_1C_1R_2C_2}.$$

Обобщенные параметры передаточной функции выражаются следующими формулами:

$$H_0 = R_1/(R_1 + R_0);\ H_1 = -H_0^2 R_0 C_1, c;$$

$$H_2 = H_0^2 R_0 C_1^2 (R_2 + H_0 R_0), c^2;$$

$$H_3 = -H_0^2 R_0 C_1^2 \times \times\left[(R_2 + H_0 R_0)^2 C_1 + R_2^2 C_2\right],\ c^3.$$

Пусть параметры элементов схемы: $R_0 = 2$ кОм; $R_1 = 2$ кОм; $R_2 = 1$ кОм; $C_1 = 10$ нФ; $C_2 = 20$ нФ. Значения обобщенных параметров измерительной схемы: $H_0 = 0{,}5$; $H_1 = -5$ мкс; $H_2 = 100$ мкс^2; $H_3 = -2000$ мкс^3.

На измерительную цепь воздействует импульс напряжения кубической формы. Полагаем, что длительность импульса равна 100 мкс, постоянная времени дифференцирующего *RC*-звена равна 10 мкс, время отсчета от начала импульса составляет 100 мкс. С помощью выражений (1), (2), (11), …, (16) определяем напряжения на входах и выходах дифференцирующих цепочек:

$u_{10} = U_\text{m}$; $u_{20} = 0{,}398U_\text{m}$;
$u_{11} = 0{,}24181U_\text{m}$; $u_{21} = 0{,}10023U_\text{m}$;
$u_{12} = 0{,}0468U_\text{m}$; $u_{22} = 0{,}0204U_\text{m}$;
$u_{13} = 0{,}006U_\text{m}$; $u_{23} = 0{,}003U_\text{m}$

и вычисляем отношения напряжений обоих дифференцирующих каналов:

$$\frac{u_{23}}{u_{13}} = 0{,}5; \quad \frac{u_{22}}{u_{12}} = 0{,}4359;$$

$$\frac{u_{21}}{u_{11}} = 0{,}4144; \quad \frac{u_{20}}{u_{10}} = 0{,}398.$$

Подставляем полученные значения отношений напряжений в формулы обобщенных параметров и убеждаемся в том, что вычисленные величины практически совпадают с исходными данными:

$H_0 = 0{,}5$; $H_1 = -5{,}000$ мкс;
$H_2 = 100{,}9312$ мкс^2; $H_3 = -1998{,}91$ мкс^3.

Отличие менее 1% обусловлено округлением результатов вычислений.

Таким образом, простая схема дифференциатора на RC-звеньях обеспечивает реализацию способа определения параметров двухполюсников, предложенного в [1].

Список литературы

1. Пат. 2422838 Рос. Федерация G01R 27/26. Способ и устройство измерения параметров многоэлементных двухполюсников / Иванов В.И., Титов В.С., Петров А.С. Опубл. 27.06.2011, Бюл. № 18.

2. Иванов В.И., Титов В.С., Петров А.С. Измерительный преобразователь параметров многоэлементных двухполюсников с дифференцированием сигналов // Измерительная техника. 2012. № 9. С. 34–38.

3. Иванов В.И., Титов В.С., Голубов Д.А. Применение обобщенных параметров измерительной цепи для идентификации многоэлементных двухполюсников // Датчики и системы. 2010. № 8. С. 43–45.

Получено 25.06.12.

V.S.Titov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: titov-kstu@rambler.ru)

V.I. Ivanov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: viva37@mail.ru)

A.S.Petrov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: petrov-sasha87@mail.com)

THE MEASURING CONVERTER OF PARAMETERS OF MULTIPLE-UNIT DIPOLES WITH DIFFERENTIATION OF SIGNALS ON RC-LINKS

In the article it is motivated to use simple multistage derivators on RC-links in devices of the direct transformation of parameters multiple-unit dipoles with pulse impact on the measuring scheme, in which n-multiple differentiation of the signals at the input and output of the measuring scheme is used and by the calculation of the differentiated

signals from each channel the generic parameters of dipoles are determined, after that the electric parameters of the measuring object are determined.

Key words: *multiple-unit dipole, generic parameters, transformation of parameters.*

УДК 629.7

Д.Н. Тютюнов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail:tjutjunov@mail.ru) (тел. (4712)52-38-24)

Е.А. Бойцова, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail:elena-boitcova@mail.ru) (тел. (4712)52-38-24)

А.В. Бойцов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail:soul2023@mail.ru)

ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТРАЕКТОРИИ ОБЪЕКТА МЕТОДОМ «ТРЕХ ТОЧЕК»

В статье рассмотрен один из вариантов решения задачи определения трехмерных декартовых координат объекта с использованием метода «трех точек». Выведены формулы для определения координат траектории движения цели в режиме реального времени.

Ключевые слова: *лазерный дальномер, высотомер, радиолокационная станция.*

***

Определение трехмерных декартовых координат объекта является одной из наиболее важных задач аэро- и космонавигации [1, 2, 3] .

Рассмотрим один из вариантов решения задачи определения трехмерных декартовых координат объекта с использованием метода «трех точек» (рис.)

Представим летающий объект (воздушное судно, ИСЗ – искусственный спутник Земли и т.п.) в виде материальной точки $M(\overline{x},\overline{y},\overline{z})$, которая перемещается по траектории L и удалена соответственно на расстояния l_1, l_2, l_3 от точек $A(x_1,y_1,z_1)$, $B(x_2,y_2,z_2)$, $C(x_3,y_3,z_3)$. Начало координат расположено в точке $O(0;0;0)$. Координаты $\overline{x},\overline{y},\overline{z}$ и расстояния l_1, l_2, l_3 изменяются по мере перемещения точки М вдоль траектории L. Следует отметить, что значения l_1, l_2, l_3 определяются одним из двух способов:

а) с помощью уголковых отражателей, размещенных в точках А, В, С, вращающихся синхронно с дальномером РЛС (радиолокационная станция), находящимся в точке $O(0;0;0)$;

б) с помощью дальномера РЛС, расположенного на борту летающего объекта.

В первом случае импульсные сигналы, передаваемые с дальномера в точке О, попадают на уголковые отражатели в точках А, В, С, от них сигналы попадают на летающий объект и, отражаясь от него, возвращаются соответственно в точки А,В,С и О. Такой вариант сопровождения цели можно использовать в системах ПВО, ПРО, системах сопровождения транспортных и пассажирских перевозок, системах слежения за ИЗС и т.п. [1,2].

Во втором случае импульсные сигналы, направленные на точки А, В, С, возвращаются на летающий объект и данные о значениях l_1, l_2, l_3 передаются в центр управления полетами. Этот вариант сопровождения целей можно использовать в службах управления полетами аэропортов, центров управления полетами космических аппаратов и т.п. [1,2].

Найдём текущие координаты $\overline{x},\overline{y},\overline{z}$ и текущие расстояния l_1, l_2, l_3 (имея в виду, что $l_1 \geq l_2 \geq l_3$). Из рисунка следует справедливость системы:

$$\begin{cases} l_1 = \sqrt{(\overline{x}-x_1)^2+(\overline{y}-y_1)^2+(\overline{z}-z_1)^2}; \\ l_2 = \sqrt{(\overline{x}-x_2)^2+(\overline{y}-y_2)^2+(\overline{z}-z_2)^2}; \\ l_3 = \sqrt{(\overline{x}-x_3)^2+(\overline{y}-y_3)^2+(\overline{z}-z_3)^2}. \end{cases} \qquad (1)$$

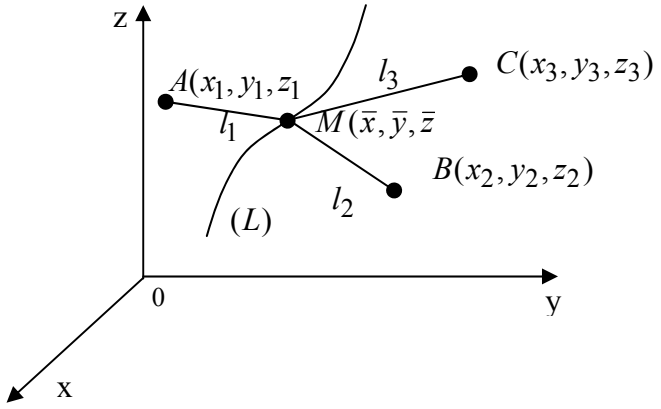


Рис. Расчет траектории объекта

Проведем эквивалентные преобразования системы (1):

$$\begin{cases} l_1^2 = (\bar{x}\text{-}x_1)^2+(\bar{y}\text{-}y_1)^2+(\bar{z}\text{-}z_1)^2, \\ l_2^2 = (\bar{x}\text{-}x_2)^2+(\bar{y}\text{-}y_2)^2+(\bar{z}\text{-}z_2)^2, \\ l_3^2 = (\bar{x}\text{-}x_3)^2+(\bar{y}\text{-}y_3)^2+(\bar{z}\text{-}z_3)^2, \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} l_1^2 = \bar{x}^2+\bar{y}^2+\bar{z}^2-2\bar{x}x_1-2\bar{y}y_1- \\ \quad -2\bar{z}z_1+x_1^2+y_1^2+z_1^2, \\ l_2^2 = \bar{x}^2+\bar{y}^2+\bar{z}^2-2\bar{x}x_2-2\bar{y}y_2- \\ \quad -2\bar{z}z_2+x_2^2+y_2^2+z_2^2, \\ l_3^2 = \bar{x}^2+\bar{y}^2+\bar{z}^2-2\bar{x}x_3-2\bar{y}y_3- \\ \quad -2\bar{z}z_3+x_3^2+y_3^2+z_3^2. \end{cases} \quad (2)$$

Вычтем в системе (2) соответственно из первого уравнения второе и третье уравнения, а из второго − третье уравнение. Имеем:

$$\begin{cases} \dfrac{l_1^2-l_2^2}{2} = (x_2\text{-}x_1)\bar{x}+(y_2\text{-}y_1)\bar{y}+(z_2\text{-}z_1)\bar{z}+ \\ \qquad +\dfrac{(x_1^2\text{-}x_2^2)(y_1^2\text{-}y_2^2)(z_1^2\text{-}z_2^2)}{2}, \\ \dfrac{l_1^2-l_3^2}{2} = (x_3\text{-}x_1)\bar{x}+(y_3\text{-}y_1)\bar{y}+(z_3\text{-}z_1)\bar{z}+ \\ \qquad +\dfrac{(x_1^2\text{-}x_3^2)(y_1^2\text{-}y_3^2)(z_1^2\text{-}z_3^2)}{2}, \\ \dfrac{l_2^2-l_3^2}{2} = (x_3\text{-}x_2)\bar{x}+(y_3\text{-}y_2)\bar{y}+(z_3\text{-}z_2)\bar{z}+ \\ \qquad +\dfrac{(x_2^2\text{-}x_3^2)(y_2^2\text{-}y_3^2)(z_2^2\text{-}z_3^2)}{2}, \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \dfrac{(l_1^2-l_2^2)-(x_1^2\text{-}x_2^2)-(y_1^2\text{-}y_2^2)-(z_1^2\text{-}z_2^2)}{2} = \\ = (x_2\text{-}x_1)\bar{x}+(y_2\text{-}y_1)\bar{y}+(z_2\text{-}z_1)\bar{z}, \\ \dfrac{(l_1^2-l_3^2)-(x_1^2\text{-}x_3^2)-(y_1^2\text{-}y_3^2)-(z_1^2\text{-}z_3^2)}{2} = \\ = (x_3\text{-}x_1)\bar{x}+(y_3\text{-}y_1)\bar{y}+(z_3\text{-}z_1)\bar{z}, \\ \dfrac{(l_2^2-l_3^2)-(x_2^2\text{-}x_3^2)-(y_2^2\text{-}y_3^2)-(z_2^2\text{-}z_3^2)}{2} = \\ = (x_3\text{-}x_2)\bar{x}+(y_3\text{-}y_2)\bar{y}+(z_3\text{-}z_2)\bar{z}. \end{cases} \quad (3)$$

Введя соответствующие обозначения

$$\begin{cases} \dfrac{(l_1^2\text{-}l_2^2)\text{-}(x_1^2\text{-}x_2^2)\text{-}(y_1^2\text{-}y_2^2)\text{-}(z_1^2\text{-}z_2^2)}{2}=k_1, \\ \dfrac{(l_1^2\text{-}l_3^2)\text{-}(x_1^2\text{-}x_3^2)\text{-}(y_1^2\text{-}y_3^2)\text{-}(z_1^2\text{-}z_3^2)}{2}=k_2, \\ \dfrac{(l_2^2\text{-}l_3^2)\text{-}(x_2^2\text{-}x_3^2)\text{-}(y_2^2\text{-}y_3^2)\text{-}(z_2^2\text{-}z_3^2)}{2}=k_3, \end{cases} \quad (4)$$

имеем

$$\begin{cases} (x_2\text{-}x_1)\bar{x}+(y_2\text{-}y_1)\bar{y}+(z_2\text{-}z_1)\bar{z}=k_1, \\ (x_3\text{-}x_1)\bar{x}+(y_3\text{-}y_1)\bar{y}+(z_3\text{-}z_1)\bar{z}=k_2, \\ (x_3\text{-}x_2)\bar{x}+(y_3\text{-}y_2)\bar{y}+(z_3\text{-}z_2)\bar{z}=k_3. \end{cases} \quad (5)$$

Полученная линейная система (5) совместна в случае, если

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_2\text{-}x_1 & y_2\text{-}y_1 & z_2\text{-}z_1 \\ x_3\text{-}x_1 & y_3\text{-}y_1 & z_3\text{-}z_1 \\ x_3\text{-}x_2 & y_3\text{-}y_2 & z_3\text{-}z_2 \end{vmatrix} \neq 0 \quad (6)$$

Решая систему (5), по формулам Крамера найдем искомое решение:

$$\overline{x}=\frac{\Delta_x}{\Delta};\quad \overline{y}=\frac{\Delta_y}{\Delta};\quad \overline{z}=\frac{\Delta_z}{\Delta}, \qquad (7)$$

$$\Delta_x=\begin{vmatrix} k_1 & y_2-y_1 & z_2-z_1 \\ k_2 & y_3-y_1 & z_3-z_1 \end{vmatrix};\Delta_y=\begin{vmatrix} x_2-x_1 & k_1 & z_2-z_1 \\ x_3-x_1 & k_2 & z_3-z_1 \end{vmatrix};$$

$$\Delta_z=\begin{vmatrix} x_2-x_1 & y_2-y_1 & k_1 \\ x_3-x_1 & y_3-y_1 & k_2 \\ x_3-x_2 & y_3-y_2 & k_3 \end{vmatrix}. \qquad (8)$$

В случае невыполнения условия (6) выбирается новая точка $D_4(x_4;y_4;z_4)$ вместо какой-либо одной из точек A, B, C, которая не нарушает условие (6) и приводит к однозначному решению.

Метод «трех точек» в задачах навигации и наведения имеет ряд преимуществ:

а) не требуется применения высотомера для определения высоты и угла места наблюдаемой цели. Достаточно использовать лазерный дальномер для определения дальностей l_1,l_2,l_3 без указания азимута;

б) вычисление координат $\overline{x},\overline{y},\overline{z}$ производится довольно быстро, что даёт возможность получить траекторию движения цели в режиме реального времени;

в) замена высотомера тремя уголковыми отражателями резко удешевляет систему сопровождения цели.

Список литературы

1. Барабанов О.О., Барабанова Л.П. Математические задачи дальномерной навигации: монография. М.: Физматлит, 2007. 272 с.

2. Ориентация и навигация подвижных объектов. Современные информационные технологии / под ред. Б.С. Алешина. М.: Физматлит, 2006. 424 с.

3. Одуан К. Измерение времени. Основы GPS / перевод с англ. Ю.С. Домнина. М.: Техносфера, 2002. 400 с. (Мир связи).

Получено 22.06.12.

D.N. Tyutyunov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tjutjunov@mail.ru) (tel: (4712) 52-38-24)

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

A.V. Boytsov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: soul2023@mail.ru)

CALCULATING THE COORDINATES OF THE OBJECT TRAJECTORY USING «THREE POINTS» METHOD

This article describes one of the variants of determining the three-dimensional Cartesian coordinates of an object using the method of «three points». Formulas for determination of the coordinates of the motion trajectory of the target in the real-time mode have been developed.

Key words: *laser rangefinder, altitude meter, radar station.*

УДК 681.326

А.В. Кониченко, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712) 58-71-22)

ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ БИЗНЕС-РАЗВЕДКИ

Предложена концептуальная схема обработки информации в интересах бизнес-разведки. На ее основе разработана структурно-функциональная организация информационной системы бизнес-разведки.

Ключевые слова: *бизнес-разведка, обработки информации, информационная система, распределенные технологии, информационно-поисковая система.*

***

Разработана новая концептуальная схема распределенной обработки информации в информационных системах бизнес-разведки. Она представлена на рис. 1.

Согласно разработанной схеме обработка информации инициируется запросом аналитика. При этом допускается формирование запроса на естественном языке. В дальнейшем запрос специальным образом интерпретируется, разбивается на ключевые слова для определения его тематики и релевантных ему источников данных.

Затем формируется распределенный поисковый запрос к соответствующим хранилищам данных.

При этом под распределенным запросом понимается запрос, выполнение которого может потребовать использования как одного, так и нескольких хранилищ данных.

Далее согласно схеме, приведенной на рис. 1, полученная из хранилищ данных информация объединяется в соответствии с тематикой запроса, а затем производится обработка информации. Под обработкой информации понимается разбиение на рубрики, ранжирование по релевантности (пертинентности) и аннотирование данных. В заключении формируется отчет, содержащий запрашиваемую информацию, полученную из различных хранилищ данных, разбитую на тематические блоки.

Анализ существующих информационно-поисковых систем [8–13], работ, посвященных технологиям семантического поиска (например, [14]), интеллектуального анализа данных [15, 16] и построению распределенных интеллектуальных систем [2, 17], показал, что реализация блоков 2, 3, 6 и 7 предложенной концептуальной схемы требует изыскания новых научно-технических путей. Указанные пути должны предусматривать формализацию и алгоритмизацию задач, указанных в названных блоках.

Рис. 1. Концептуальная схема обработки информации в интересах бизнес-разведки

Согласно схеме, представленной на рис. 2, ИС бизнес-разведки состоит из четырех уровней:

1) хранения данных;

2) предоставления информации о данных и получения данных;

3) формализации и обработки данных и знаний;

4) обработки информации.

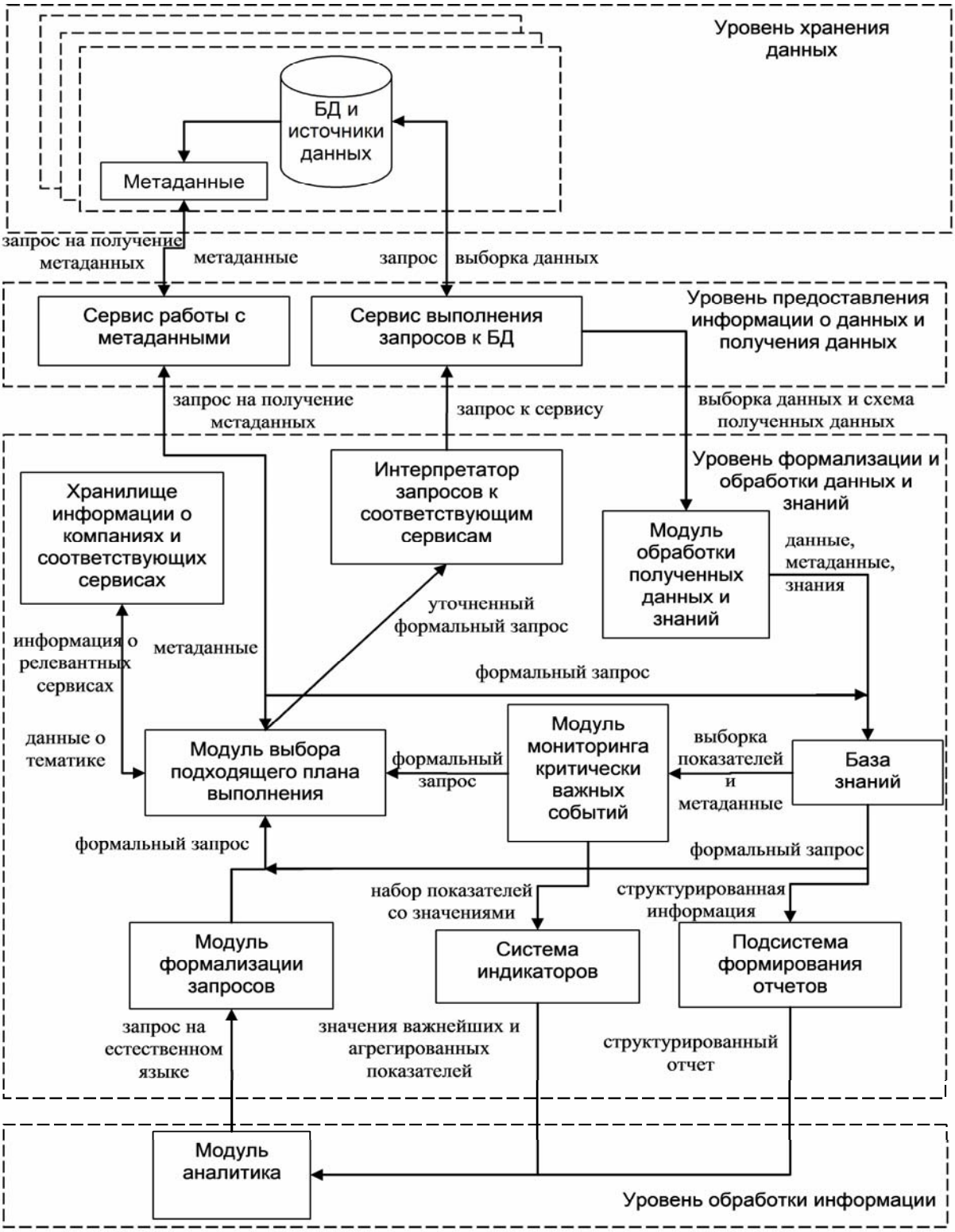


Рис. 2. Структурно-функциональная организация ИС бизнес-разведки

Отметим, что ИС бизнес-разведки может быть либо распределена функционально на одной ЭВМ, либо реализована в виде модулей на различных ЭВМ для обеспечения параллельной обработки информации.

На уровне предоставления информации о данных и получения данных функционируют два вида сервисов:

– сервисы работы с метаданными;

– сервисы выполнения запросов к БД.

Сервисы работы с метаданными обеспечивают получение информации о тематике заданного хранилища. На основании этой информации ИС бизнес-разведки решает обратную задачу, т.е. производит поиск хранилища нужной тематики среди имеющихся. Затем ИС бизнес-разведки обращается к нужным сервисам выполнения запросов к БД и получает необходимые данные.

Рассмотрим схему функционирования модуля аналитика ИС бизнес-разведки на уровне обработки информации. Модуль аналитика содержит интерфейс, позволяющий сформулировать запрос к системе бизнес-разведки на естественном языке. Запрос на естественном языке передается модулю формализации запросов. После обработки запроса ИС бизнес-разведки система формирования отчетов предоставляет аналитику структурированный отчет.

Таким образом, разработана концептуальная схема распределенной обработки информации в информационных системах бизнес-разведки, а на ее основе – структурно-функциональная организация распределенной ИС бизнес-разведки на базе СОА. Совокупность предложенных модулей ИС позволяет обеспечить решение информационно-аналитических задач бизнес-разведки по поиску, сбору и интеллектуальной обработке информации. Предложенная структура информационной системы бизнес-разведки позволяет обеспечить автоматический поиск недостающих данных в информационных хранилищах путем реализации распознавания ситуаций, характеризующихся нехваткой информации для принятия управленческих решений. При этом ИС бизнес-разведки ориентирована на поиск в различных электронных источниках информации с различными структурами данных. Основными модулями ИС бизнес-разведки являются: модуль формализации запросов, модуль выбора подходящего плана выполнения, модуль обработки полученных данных и знаний, модуль базы знаний. Реализация модулей формализации запроса, создания распределенного запроса, объединения данных и обработки данных требует изыскания научно-технических путей разработки средств формализации естественно-языковых конструкций, семантического анализа текстовой информации и объединения данных, полученных из различных источников.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», государственный контракт № 07.514.11.4135.

Список литературы

1. Бутов А.Л., Миргалеев А.Т., Сизов А.С. Анализ состояния бизнес-разведки в современных фирмах и пути автоматизации процессов ее ведения // Телекоммуникации. 2006.

2. Гаврилова Т.А., Хорошевский Ф.В. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.

3. Mizoguchi R. A Step Towards Ontological Engineering. URL: http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/english/step-onteng.html. дата обращения 19.11.2006).

4. Van Heijst G., Schreiber A.T., and Wielinga B.J. Using Explicit Ontologies in

KBS Development // In International Journal of Human and Computer Studies. 1996. № 46 (2–3). P. 183–292.

5. Alberts L.K. YMIR: an Ontology for Engineering Design. University of Twente, 1993.

6. Gruber T.R. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // In Inter. Journal of Human-Computer Studies. 1994. № 43 (5/6). P. 907–928.

7. Guarino N. Formal Ontology and Information Systems // In Proceeding of International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98). Trento, Italy, June 6–8, Amsterdam, IOS Press, 1998.

8. Печенкин И.А. Информационные технологии на службе разведки URL: http://www.bre.ru/security/22203.html (дата обращения: 14.11.2006).

9. Киселев С. Л. Модель информационной системы бизнес-разведки // Открытые системы. 2006. № 5–6.

10. Информационно-аналитическая система «Арион». URL: http://it2b-pro.ru/it2b3.view11.page1.html (дата обращения: 16.11.2006).

11. Поисковая система SmartSearch. URL: http://www.a-rsb.ru/index.php?go=Page&id=101 (дата обращения: 16.11.2006).

12. Киселев С.Л. «Аналитический курьер» – современная система извлечения знаний из хранилищ документов. URL: http://www.it2b.ru/it2b2.view4.page44.html (дата обращения: 14.11.2006).

13. Доронин А. И. Бизнес-разведка. 3-е изд. М.: Ось-89, 2006.

14. Черняк Л. От данных к информации // Открытые системы. 2006. № 2.

15. Марина Шапот. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки решений // Открытые системы. 1998. № 1.

16. Киселев М. Средства добычи знаний в бизнесе и финансах // Открытые системы. 1997. № 4.

17. Волков И., Галафов И. Архитектура современной информационно-аналитической системы // Директор ИС. 2002. № 3.

18. Технологии извлечения знаний из текста / С. Ильин, С. Киселев, В. Рябышкин, С. Танков // Открытые системы. 2006. № 6.

Получено 20.06.12.

A.V. Konichenko, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712)58-71-22)

INFORMATION BUSINESS INTELLIGENCE SYSTEM FUNCTIONAL ORGANIZATION

Information processing in the interests of business intelligence conceptual schema is proposed. Information business intelligence system structure-functional organization is developed on its base.

Key words: *business intelligence, information processing, information systems, distributed technologies, information retrieval system.*

УДК 621.391

В.В. Джумков, адъюнкт, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (тел.: 8-911-969-80-55)

И.Г. Бабанин, инженер, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tkkaf@inbox.ru)

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ДИСКРЕТНОГО КАНАЛА С ГРУППИРОВАНИЕМ ОШИБОК

Предложена модель дискретного канала информационного обмена в условиях группирования ошибок, обобщающая некоторые известные ранее модели. Проведена сравнительная оценка достоверности расчетов при использовании предложенной модели и модели Эллиота-Гильберта. На примере модели Эллиота-Гильберта предложен способ расчета вероятностей различных комбинаций ошибок в сообщении, об-

ладающий относительно небольшой вычислительной сложностью, который может быть применен для произвольного числа состояний марковской цепи.

Ключевые слова: *дискретный канал, модель Эллиота-Гильберта, марковская цепь.*

***

Современные радиотехнические системы передачи информации позволяют осуществлять информационный обмен на больших расстояниях и в широком диапазоне скоростей передачи [1]. В зависимости от условий связи в радиоканалах они подвергаются влиянию различного рода помех, приводящих к ошибкам при передаче сообщений. На этапе проектирования систем для выбора методов (протоколов) передачи информации, обеспечивающих требуемую помехоустойчивость в ожидаемых условиях связи, используются различные модели радиоканалов передачи информации с ошибками, возникающими на канальном уровне.

Наибольшее распространение получила биномиальная модель дискретного канала передачи информации, при использовании которой вероятность ошибочного приема информационного символа рассчитывается для заданного отношения сигнал/шум в предположении одиночных ошибок, независимо возникающих в условиях белого гауссова шума [1, 2]. Использование биномиальной модели радиоканала в ряде случаев не дает возможности достоверного выбора параметров канальных протоколов информационного обмена вследствие факта группирования ошибок.

При группировании ошибок вероятность ошибочного приема информационного символа существенно отличается в различные моменты времени. Соответственно, для различных временных интервалов с отличающимися условиями приема сигналов будет различаться и вероятность ошибочного приема сообщений. С увеличением средней длины пакета пораженных бит помехоустойчивое кодирование не сможет обеспечить требуемую достоверность передачи. Поэтому для анализа радиотехнических систем передачи информации, функционирующих в изменяющихся условиях связи, необходима разработка моделей радиоканалов передачи информации с памятью.

Такие модели позволяют, во-первых, адекватно описать процессы передачи информации по радиоканалам в анализируемых условиях, во-вторых, выбрать методы (протоколы) передачи информации канального уровня, обеспечивающие в этих условиях требуемую помехоустойчивость.

Из известных моделей каналов с памятью наиболее широкое распространение получили модели Гильберта и Эллиота-Гильберта. Модель Эллиота-Гильберта предполагает введение двух состояний, в которых может находиться радиоканал: «хорошего» и «плохого».

В «хорошем» или *G*-состоянии радиоканала в нем либо вообще не происходит ошибок, либо имеют место одиночные ошибки, описываемые биномиальной моделью дискретного канала. На временном интервале нахождения радиоканала в *G*-состоянии возникновение ошибок равновероятно в любой момент времени, но группирование ошибок не происходит. В «плохом» или *B*-состоянии радиоканала доминирующее влияние на процесс передачи информации оказывают группирующиеся ошибки. На временном интервале нахождения радиоканала в *B*-состоянии одиночные ошибки маловероятны, длина групп (пакетов) ошибок в общем случае является случайной величиной. Относительное время нахождения радиоканала в «хорошем» или «плохом» состоянии называется длиной состояния. Смены состояний канала характеризуются переходными вероятностями, а модель представляет собой простую цепь Маркова.

Вместе с тем простые с математической точки зрения, модели Гильберта и Эллиота-Гильберта не отражают в долж-

ной мере характеристик реальных каналов. Более сложные модели, такие как Попова, Петровича, Смита-Боуэна-Джойса, позволяют получить большую точность, однако их применение требует больших затрат машинного времени [4]. Анализ известных моделей, описывающих процессы передачи информации при группировании ошибок [3, 4] с требуемой точностью, показал, что, как правило, в этих моделях число состояний марковской цепи не превышает 4. Поэтому для аналитического описания процессов информационного обмена в условиях группирования ошибок на канальном уровне предлагается использование обобщенной модели Гильберта.

В модели Гильберта каждое состояние канала характеризуется своей вероятностью ошибки на бит сообщения и средней длительностью состояния. В пределах одного состояния вероятность ошибки на бит сообщения распределена по нормальному закону и определяется из следующих соотношений.

При воздействии на радиоканал шумовой помехи:

$$p_{ош} = \frac{1}{2}\left[1 - \Phi_0\left(\sqrt{\frac{2q_0q_1}{q_0 + q_1}}\right)\right]. \qquad (1)$$

При воздействии на радиоканал нешумовой преднамеренной помехи:

$$p_{ош} = \frac{1}{2}\left\{\begin{array}{l} 1 - \frac{1}{2}\Phi_0\left[\sqrt{2q_0}\left(1 + \frac{r}{\sqrt{q_1}}\right)\right] - \\ -\frac{1}{2}\Phi_0\left[\sqrt{2q_0}\left(1 - \frac{r}{\sqrt{q_1}}\right)\right] \end{array}\right\}, \qquad (2)$$

где $r = \frac{1}{\sqrt{E_c E_n}}\int_0^{\tau_c} u_c(t)y(t)dt$;

$\Phi_0(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}}\int_0^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)dt$ – функция Крампа; q_0 – отношение сигнал/шум в радиоканале без помех; q_1 – отношение сигнал/шум в радиоканале при воздействии помехи; $E_с$ – энергия сигнала; $E_п$ – энергия помехи.

Изменение состояний модели определяется матрицей переходных вероятностей:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{pmatrix}. \qquad (3)$$

Для частных случаев вероятности переходов для отсутствующих ребер будут равны 0, для остальных ребер вероятности переходов могут быть найдены по формуле

$$P_{xy} = \frac{1}{D_x(D_x + D_y)}, \qquad (4)$$

где D_x – средняя длительность состояния x.

Предельные вероятности нахождения в состояниях рассчитываются из системы дифференциальных уравнений Колмогорова либо по приведенному отношению:

$$P_i = \frac{D_i}{D_1 + D_2 + D_3 + D_4}, i = 1..4. \qquad (5)$$

Вероятность ошибки в любом состоянии определяется произведением вероятности нахождения канала в этом состоянии и вероятности ошибки на бит сообщения, характеризующей данное состояние:

$$\overline{p}_i = P_i p_{ошi}, i = 1..4. \qquad (6)$$

А средняя вероятность ошибочного приема элемента определяется как сумма вероятностей ошибки в каждом состоянии:

$$\overline{p}_{ош} = \sum_{i=1}^{4} \overline{p}_i. \qquad (7)$$

Одним из основных показателей достоверности передачи информации в

рассматриваемых моделях выступает вероятность возникновения m ошибок в блоке длиной n – $P(m,n)$. Другими словами, вероятность того, что ошибка возникнет m раз за n шагов.

Для модели Гильберта указанная вероятность определяется как

$$P(m,n)=\sum_{i=0}^{n}B(i,n)P(m\,|\,i)\,, \qquad (8)$$

где $p(m\,|\,i)=C_i^m p_{ош}^m(1-p_{ош})^{i-m}$ – вероятность m-кратной ошибки, если число элементов в плохом состоянии равно i; $C_i^m=\dfrac{i!}{m!(i-m)!}$ – число сочетаний из i по m; $B(i,n)$ – вероятность того, что из n элементов блока i были переданы в плохом состоянии.

Для обобщенной модели Гильберта имеет место мультиномиальное распределение C_i^m, а вероятность $B(i,n)$ будет функцией от количества шагов в каждом состоянии. Тогда вероятность $P(m,n)$ будет определяться следующим соотношением:

$$P(m,n)=P(m\,|\,i)B(k_1,k_2,k_3,k_4,n)\,, \qquad (9)$$

где $P(m\,|\,i)$ – вероятность m-кратной ошибки;

$$P(m\,|\,i)=$$
$$=\sum_{k_1=0}^{m}\sum_{k_2=0}^{m-k_1}\sum_{k_3=0}^{m-k_1-k_2}\sum_{k_4=0}^{m-k_1-k_2-k_3}\frac{m!}{k_1!k_2!k_3!k_4!}p_1^{k_1}p_2^{k_2}p_3^{k_3}p_4^{k_4}=$$
$$=C_{k_1,k_2,k_3,k_4}^{m}p_1^{k_1}p_2^{k_2}p_3^{k_3}p_4^{k_4};$$

$B(a,b,c,d,n)$ – вероятность того, что за n шагов система находилась в состоянии $a\ge k_1$ шагов, в состоянии $b\ge k_2$ шагов, в состоянии $c\ge k_3$, в состоянии $d\ge k_4$ шагов.

На рисунке приведены зависимости вероятности m-кратной ошибки в сообщении длиной 10 символов для модели Гильберта и обобщенной модели Гильберта, состоящей из 4-х состояний, для различных длительностей «хороших» состояний при равенстве остальных исходных данных. Из рисунка видно, что погрешности расчета вероятностей ошибок различной кратности, рассчитанные по модели Гильберта, могут иметь достаточно большие значения.

Основную сложность при использовании обобщенной модели Гильберта, как и для модели Гильберта, представляет расчет вероятности того, что за n шагов система находилась в состоянии $a\ge k_1$ шагов, в состоянии $b\ge k_2$ шагов, в состоянии $c\ge k_3$, в состоянии $d\ge k_4$ шагов – $B(a,b,c,d,n)$.

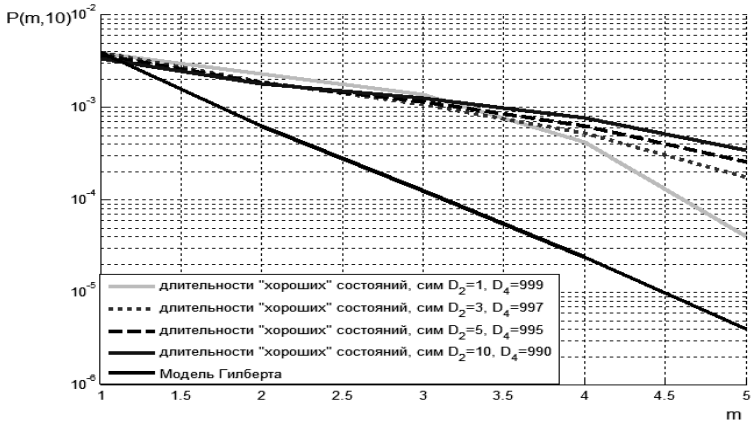


Рис. Зависимость $P(m,10)$ для различных длительностей хороших состояний

Способ расчета указанной вероятности для модели Гильберта при помощи рекуррентных формул был рассмотрен в работе Элиота. Взять за основу указанные результаты для большего числа состояний не представляется возможным.

Также для данной модели О.Г. Мелентьевым предложен алгоритм расчета указанной вероятности с введением комбинированных состояний [4]. К недостаткам этого алгоритма следует отнести большую вычислительную сложность, возрастающую с увеличением количества шагов в геометрической прогрессии. Так, для 50-разрядного сообщения требуется более 1 Тбайта оперативной памяти, что делает затруднительным ее применение для сообщений длительностью более 20 символов. Указанный недостаток возникает вследствие того, что для расчета вероятности B на текущем шаге необходимо знать значения всех векторов состояний, полученных на предыдущем шаге.

Вместе с тем представляется возможным расчет вероятностей различных сочетаний ошибок без методов перебора. Для простоты рассуждений рассмотрим модель Элиота-Гильберта. Данная модель описывается марковской цепью, состоящей из двух состояний. В обоих состояниях возможно возникновение ошибок с вероятностями $p_{ош1}, p_{ош2}$ для первого и второго состояния соответственно. Изменение состояний описывается матрицей переходных вероятностей:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{pmatrix}. \qquad (10)$$

Вероятности переходов могут быть найдены из средних длин состояний:

$$P_{12} = \frac{1}{D_1}, \quad P_{21} = \frac{1}{D_2}. \qquad (11)$$

Кроме того, сумма вероятностей переходов из одного состояния равна 1, поэтому

$$P_{11} = 1 - P_{12}, P_{22} = 1 - P_{21}. \qquad (12)$$

Финальные вероятности нахождения в состояниях находятся из решения системы дифференциальных уравнений Колмогорова при $t \to \infty$:

$$P_1 = \frac{P_{21}}{P_{12} + P_{21}}, P_2 = \frac{P_{12}}{P_{12} + P_{21}}. \qquad (13)$$

Как и для модели Гильберта, вероятность возникновения m ошибок в блоке длиной n $P(m,n)$ может быть найдена из выражения (8). Однако вследствие того, что ошибки могут возникать в обоих состояниях:

$$P(m \mid i) = \sum_{k_1=0}^{m} \sum_{k_2=0}^{m-k_1} \frac{m!}{k_1! k_2!} p_1^{k_1} p_2^{k_2} = \\ = C_{k_1,k_2}^{m} p_1^{k_1} p_2^{k_2} \qquad (14)$$

По той же причине

$$B(i,n) = \sum_{a=0}^{i} U(a,b), \qquad (15)$$

где $U(a,b)$ – вероятность того, что за $a+b$ шагов система побывала a раз в первом состоянии и b раз во втором ($b=i-a$).

Указанная вероятность есть сумма произведений всех возможных комбинаций вероятностей переходов. Причем умножение на P_{21}, P_{11} увеличивает a на 1, а на P_{12}, P_{22} увеличивает b на 1. Также стоит отметить, что количество переходов P_{12}, P_{21} не может отличаться более чем на 1. Так, при старте из первого состояния

$$U(a,b) = P_1 \sum_{i=0}^{a} \sum_{j=i}^{\min(b,i+1)} k_1 P_{21}^{i} P_{12}^{j} P_{11}^{(a-i)} P_{22}^{(b-j)}. \qquad (16)$$

Аналогично для второго состояния:

$$U(a,b) = P_2 \sum_{j=0}^{b} \sum_{i=j}^{\min(a,j+1)} k_2 P_{21}^{i} P_{12}^{j} P_{11}^{(a-i)} P_{22}^{(b-j)}. \qquad (17)$$

Из (16), (17) вероятность того, что за $a+b$ шагов система побывала a раз в первом состоянии и b раз во втором:

$$U(a,b) = \\ = P_1 \sum_{i=0}^{a} \sum_{j=i}^{\min(b,i+1)} k_1 P_{21}^{i} P_{12}^{j} P_{11}^{(a-i)} P_{22}^{(b-j)} + \\ + P_2 \sum_{j=0}^{b} \sum_{i=j}^{\min(a,j+1)} k_2 P_{21}^{i} P_{12}^{j} P_{11}^{(a-i)} P_{22}^{(b-j)}. \quad (18)$$

Поскольку пройти по ребрам цепи требуемое количество раз возможно несколькими способами, а для расчета $U(a,b)$ не представляет интереса последовательность их прохождения, вводятся коэффициенты k_1, k_2, которые описывают количество возможных способов прохождения ребер марковской цепи.

k_1, k_2 могут быть найдены из следующих выражений:

$$k_1 = \frac{j}{j+(b-j)} C_{i+(a-i)}^{i} C_{j+(b-j)}^{j} = \\ = \frac{j}{b} C_a^i C_b^j = \left(\frac{ja!b!}{bi!(a-i)!\,j!(b-j)!} \right), \quad (19)$$

$$k_2 == \frac{i}{a} C_a^i C_b^j = \left(\frac{ia!b!}{ai!(a-i)!\,j!(b-j)!} \right). \quad (20)$$

Из (18) – (20) следует

$$U(a,b) = \\ = P_1 \sum_{i=0}^{a} \sum_{j=i}^{\min(b,i+1)} \left(\frac{ja!b!}{bi!\,j!(a-i)!(b-j)!} \right) P_{21}^{i} P_{12}^{j} P_{11}^{(a-i)} P_{22}^{(b-j)} + \\ + P_2 \sum_{j=0}^{b} \sum_{i=j}^{\min(a,j+1)} \left(\frac{ia!b!}{ai!\,j!(a-i)!(b-j)!} \right) P_{21}^{i} P_{12}^{j} P_{11}^{(a-i)} P_{22}^{(b-j)}. \quad (21)$$

К достоинствам предложенного метода следует отнести возможность его применения для большего числа состояний и значительно меньшую вычислительную сложность по сравнению с методом перебора всех возможных векторов состояний, что позволяет рассчитывать вероятности различных комбинаций ошибок для сообщений длительности больше 50 символов без привлечения дополнительных машинных ресурсов.

Таким образом, в статье предложена модель радиоканала, обобщающая существующие ранее модели каналов с группирующимися ошибками. На основании данной модели возможно рассчитать показатели качества передачи информации по радиоканалам с группирующимися ошибками и осуществить выбор параметров протоколов информационного обмена канального уровня, что обеспечит требуемую достоверность передачи информации.

Предложенный способ расчета вероятности различных комбинаций ошибок в сообщении может быть применен для произвольного числа состояний марковской цепи, описывающей систему передачи дискретных сообщений. Причем вычислительная сложность этого способа существенно ниже известных ранее, что делает возможным применение обобщенной модели Гильберта для расчета показателей достоверности информационного обмена современных РЭС, использующих для передачи сообщения длительностью более 100 символов.

Список литературы

1. Тепляков И.М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. М.: Радио и связь, 2004. 328 с.

2. Деев В.В. Методы модуляции и кодирования в современных системах связи. СПб.: Наука, 2007. 267 с.

3. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов. радио, 1970. 726 с.

4. Мелентьев О.Г. Теоретические аспекты передачи данных по каналам с группирующимися ошибками. М.: Горячая линия–Телеком, 2007. 232 с.

Получено 18.06.12

V.V. Dzhumkov, Adjunct, Military Space Academy A.F. Mozhaiskogo (Sanct-Peterburg) (tel.: 8-911-969-80-55)

I.G. Babanin, Engineer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tkkaf@inbox.ru)

GENERALIZED MODEL OF A DISCRETE CHANNEL GROUPING ERROR

There is some discrete channel model for information exchange in conditions of burst errors, which generalizes some models are known before. Conducted a comparative valuation of validity calculations in case of using above models and Elliot-Gilbert's model.In terms of Elliot-Gilbert's model recommended a method of calculating the probabilities of various combinations of errors in the message, which has a relatively low computational complexity, which can be used for an arbitrary number of states of the Markov's chain.

Key words: *discrete channel, model Gilbert-Elliot, Markov chain.*

УДК 519.872

А.В. Хмелевская, преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tkkaf@inbox.ru)

А.В. Уланов, адъюнкт, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (e-mail: ulanov246@rambler.ru)

А.Ю. Богомазов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: o-nill@bk.ru)

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Представлены результаты программной реализации алгоритма расчёта многоканальных немарковских систем массового обслуживания с коксовским распределением времени обслуживания. Показана практическая непригодность формул Эрланга для анализа подобных систем.

Ключевые слова: *численные результаты, немарковские системы массового обслуживания, пакет прикладных программ.*

***

В самых разнообразных областях человеческой деятельности часто приходится иметь дело с работой своеобразных систем, называемых системами массового обслуживания (СМО). Примерами таких систем могут служить: автоматизированные системы сбора и обработки информации, сети связи, учреждения здравоохранения и т. п.

В классической (эрланговской) теории массового обслуживания [1] рассматриваются системы с простейшим входящим потоком и показательно распределённой длительностью обслуживания. Такие системы рассчитываются с помощью известных формул Эрланга.

Для опровержения подобного тезиса ниже представлен итерационный алгоритм расчёта немарковских систем M/C2/n с простейшим входящим потоком и коксовским распределением времени обслуживания. Показаны результаты его программной реализации. Идея метода была впервые предложена Такахаси и Таками.

Для расчёта одноканальных СМО наиболее часто используются методы вложенных цепей Маркова и линейчатых процессов [4].

При коксовском распределении второго порядка заявка, попадая в канал обслуживания, обязательно задерживается в первой экспоненциальной фазе с интенсивностью μ_1, а затем с вероятностью y покидает систему или с вероятностью (1–y) попадает во вторую экспоненциальную фазу с интенсивностью обслуживания μ_2. На рисунке 1 представлена схема этого распределения.

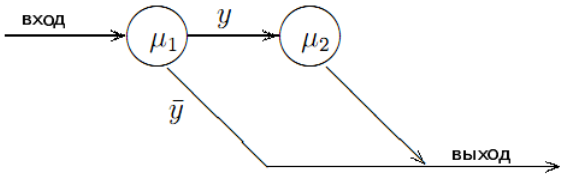


Рис. 1. Схема распределения Кокса второго порядка

В [5] утверждается, что если два распределения имеют некоторое число совпадающих моментов, то они в некоторой степени схожи и аппроксимируют друг друга.

Применение распределения Кокса 2-го порядка позволяет выравнивать три начальных момента времени обслуживания. Многочисленные численные эксперименты [6, 7] показывают, что для инженерных расчётов этого вполне достаточно. Эрланговское распределение позволяет точно выровнять первый момент и приближённо – второй, к тому же коэффициент вариации исходного распределения должен быть меньше единицы.

Ниже представлены технология построения диаграмм переходов для систем $M/C_2/n$, показана схема итерационного алгоритма расчета стационарного распределения числа заявок и его программная реализация для коксовского распределения времени обслуживания.

Итерационный алгоритм расчёта СМО с немарковским процессом обслуживания проходит ряд этапов:

1) подбор по моментам времени обслуживания параметров выбранного фазового распределения (в нашем случае распределения Кокса второго порядка);

2) построение диаграммы переходов между микросостояниями системы;

3) построение матриц интенсивностей соответствующих переходов;

4) расчёт условных вероятностей микросостояний для каждого яруса диаграммы;

5) переход к безусловному распределению числа заявок в системе.

Ниже представлено подробное описание каждого шага.

После расчёта параметров аппроксимирующего распределения фазового типа строятся диаграммы переходов между микросостояниями системы. Микросостояния – это всевозможные состояния системы в произвольный момент времени. На рисунке 2 приведён пример диаграммы переходов для системы $M/C_2/3$.

Столбец справа на диаграмме – число заявок в системе. Двузначные числа соответствуют определенным состояниям системы и называются ключами микросостояний. В соответствии со схемой распределения (см. рис. 1) первый разряд – число заявок, находящихся в первой фазе, соответственно второй разряд – число заявок во второй фазе. Сумма цифр каждого ключа микросостояний всегда равна числу заявок в системе.

Основная задача при расчете СМО методом фиктивных фаз – получение стационарных вероятностей микросостояний.

Обозначим через S_j множество всех микросостояний системы, когда на обслуживании находится ровно j заявок, а через σ_j – количество элементов в S_j. Определим матрицы переходов инфинитезимальных переходов:

$A_j[\sigma_j \times \sigma_{j+1}]$ – в S_j (прибытие заявки),

$B_j[\sigma_j \times \sigma_{j-1}]$ – в S_{j-1} (полное завершение обслуживания заявки),

$C_j[\sigma_j \times \sigma_j]$ – в S_j (конец промежуточной фазы обслуживания),

$D_j[\sigma_j \times \sigma_j]$ – ухода из состояний яруса j (диагональная матрица).

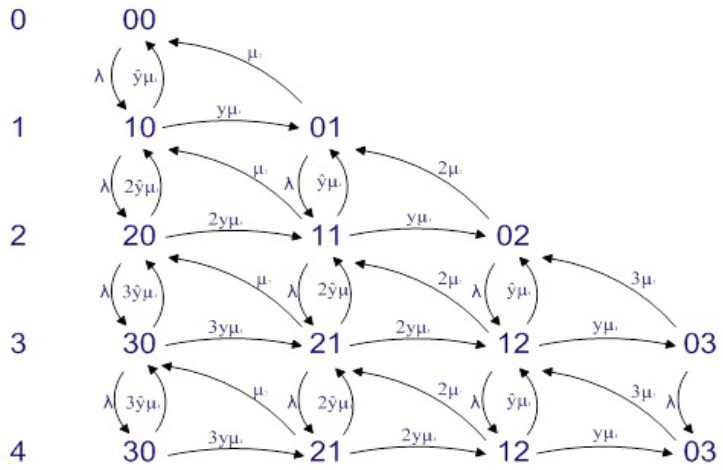


Рис. 2. Диаграмма переходов для системы M/C_2/3

При $j > n$ матрицы перестают меняться (n – число каналов).

Введем векторы-строки $\gamma_j = \{\gamma_{j,1}, \gamma_{j,1}, ..., \gamma_{j,\sigma_j}\}$ нахождения СМО в состоянии (j, i), j = 0,1,... Теперь можно записать векторно-матричные уравнения баланса переходов между состояниями:

$$\begin{aligned} &\gamma_0 D_0 = \gamma_0 C_0 + \gamma_1 B_1, \\ &\gamma_j D_j = \gamma_{j-1} A_{j-1} + \gamma_j C_j + \gamma_{j+1} B_{j+1}, \quad (1) \\ &j = 1, 2, ... \end{aligned}$$

Систему (1), дополненную условием нормировки, практически приходится расписывать покомпонентно.

Положим $t_j = \gamma_j / p_j$, где p_j – суммарная вероятность наличия в системе ровно j заявок, и обозначим

$$x_j = p_{j+1} / p_j, \quad z_j = p_{j-1} / p_j. \quad (2)$$

Тогда систему (1) можно переписать относительно векторов условных вероятностей $\{t_j\}$, нормированных к единице в пределах яруса:

$$\begin{aligned} &t_0 D_0 = t_0 C_0 + x_0 t_1 B_1, \\ &t_j D_j = z_j t_{j-1} A_{j-1} + t_j C_j + x_j t_{j+1} B_{j+1}, \quad (3) \\ &j = 1, 2, ... \end{aligned}$$

С помощью векторов-столбцов $1_j = \{1,1,\ldots,1\}^{\mathrm{T}}$ размера σ_j для всех j могут быть записаны дополняющие систему (3) уравнения нормировки

$$t_j 1_j = 1. \quad (4)$$

и баланса суммарных интенсивностей переходов между смежными ярусами

$$z_j t_{j-1} A_{j-1} 1_j = t_j B_j 1_{j-1}. \quad (5)$$

Алгоритм расчёта набора векторов $\{t_j\}$ и чисел $\{x_j\}$ и $\{z_j\}$, удовлетворяющих соотношениям (2) – (5), в случае разомкнутой системы с неограниченной очередью опирается на существование предельного вектора условных вероятностей $t_\infty = \lim_{j\to\infty} t_j$, которое является следствием стабилизации матриц интенсивностей при $j > n$. Алгоритм основан на последовательном приближении к искомым характеристикам для ограниченного множества индексов $j = \overline{1, N}$ и по существу является блочным вариантом известного итерационного метода Гаусса – Зейделя.

Перепишем уравнения системы (3) для $j \geq 1$ в виде

$$t_j^{(m)}(D_j - C_j) =$$
$$= z_j^{(m)} t_{j-1}^{(m-1)} A_{j-1} + x_j^{(m)} t_{j+1}^{(m)} B_{j+1}, \ j = 1, 2, ...,$$

где верхний индекс показывает номер итерации. Теперь ясно, что

$$t_j^{(m)} = z_j^{(m)} \beta_j^{'} + x_j^{(m)} \beta_j^{''}, \qquad (6)$$

где

$$\begin{aligned} \beta_j^{'} &= t_{j-1}^{(m-1)} A_{j-1} (D_j - C_j)^{-1}, \\ \beta_j^{''} &= t_{j+1}^{(m)} B_{j+1} (D_j - C_j)^{-1}. \end{aligned} \qquad (7)$$

При $j = N$ считается, что

$$\beta_N^{''} = t_{N-1}^{(m-1)} B_N (D_N - C_N)^{-1}. \qquad (8)$$

Осталось указать способ расчета $\{z_j^{(m)}\}$ и $\{x_j^{(m)}\}$. Перепишем (5) с учётом (6):

$$(z_j^{(m)} \beta_j^{'} + x_j^{(m)} \beta_j^{''}) A_j 1_{j+1} = x_j^{(m)} t_{j+1}^{(m)} B_{j+1} 1_j.$$

Отсюда следует пропорциональность

$$z_j^{(m)} = c x_j^{(m)} \qquad (9)$$

с коэффициентом

$$c = \frac{\beta_j^{''} B_j 1_{j-1}}{t_{j-1}^{(m)} A_{j-1} 1_j - \beta_j^{'} B_j 1_{j-1}}. \qquad (10)$$

В этой и последующих формулах произведения матриц переходов на вектора 1_j равны суммам строк соответствующих матриц и могут быть вычислены до начала итераций.

Подстановка (8) в (6) и умножение обеих частей на 1_j дают

$$1 = t_j^{(m)} 1_j = x_j^{(m)} (c\beta_j^{'} + \beta_j^{''}) 1_j.$$

Итак,

$$x_j^{(m)} = 1 / [(c\beta_j^{'} + \beta_j^{''}) 1_j]. \qquad (11)$$

Удобным критерием прекращения итераций является условие

$$\max_j \left| x_j^{(m)} - x_j^{(m-1)} \right| \le \varepsilon_1.$$

Описанный алгоритм в связи с усечением числа ярусов – формула (8) – будет давать надёжные результаты лишь при условии

$$\left\| t_N - t_\infty \right\| \le \varepsilon_2. \qquad (12)$$

Но $\{t_j\}$ можно получить лишь в процессе реализации алгоритма, трудоемкость итерационной части которого возрастает по N. Поэтому целесообразно выполнить итерации для умеренного значения N, после чего проверить выполнение условия (12).

После прекращения итераций можно переходить к нахождению абсолютных значений вероятностей. Прежде всего отметим, что из определения чисел $\{x_j\}$ следуют равенства

$$p_j = p_{j-1} x_{j-1}, \quad j = \overline{1, N}. \qquad (13)$$

Далее принимается $p_0 = 1$, а последующие вероятности считаются согласно $p_j = p_{j-1} x_{j-1}, \ j = \overline{1, N}$, с одновременным накоплением суммы. Вероятности для $j > N$ представляются геометрической прогрессией со знаменателем x_{N-1}, так что к сумме добавляется $p_N x_{N-1} / (1 - x_{N-1})$. Затем все вычисленные вероятности делятся на упомянутую сумму.

Практически все остальные характеристики СМО (средние времена ожидания начала обслуживания и пребывания заявки в системе, дополнительная функция распределения времени пребывания заявки в системе, средняя длина очереди и т. д.) могут быть получены при помощи найденного по описанной выше схеме распределения вероятностей числа заявок.

Рассмотренный выше алгоритм итерационного расчёта стационарного распределения числа заявок в системе был реализован во внешней подпрограмме-процедуре COX2. Исходными данными для неё являются:

1) интенсивность входящего потока lam;

2) параметры распределения Кокса mu и y;

3) требования к точности вычисления отношений смежных вероятностей eps;

4) количество вычисляемых вероятностей jmax;

5) число каналов n.

В процедуре производится расчет элементов матриц интенсивностей

B_j – полного завершения обслуживания,

C_j – переходов между состояниями яруса и

D_j – уходов из состояний яруса.

Элементы этих матриц могут быть комплексными.

Матрицы A_j интенсивностей прибытия заявок являются диагональными, и умножение их на другие матрицы сводится к умножению каждого элемента на интенсивность входящего потока. Поэтому в выделении под них памяти необходимости нет.

При обращения матриц ($D_j - C_j$) необходимо было учесть, что они являются верхними треугольными.

Матрицы $B_{j+1}(D_j - C_j)$, $j = \overline{1,n}$ рассчитываются до начала итераций и заносились в A_j.

Начальные приближения для *t* находятся численно методом Гаусса до сближения итераций на $\varepsilon < 10^{-3}$.

Для α = 1.5 были рассчитаны системы M/H_2/5 и M/E_2/5, при α = 0.5 тестирование проводилось также на M/H_2/5 и M/M/5. Результаты тестов представлены ниже. При этом было принято, что

f(1) = 1; n = 5; lam = 4,

где f(1) – первый момент распределения времени обслуживания, n – число каналов, lam – интенсивность входящего потока (табл.).

Видно хорошее сходство результатов расчёта систем M/C_2/5 и M/H_2/5. Это объясняется равенством первых трёх моментов C_2 и H_2 распределений обслуживания. Для модели M/E_2/5 результаты отличаются от M/C_2/5 гораздо сильнее ввиду точного выравнивания первого момента распределения обслуживания и приближенно – второго.

При α = 1.5 тестирование на модели M/H_2/5 также дало практически совпадающие результаты. Для марковской модели M/M/5 результат заметно отличается ввиду учёта только средних значений при показательной аппроксимации времени обслуживания.

Результаты тестирования программы расчёта на процедурах ППП МОСТ позволяют утверждать, что алгоритм реализован правильно. Сильное отклонение результата расчёта модели M/M/5 в очередной раз доказывает недопустимость применения классических методов теории очередей для анализа немарковских систем.

Перечислим основные выводы, которые следуют из представленной работы и современной теории очередей.

Тестирование на M/E_3/5 и M/H_2/5

α	1.5			0.5		
Пар.	M/C2/5	M/E_2/5	M/H_2/5	M/C_2/5	M/M/5	M/H_2/5
P0	.12757e–01	.12612e–01	.12757e–01	.13410e–01	.12987e–01	.13411e–01
P1	.51246e–01	.50815e–01	.51246e–01	.53315e–01	.51948e–01	.53315e–01
P2	.10322e+00	.10282e+00	.10322e+00	.10532e+00	.10339e+00	.10532e+00
P3	.13938e+00	.13989e+00	.13937e+00	.13690e+00	.13853e+00	.13690e+00
P4	.14284e+00	.14546e+00	.14284e+00	.12995e+00	.13853e+00	.12995e+00
P5	.12042e+01	.12649e+01	.12042e+00	.93307e–01	.11082e+00	.93307e–01
q	.18681e+01	.16929e+01	.18680e+01	.32504e+01	.50000e+01	.32504e+01

1. Современная теория массового обслуживания далеко шагнула от работ Эрланга, но, к сожалению, исследователи и практики до сих пор пытаются в каждом случае всеми правдами и неправдами обосновать применимость экспоненциального распределения длительности обслуживания и интервалов между заявками входящего потока.

2. Учёт только средних значений, т.е. показательная аппроксимация, не применим в случаях, когда коэффициент вариации исходного распределения заметно отличается от единицы.

3. Распределение Кокса второго порядка может с успехом применяться для итерационного расчета СМО наряду с гиперэкспоненциальным, позволяя выровнять три начальных момента.

Список литературы

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Высш. шк., 2007. 208 с.

2. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и её приложения. М.: Мир, 1964. Т. 1. 498 с.

3. Исследование операций в экономике: учеб. пособие для вузов / под ред. Н.Ш. Кремера. М.: Юнити, 2006. 408 с.

4. Рыжиков Ю.И. Компьютерное моделирование систем с очередями. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2007. 164 с.

5. Кендалл М., Стьюарт А. Теория распределений: [пер. с англ.]. М.: Наука, 1966. 588 с.

6. Рыжиков Ю.И. Машинные методы расчёта систем массового обслуживания. Л.: ВИККИ им. А.Ф. Можайского, 1979. 178 с.

7. Рыжиков Ю.И., Уланов А.В. Опыт расчёта сложных систем массового обслуживания // Информационно-управляющие системы. 2010. № 32 (39). С. 56–62.

Получено 15.06.12.

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

A.V. Ulanov, Post-Graduate Student, Military Space Academy under A.F. Mozhajsky (Sanct-Peterburg) (e-mail: ulanov246@rambler.ru)

A.Y. Bogomazov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: o-nill@bk.ru)

NUMERICAL ANALYSIS OF THE MULTI-CHANNEL QUEUING SYSTEMS

The results of the software implementation of the algorithm for calculating multi-channel non-Markovian queuing systems with the Coxian distribution law for service time are presented. Impracticable of the Erlang formulas for analysis of such systems is shown. The resulting program is tested on the procedures for the software package MOCT.

Key words: *numerical results, channel non-Markovian queuing systems, software package.*

УДК 681.511.42

Ж.Т. Жусубалиев, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: zhanybai@gmail.com)

О.О. Яночкина, канд. техн. наук, старший преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: yanoolga@gmail.com)

МУЛЬТИСТАБИЛЬНАЯ ДИНАМИКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С МНОГОЗОННОЙ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Статья посвящена исследованию бифуркационных явлений и закономерностей мультистабильной динамики в системе с многозонной импульсной модуляцией.

Ключевые слова: *многозонная импульсная модуляция, двумерный тор, бифуркации, мультистабильность.*

***

Введение

Системы управления с многозонной импульсной модуляцией представляют важный класс автоматических систем, широко используемых в различных областях промышленности, например машиностроении, энергетике, электрическом транспорте, нефтяной и газовой промышленности.

В основу многозонной импульсной модуляции положено разделение всего диапазона регулируемой величины на требуемое количество зон. В каждой зоне модулируемый параметр, например длительность импульсов, изменяется по полному циклу. Завершение цикла определяет условие перехода из зоны в зону. При соответствующей частоте коммутации полупроводниковых ключей и необходимом числе зон можно обеспечить сколь угодно малый коэффициент пульсаций и высокую точность воспроизведения управляющего сигнала. Однако реализация положительных свойств систем с многозонной модуляцией является сложной задачей. Это обусловлено тем, что в импульсных системах при вариации параметров возможно возникновение колебаний на пониженных частотах, кратных частоте модуляции, квазипериодических и хаотических режимов. При этом наиболее опасны жесткие переходы, когда на фоне регулярной динамики возникают катастрофы, проявляющиеся в скачкообразном изменении динамики в ответ на малые изменения параметров или воздействие случайных помех. Следствием этого является не только снижение показателей качества управления и нарушение хода технологического процесса, но и внезапные отказы технологического оборудования, приводящие в ряде случаев к крупным авариям.

Исследованию нелинейных явлений в импульсных системах в последние годы уделяется большое внимание. Вместе с тем механизмы и причины возникновения катастроф, связанных с мультистабильной динамикой, остаются мало изученными.

В данной статье изучаются закономерности мультистабильной динамики систем управления с многозонной импульсной модуляцией. Работа основывается на результатах публикации [1].

Математическая модель системы управления с многозонной модуляцией

Рассмотрим математическую модель системы управления электроприводом постоянного тока с пропорционально-интегрирующим звеном в цепи обратной связи, схема замещения которой приведена на рис. 1.

Математическая модель, согласно рис. 1, в безразмерной форме имеет вид [1]

$$\dot{x} = \lambda_s(t, y)x + \gamma\Omega;\ \ \dot{y} = -x + \lambda y + 1,$$

$$\lambda_s(t, y) = -\mu - \mu_0 + \frac{\mu_0}{2N}\sum_{s=1}^{N}(1 + \operatorname{sign}\xi_s),$$

$$\xi_s = \psi(\tau) - \eta_s(t),$$

$$\psi(t) = \chi - \chi x(\tau) - (1-\chi)\lambda y(\tau) - \eta_s(t),$$

$$\eta_s(t) = \frac{q}{N\alpha}(s - 1 + t - \tau), \qquad (1)$$

$$x = \frac{\beta x_1}{V_{\text{ref}}},\ y = \frac{x_2}{\lambda V_{\text{ref}}},\ \lambda = -\frac{a}{CR_1},\ \gamma = \frac{a\beta}{L},$$

$$\Omega = \frac{E_0 - E_\omega}{V_{\text{ref}}},\ \mu = \frac{aR}{L},\ \mu_0 = \frac{aR_0}{L},\ q = \frac{U_0}{V_{\text{ref}}}.$$

Здесь x, y – нормированные ток якоря и выходное напряжение корректирующего устройства; λ – безразмерная величина, обратно пропорциональная постоянной времени интегрирования корректирующего устройства; μ, μ_0 – соответственно нормированные сопротивления якоря двигателя и ступени пускового резистора; Ω – величина, которая имеет смысл разности напряжения питания U и ЭДС вращения $E_\omega = c\Phi_*\omega$ якоря двигателя, где $c\Phi_*$ – коэффициент электродвижущей силы при номинальном потоке возбуждения, ω – угловая скорость вра-

щения якоря двигателя; γ – коэффициент, используемый для нормирования напряжения питания и ЭДС вращения якоря двигателя, пропорциональный коэффициенту передачи β датчика тока; χ – коэффициент передачи регулятора тока; x_1 и x_2 – ток, проходящий через катушку индуктивности сглаживающего LC-фильтра, и выходное напряжение; R – сопротивление, характеризующее потери в катушке индуктивности фильтра и преобразователе; L, C – индуктивность и емкость выходного фильтра; E_0 – входное напряжение; N – число зон модулятора; α – коэффициент усиления усилителя сигнала рассогласования; V_{ref} – сигнал задания, пропорциональный величине уставки тока якоря; ψ – выходной сигнал усилителя сигнала ошибки; a – период модуляции; η – опорный сигнал модулятора; U_q – амплитуда пилообразного напряжения; s – номер зоны.

Параметры динамической системы (1): $\lambda = -0{,}2$, $\gamma \approx 3{,}8 \cdot 10^{-2}$, $\mu \approx 3{,}13 \cdot 10^{-2}$, $\mu_0 \approx 1{,}36$, $N = 4$, $q = 2{,}0$, $\alpha > 0$, и $\Omega > 0$.

В качестве управляющих параметров при бифуркационном анализе были выбраны коэффициент усиления α и угловая скорость вращения якоря двигателя, связанная с параметром Ω.

Анализ карты динамических режимов

На рис. 2 приведена карта динамических режимов в плоскости управляющих параметров (α, Ω). Когда система работает в режиме вынужденных колебаний с периодом модуляции (с периодом 1), управляющие импульсы формируются компаратором только одной зоны [1]. Следовательно, в рассматриваемой системе возможны четыре типа периодических движений с периодом модуляции (1-цикла). Цикл периода 1 меняет тип на границе между соседними зонами. Области существования устойчивых 1-циклов (устойчивых неподвижных точек отображения) на карте режимов обозначены через $\Pi_{1,i}$, $i = \overline{1,4}$, где первый индекс указывает период цикла, а второй индекс введен для различения циклов разных типов.

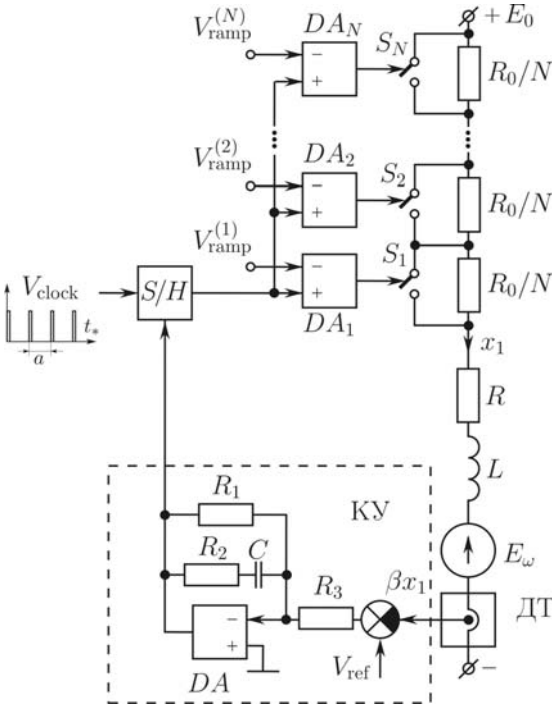


Рис. 1. Схема замещения системы управления электроприводом

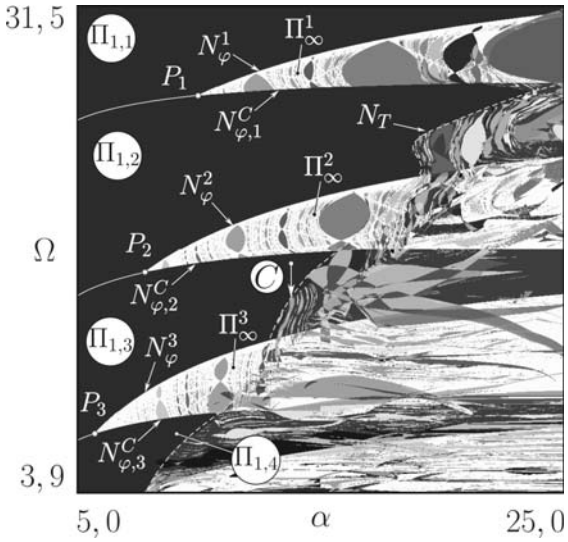


Рис. 2. Карта динамических режимов в плоскости параметров (α,Ω)

Области квазипериодической динамики, обозначенные через Π_∞^i, представляют собой отдельные секторы. Число секторов равно числу зон модулятора. Каждый такой сектор сверху ограничен линией бифуркации Неймарка-Саккера $N_{\varphi,i}$ а снизу – С-бифуркационной границей рождения инвариантного тора из периодической орбиты $N_{\varphi,s}^C$.

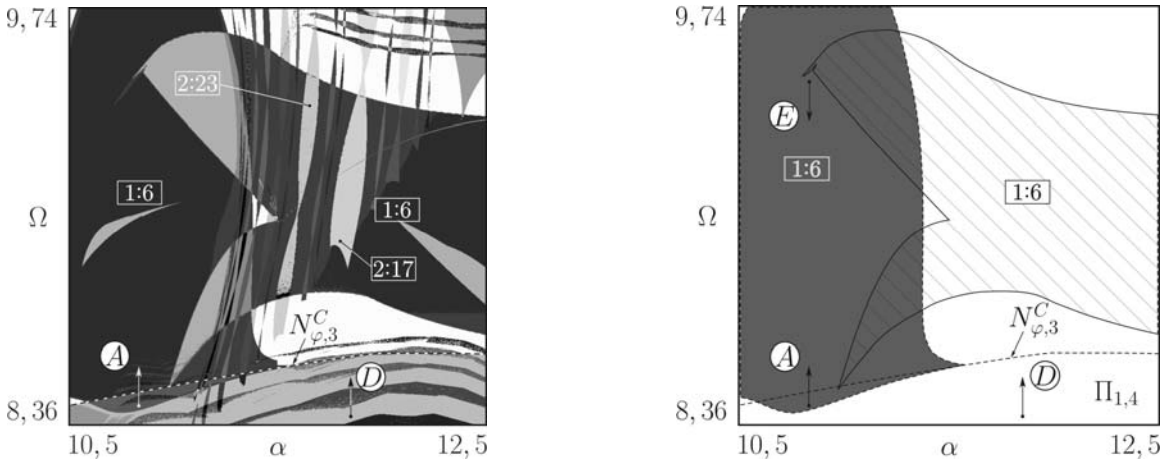
На участках $N_{\varphi,s}^C$, $s=\overline{1,3}$ справа от точек P_i, $s=\overline{1,3}$ мягко возникает инвариантный тор, а цикл периода 1 становится неустойчивым фокусом.

В областях $\Pi_{1,i}$ можно видеть многочисленные окна с периодической динамикой, отвечающие резонансным языкам. На карте хорошо различимы резонансные языки относительно большой площади, некоторые из которых опираются на бифуркационные линии $N_{\varphi,s}^C$. Структура резонансных языков кусочно-гладких систем подробно изучена в работах [2,3], см. также [4,5].

Исследование закономерностей мультистабильной динамики

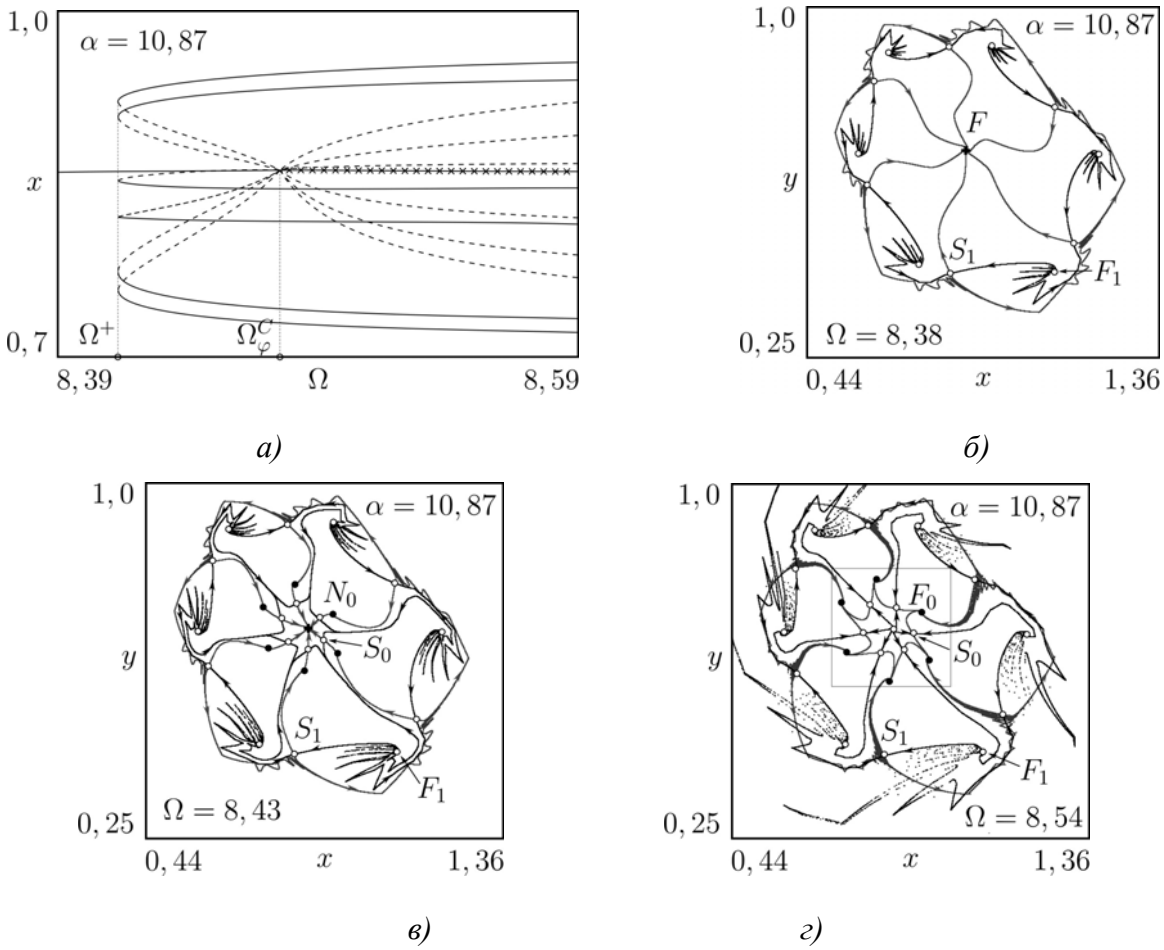
В работе [1] выявлено, что системы управления с многозонной импульсной модуляцией могут демонстрировать новый тип мультистабильного поведения, когда при одних и тех же значениях параметров сосуществуют несколько устойчивых инвариантных торов с различными динамическими характеристиками. На карте режимов граница области мультистабильной динамики обозначена пунктирной линией N_T.

На рис. 3 показан фрагмент карты динамических режимов в области мультистабильной динамики. На рис. 4 приведены бифуркационная диаграмма и фазовые портреты для сечения *A* на рис. 3, которые иллюстрируют основные стадии рождения резонансного тора с числом вращения 1:6, сосуществующего с устойчивым 1-циклом. Сплошные линии на рис. 4, *а* соответствуют устойчивой неподвижной точке и устойчивому 6-циклу, а пунктирные линии – седловому 6-циклу, линия с крестиками отвечает неустойчивому циклу периода 1. В исходной точке $\Omega=8{,}39$ существует неподвижная точка F (1-цикл), имеющая тип устойчивого фокуса. При увеличении параметра Ω в точке $\Omega=\Omega^+$ возникает пара циклов периода 6 – устойчивый N_0 и седловой S_0 через седлоузловую бифуркацию.



а) *б)*

Рис. 3. Фрагмент карты динамических режимов в области мультистабильности вблизи резонансного языка с числом вращения 1:6 (*а*); пересечение двух резонансных языков с числами вращения 1:6 в области мультистабильности (*б*)



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 4. Рождение инвариантного тора через С-бифуркацию: *а* – бифуркационная диаграмма; *б* – фазовый портрет отображения (2) до седлоузловой бифуркации в точке Ω^+; *в* – фазовый портрет отображения (2) после седлоузловой бифуркации; *г* – фазовый портрет после С-бифуркации в точке Ω^C_φ

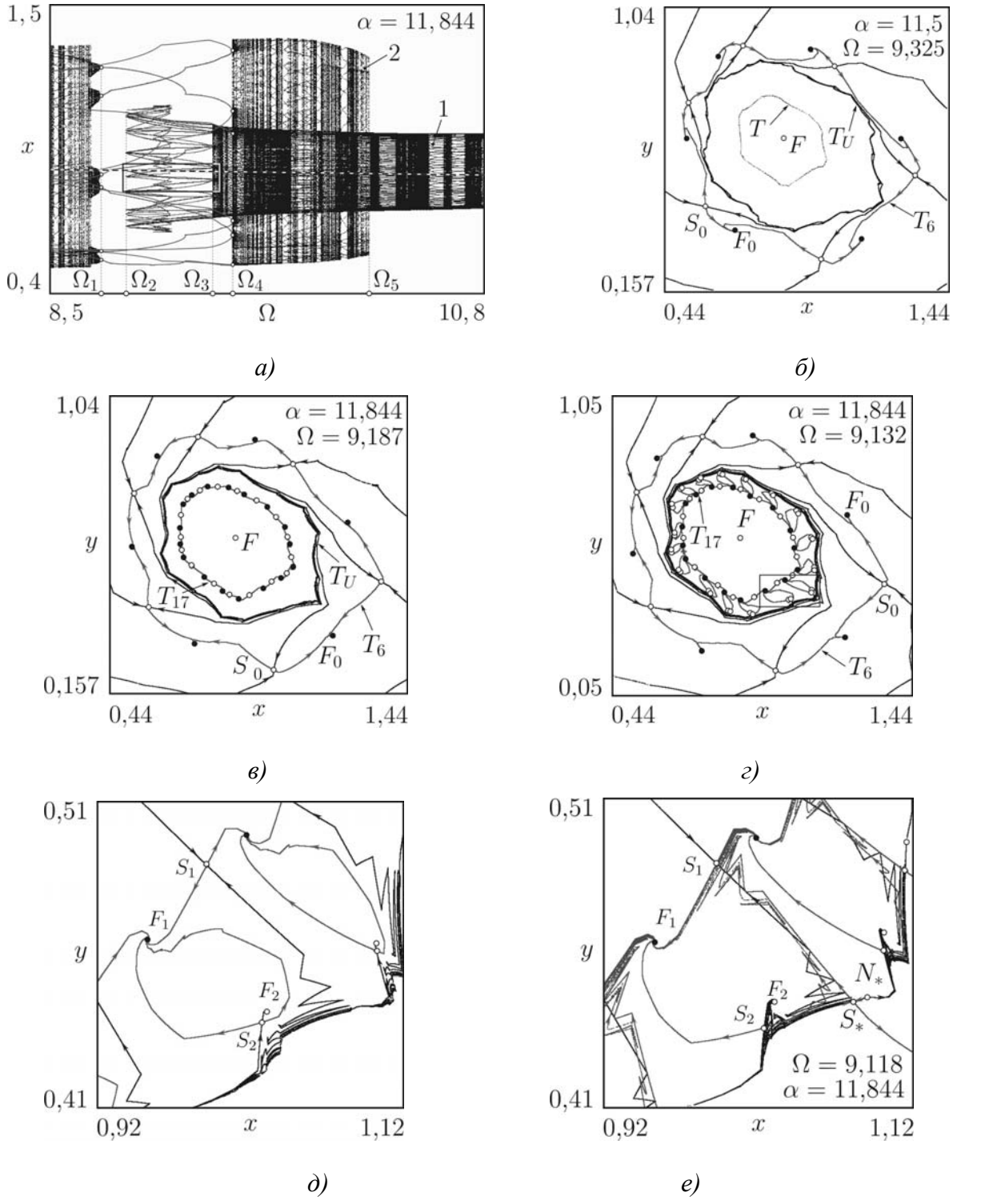


Рис. 5. Рождение и разрушение сосуществующих двумерных торов

При дальнейшем изменении параметра седловая периодическая орбита S_0 сталкивается с устойчивой неподвижной точкой F на границе $N^C_{\varphi,3}$. При переходе через линию $N^C_{\varphi,3}$ неподвижная точка F становится неустойчивым фокусом через С-бифуркацию, в результате чего возникает седловой цикл периода 6 другого типа, лежащий на инвариантном торе. Этот переход проиллюстрирован на рис. 4, *б–г*.

На рис. 5 представлены результаты численных расчетов, выполненных для

сечения D (см. рис. 3). Это сечение находится в области, где пересекаются вертикальные и горизонтальные резонансные языки. Как можно видеть на рис. 5, *а,* бифуркационная диаграмма содержит две основные ветви, обозначенные цифрами 1 и 2. Ветвь 1 начинается на линии бифуркации Неймарка-Саккера N_{φ}^{3}, где 1-цикл теряет устойчивость и мягко возникают квазипериодические колебания. При дальнейшем уменьшении параметра Ω в точке $\Omega = \Omega_3$ система входит в зону резонансной динамики – возникает резонансный тор с числом вращения 2:17.

На бифуркационной диаграмме левая граница области существования резонансного цикла периода 17 обозначена через Ω_2. Вторая ветвь возникает жестко. В точке, лежащей на линии N_T, наряду с уже существующим инвариантным тором рождается другая пара двумерных торов – устойчивый и неустойчивый. При уменьшении параметра Ω в точке $\Omega = \Omega_4$ система входит в зону резонансного языка 1:6 – возникает резонансный цикл периода 6 через С-бифуркацию [1].

На рис. 5, *б* показан фазовый портрет отображения для значений параметров, лежащих в интервале $\Omega_3 < \Omega < \Omega_4$, где устойчивый эргодический тор T, принадлежащий первой ветви, сосуществует с устойчивым резонансным тором T_6 второй ветви. Границей бассейнов притяжения сосуществующих аттракторов T и T_6 является неустойчивая замкнутая инвариантная кривая T_U. На рис. 5, *в* показан случай сосуществования двух устойчивых резонансных торов T_6 и T_{17} с разными числами вращения. На бифуркационной диаграмме область сосуществования устойчивых резонансных торов T_6 и T_{17} лежит в интервале между точками и Ω_3.

Обнаружен инвариантный тор, содержащий петли в окрестности точек устойчивого цикла. Такие петли были названы «гетероклиническими пузырями». На рис. 5, *г–е* показан случай сосуществования двух резонансных торов T_6 и T_{17}, один из которых T_{17} содержит «гетероклинические пузыри». Гетероклинические петли возникают следующим образом. При движении по параметрам в пределах резонансного языка 2:17 возникает пара неустойчивых циклов – седловая орбита периода 17 и неустойчивый фокус того же периода через С-бифуркацию. Из рис. 5, *д* видно, что неустойчивые многообразия седлового 17-цикла образуют гетероклинические «петли» вокруг неустойчивого фокуса F_2. Численные эксперименты показали, что эти «петли» разрушаются через гетероклиническую бифуркацию. На рис. 5, *е* приведен фазовый портрет отображения после гетероклинической бифуркации.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (Программное мероприятие № 1.3.1, Соглашение 14.B37.21.1146).

Список литературы

1. Zhusubaliyev Zh.T., Yanochkina O.O., Mosekilde E. Coexisting Tori and Torus Bubbling in Non-Smooth Systems // Physica D: Nonlinear Phenomena. 2011. Vol. 240. P. 397–405.

2. Zhusubaliyev Zh. T., Mosekilde E. Bifurcations and Chaos in Piecewise-Smooth Dynamical Systems. Singapore: World Scientific, 2003. 363 p.

3. Zhusubaliyev Zh.T., Soukhoterin E., Mosekilde E. Border-Collision Bifurcations on a Two-Dimensional Torus // Chaos. Solitons and Fractals. 2002. Vol. 13. P. 1889–1915.

4. Simpson D.J.W., Meiss J.D. Shrinking Point Bifurcations of Resonance Tongues for Piecewise-Smooth, Continuous Maps // Nonlinearity. 2009. Vol. 22. P. 1123–1144.

5. Yang W., Hao B. How the Arnold Tongues Become Sausages in a Piecewise Linear Circle Map // Communications in Theoretical Physics. 1987. Vol. 8. P. 1–15.

Получено 15.06.12.

Z. T. Zhusubaliyev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: zhanybai@gmail.com)

O.O. Yanochkina, Candidate of Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: yanoolga@gmail.com)

MULTISTABLE BEHAVIOR OF A MULTILEVEL PULSE-MODULATED CONTROL SYSTEM

The paper is devoted to study of the bifurcations and multistability in a multilevel pulse-modulated control system.

Key words: *multilevel pulse-modulation, two-dimensional torus, bifurcation, multistability.*

УДК 342.536

А.М. Потапенко, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tkkaf@inbox.ru)

Ю.И. Рыжиков, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН) (e-mail: ryzhbox@yandex.ru)

А.В. Уланов, адъюнкт, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (e-mail: ulnov246@rambler.ru)

А.Ю. Богомазов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: o-nill@bk.ru)

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПЕРЕВОДА

Обосновывается целесообразность использования при переводе с русского на английский язык средств автоматизированного перевода. Описана технология работы с переводчиками Promt, Socrat и Google. Анализируется качество выполненного ими перевода одного и того же текста по теории очередей. Делается вывод о полезности упомянутых средств – в сочетании с обязательным знанием английского языка.

Ключевые слова: *автоматизированный перевод.*

***

Без большой натяжки можно предположить, что будущий ученый после сдачи кандидатского экзамена в состоянии справиться с переводом специальной литературы на русский язык – в особенности если учесть, что его будет интересовать только смысл оригинала. Гораздо более трудна задача переводов с русского на иностранный. Еще более широкие возможности открываются перед докторантами, квалификация и достижения которых могут позволить им выступать на зарубежных конференциях. Отметим, наконец, что сотрудники РАН обязаны в них печататься – для набора «показателя результативности научной деятельности».

Аннотации и тексты докладов и статей должны быть представлены на приемлемом по грамотности английском языке. Дополнительная трудность перевода с русского на английский для русского человека заключается в недостаточном знании английской грамматики. Серьезную проблему создают различия языков в синтаксическом управлении из-за подчинительной связи, которая выражается присоединением к главному сло-

ву существительного в форме косвенного падежа с предлогом или без.

Для подготовки чернового варианта перевода имеет смысл использовать средства автоматизированного перевода. Ниже будет описана работа с тремя доступными автоматическими переводчиками. Для облегчения их сопоставления между собой и с предъявляемыми требованиями все они тестируются на приводимом ниже связном тексте, заимствованном из учебного пособия одного из авторов по теории очередей.

«Анализ реальных процессов обслуживания часто показывает, что заявка получает "полное удовлетворение" лишь после прохождения нескольких фаз обслуживания в специализированных узлах. В таких случаях принято говорить о сетях обслуживания. Создание теории сетей обслуживания стимулировалось как возвратом к старым задачам на новом (более детальном) уровне, так и принципиально новыми приложениями, среди которых, прежде всего, нужно отметить вычислительные сети и сети передачи данных с использованием вычислительных устройств. Одной из первых сетевых моделей ЭВМ стала схема с "центральным вычислителем", представляющая работу вычислительной системы коллективного доступа.

Большое значение имеют модели ВС как программно-аппаратных комплексов, учитывающие алгоритмы операционной системы. В частности, реентерабельные модули могут рассматриваться как одноканальные СМО с очередями и приоритетным обслуживанием. Наконец, важнейшим объектом применения теории сетей массового обслуживания (СеМО) являются цифровые системы передачи данных (СПД) и вычислительные сети локального, регионального и глобального масштаба, а в последние годы – и сети интегрального обслуживания.

Центральной проблемой теории сетей обслуживания, определяющей ее специфику по отношению к классической ТМО, является учет взаимодействия узлов сети. При ее решении приходится иметь дело с комбинаторным ростом количества состояний сети в целом. Поэтому при разработке численных методов расчета СеМО особое внимание уделяется преодолению "проклятия размерности"».

1. Переводчик PROMT

Весьма удобен переводчик PROMT [2], который имеет пофрагментный, диалоговый, фоновый (потоковый) режимы работы; позволяет подключать пользовательские словари, пополнять и корректировать их; заносить слова в список оставляемых без перевода; просматривать список нераспознанных слов и вносить их в словарь непосредственно из списка обнаруженных. Ниже даются краткий обзор его возможностей и понятие о технологии использования.

Входные документы могут быть файлами с расширениями TXT, RTF, WRI, STD, STL. При выборе режима Текстовый файл каждая входная строка рассматривается как отдельный абзац. PROMT конвертирует открытый файл в файл STD и выводит в половинки экрана билингву – исходный текст и будущий перевод.

Панель инструментов. Главный экран Переводчика содержит меню команд и панель инструментов, набор кнопок которой при необходимости может корректироваться и расширяться. Каждая из кнопок снабжена всплывающей подсказкой, что избавляет нас от необходимости воспроизводить панель и комментировать ее. Здесь мы обсудим только некоторые специфические команды Меню. Варианты перевода слова указываются вслед за основным в фигурных скобках. Слова, оставляемые без перевода, выделяются в оригинале и в переводе зеленым цветом. Слова, не найденные в словарях,

подчеркиваются красным, а зарезервированные (не требующие перевода) – зеленым.

Promt Electronic Dictionary. Названный словарь получен объединением множества общих и специальных словарей – это не словарь по электронике. Его не следует путать с Генеральным. Promt Electronic Dictionary (PED) имеет отдельный Help.

Редактирование перевода. Выполненный посредством PROMT перевод приемлем лишь в самом первом приближении. Дефектами являются прежде всего неудачные переводы отдельных слов.

Препроцессоры. С помощью препроцессора можно исключить из перевода адреса электронной почты, имена файлов, даты и т. п. Продукт перевода и его оценка. Теперь воспроизведем перевод вышеприведенного тестового фрагмента, сделанный «штатными» средствами PROMT.

«The analysis of real processes of service frequently shows, that the application receives "full satisfaction" only after passage of several phases of service to the specialized units. In such cases it is accepted to speak about networks of service. Creation of the theory of networks of service was stimulated as return to old problems{tasks} at new (more detailed) level, and essentially new appendices among which first of all it is necessary to note computer networks and networks of data transmission with use o computers. To one of the first network models of the COMPUTER began the circuit with "the central calculator", representing work of the computing system of collective access.

Great value models BC as the hardware-software complexes have, taking into account algorithms of operational system. In particular, реентерабельные modules can be considered{examined} as single-channel CMO with turns and priority service. At last, the major object of application of the theory of networks of mass service (CeMO) are digital systems of data transmission (СПД) and computer networks of local, regional and global scale, and last years - and networks of integrated service.

The central problem of the theory of networks of the service, its{her} specificity in relation to classical TMO, the account of interaction of units of a network is determining. At its{her} decision it is necessary to deal with combinatory growth of quantity{amount} of conditions of a network as a whole. Therefore by development of numerical methods of calculation CeMO the special attention is given overcoming of "a damnation of dimension".

Был создан пользовательский словарь, в который вошли статьи «ВС», «СМО», «СПД», «СеМО», «ЭВМ», «заявка», «неприводимый», «случай», «случайный», «состояние», «сток», «узел». После его подключения получена новая версия перевода. Кроме того, приходится сделать следующие частные замечания (их список сокращен):

1) имеет смысл заменить *networks of service* на общепринятое *queuing networks*;

2) вместо союза в *as return to old problems {tasks}* хочется вставить *both*;

3) последнюю фразу первого абзаца вместо *To one…* лучше начать с *One of*. Завершение этой фразы лучше записать как *collective access computing system*;

4) в третьем абзаце конец первого предложения лучше изложить в редакции *is the determining of a network nodes interaction.* В текст *of states of a network as a whole* перед *states* хочется вставить артикль *the.*

2. Персональный Сократ

Обсуждаемая версия переводчика Сократ 4.1 предназначена для перевода с английского языка на русский и наоборот. В справке о системе подчеркивается, что она автоматически учитывает тематику текста.

Рабочее окно имеет закладки Переводчик, Словарь, Настройки. По умолча-

нию при первом запуске программы основное окно открывается на закладке Переводчик.

Строка состояния в нижней части основного окна отображает подсказки по кнопкам Панели инструментов, текущий режим и объем (в процентах) выполненного перевода.

Работа с переводчиком. В окне переводчика имеются два поля: исходного текста и перевода. Входной текст набирается в верхнем окне вкладки Переводчик или вводится в него из буфера либо из файла – через меню Файл/Открыть. Результаты перевода могут быть сохранены в файле или помещены в буфер обмена. Формат перевода – Только текст в кодировке Windows, кодовая страница 1251. По умолчанию имя файла с переводом совпадает с именем исходного (добавляется начальное подчеркивание).

Работа со словарем. Для вызова из окна перевода Словаря следует набрать комбинацию [Ctrl+Alt+X]. Словарная вкладка имеет три поля: заданное слово, автоматически предлагаемая, соответствующая ему окрестность словаря и перевод. О возможностях пополнения и корректировки словаря электронна документация умалчивает.

Перевод и его разбор. Ниже приводится *сократовский* перевод того же теста.

«The Analysis of the real processes of the service often shows that demand gets "full satisfaction" only after passing several phases of the service in specialized nodes. In such events is accepted speak of set of the service. Creation to theories of the networks of the service was stimulated as return to old problem on new (more detailed) level, so and in principal new exhibits, amongst which first of all it is necessary to note the computing networks and network data communication with use computing device. One of the first network models COMPUTER became the scheme with "central evaluator", presenting functioning(working) the computing system of the multiaccess.

The models VS have Big importance as fireware complex, taking into account algorithms of the operating system. In particular, reenterant modules can be considered as одноканальные SMO with queue and foregroundings. Finally, the most most important object of the using to theories of the networks of mass service (the SEED) are a digital systems data communication (SPD) and computing networks local, regional and global scale, but at the last years --- and network of the integral service.

The Central problem to theories of the networks of the service, defining her(its) specifics to classical TMO, is an account of the interaction of the nodes to network. Under her(its) decision it happens to to deal with combinatorial growing amount conditions to network as a whole. So at development of the numerical methods of the calculation SEED emphases is spared преодолению "curses to dimensionality".

Наиболее очевидные его недостатки:

1) не переведен ряд терминов (*одноканальный, неразложимых, преодоление*). Слова *замкнутых* и *неразложимость* транскрибированы побуквенно;

2) аббревиатуры, как правило, не заменяются их эквивалентами, но транслитерируются большими буквами (ТМО – TMO, СПД – SPD, ВС – VS);

3) неверно переведены: состояния – *conditions* вместо *states;* приоритеты – *foregroundings* вместо *priorities;* массовое обслуживание – как *mass service* (богослужение) вместо *queuing;* приближенный – *drawn near* вместо *approximate;* сток – *sewer* (канализация) вместо *outflow;* неоднородный – *lumpy* (комковатый) вместо *heterogeneous;* случаен – *is mated* вместо *accidental, casual* или *probabilitic;*

4) в ряде случаев Переводчик «не справился с управлением» или порядком слов: *main ideas to classical theory* (вместо

of the); *интенсивность входящего потока* переведена как *intensity entering flow.*

3. Online-переводчик Google

Данный продукт является бесплатным интернет-сервисом (Http://translate. google.ru/) и поддерживает перевод в режиме реального времени между шестьюдесятью пятью языками. Его важным преимуществом является то, что для работы с ним не требуется установка специального ПО, необходимо лишь наличие браузера и доступ в Интернет.

Работа с переводчиком. В окне переводчика также имеются два поля: исходного текста и перевода. При наведении курсора на переведенное слово (словосочетание) оно и его оригинал подкрашиваются и появляется всплывающее окно с другими вариантами перевода. Поддерживается режим прослушивания текстов.

Анализ перевода. Ниже представлен перевод с помощью Google-переводчика.

«Analysis of the actual service processes often shows that the application receives a" full satisfaction "only after several phases of service in specialized nodes. In such cases, one speaks of network services. Development of a theory of queuing networks stimulated as a return to old problems in a new (more detailed) level, and fundamentally new applications, among which, first of all, it should be noted computer networks and data networks using computational devices. One of the first models of computer networking scheme was the "central computer", representing the work of the computer system of multiple access.

Of great importance are the WS model as a hardware-software systems, algorithms take into account the operating system. In particular, the reentrant modules can be considered as a single-channel queuing system with queues and priority service. Finally, the most important object of the theory of queuing networks (Semo) is a digital data transmission system (SAP) and computer networks of local, regional and global scale, and in recent years - and the integrated services network.

The central problem in the theory of queuing networks, which determines its specificity with respect to the classical TMT is, the interaction of network nodes. With its decision to deal with the combinatorial growth in the number of states of the entire network. Therefore, the development of numerical methods for calculating Semo focus on overcoming the "curse of dimensionality."

Приведём краткий анализ качества перевода:

1. *Development of a theory of queuing networks stimulated* в первом абзаце – перед *theory* не помешает определённый артикль, а сказуемое *stimulated* следует поставить в страдательном залоге.

2. *One of the first models of computer networking scheme was the "central computer"* в начале последнего предложения первого абзаца лучше заменить на *One of the first computer network models was the "central computer" scheme*.

3. Аббревиатуры также не заменяются их эквивалентами, при этом логика замены не всегда понятна: ВС – WS, ТМО – ТМТ, СПД – SAP, СеМО – Semo. Однако приятно удивила замена ТМО на *queuing system*.

4. В переводе сохраняются запятые, выделяющие придаточные предложения.

5. Во многих предложениях переводчик настойчиво не желает применять страдательный залог, отчего смысл английского варианта получается абсурдным.

6. В начале четвертого абзаца после *Route* следует поставить *of*.

Специфика и богатство русского языка, возможность достаточно вольного грамматического построения предложений затрудняют автоматизированный перевод на английский, для которого характерен твёрдый порядок слов и гораздо более широкое употребление страда-

тельного залога. Таким образом, ещё раз убеждаемся в простой истине, что даже самые современные и продвинутые средства не заменят знания.

Список литературы

1. Lohvater's Russian-English dictionary on the mathematical sciences / Ed. by R.P. Boas // Providence, Rhode Island: American Math. Society, 1990. 342 p.

2. Stylus for Windows: Версия 2.0. Система автоматического перевода: руководство пользователя. СПб.: Promt, 1994. 140 с.

3. Пумпянский А.Л. Чтение и перевод английской научно-технической литературы (лексика и грамматика). М.: Изд-во АН СССР, 1961. 303 с.

Получено 15.06.12.

A.M. Potapenko, Candidate of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tkkaf@inbox.ru)

J.I. Ryzhikov, Doctor of Sciences, Professor, the Honored worker of a science of the Russian Federation; the leading scientist of the Laboratory of information technologies in system analysis and modeling of Establishment of the Russian academy of Sciences, Sanct-Petersburg institute of computer science and automation of the Russian Academy of Science (SPIIRAN); the professor of faculty of a software of a computer science in Military space academy under A.F. Mozhajsky (e-mail: ryzhbox@yandex.ru)

A.V. Ulanov, Post-Graduate Student, Military Space Academy under A.F. Mozhajsky (Sanct-Petersburg) (e-mail: ulanov246@rambler.ru)

A.Y. Bogomazov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: o-nill@bk.ru)

EXPERIENCE OF THE USING OF AUTOMATED TRANSLATION SYSTEMS

The expediency of use while translating from Russian on the English language of facilities of the automated translation is proved. The technology of work with translators Promt, Socrat and Google is described. Quality of the translation of the same text under the theory of queues executed by them is analyzed. It is judged a utility of the mentioned facilities – in a combination to obligatory knowledge of the English language.

Key words: *automatic translation.*

УДК 621.391

Е.А. Шиленков, программист, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tkkaf@mail.ru)

К.Ю. Рюмшин, канд. техн. наук, докторант, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (e-mail: rumchin@mail.ru)

А.Ю. Богомазов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: o-nill@bk.ru)

НЕТРИВИАЛЬНОСТЬ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ В ДИСКРЕТНОМ КАНАЛЕ

Рассматриваются особенности технического анализа кодовых структур в дискретном канале. Сформулированы теоретические аспекты ограничений при анализе.

Ключевые слова: *технический анализ, корректирующие коды, дискретный канал, линейная алгебра, система линейных алгебраических уравнений.*

***

Одно из важных направлений совершенствования и развития цифровых систем связи состоит в повышении помехоустойчивости передаваемой информации. При проектировании таких систем разработчики стремятся к увеличению скорости передачи, минимизации появления битовой ошибки, минимизации по-

требляемой мощности, минимизации ширины полосы пропускания, максимизации эффективности применения системы, минимизации конструктивной сложности, вычислительной нагрузки и стоимости системы.

Главной особенностью современного этапа развития цифровых систем связи является построение гибридных систем. Происходит конвергенция сетей (услуг) фиксированной и мобильной связи, спутниковой и наземной связи, взаимодополнение сотовой связи и сетей беспроводного широкополосного доступа, что позволяет объединять достоинства различных технологий.

На современном этапе развития сформировались два направления в области VSAT-технологий. Первое – это сети VSAT, в которых используются традиционные полнофункциональные станции. Второе – это появление интерактивных сетей, ориентированных на предоставление услуг передачи данных и доступа в Интернет и использующих оборудование HughesNetworkSystems (HNS), Gilat, ViaSat. Эти компании в совокупности контролируют 80–85% мирового рынка VSAT.

Современные потребности в телекоммуникационных сервисах вынуждают производителей коммуникационного оборудования применять эффективные методы обработки сигналов, которые обеспечивают требуемое качество передачи при минимуме экономических и энергетических затрат. В связи с этим активно развиваются и внедряются в системы связи и передачи данных технологии помехоустойчивого кодирования (турбокодирование, низкоплотностное кодирование и др.), технологии разнесённого приёма, модуляции, многопользовательского детектирования и др.

К современным системам передачи информации, особенно военным, предъявляются повышенные требования по обеспечению достоверности передачи информации, высокой пропускной способности и структурной скрытности излучений радиоэлектронных средств (РЭС). Одним из наиболее эффективных способов удовлетворения этим требованиям является использование в ССиПД корректирующего кодирования.

Корректирующие коды позволяют в значительной степени повысить помехоустойчивость, а также обеспечить энергетическую и структурную скрытность передаваемого сигнала, что существенно усложняет процесс перехвата сообщений и его технического анализа. Однако существующие подходы к техническому анализу имеют принципиальные ограничения.

Общие сведения о решении системы линейных алгебраических уравнений при техническом анализе сигналов

При решении задач анализа цифровых последовательностей в ССиПД часто возникает необходимость решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Множество всех кодовых слов линейных кодов может быть получено на основе выражения

$$y_{S(n)} = \sum_{j=1}^{k} \alpha_{ji} y_{j(n)},$$

где α_{ji} – коэффициенты (для двоичных кодов $\alpha_{ji} \in \{0,1\}$).

В случае представления кодовых слов в виде строк матрицы размером $n \times k$ имеет место порождающая матрица кода:

$$G_{(n,k)} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{k1} & y_{k2} & \cdots & y_{kn} \end{bmatrix}$$

При представлении кода в систематическом виде порождающая матрица записывается следующим образом:

$$G_{(n,k)} = \begin{bmatrix} 1\,0\cdots 0\,0\, g_{11}\; g_{12}\cdots g_{1r} \\ 0\,1\cdots 0\,0\, g_{21}\; g_{22}\cdots g_{2r} \\ \vdots\;\vdots\;\ddots\;\vdots\;\vdots\;\;\vdots\;\;\ddots\;\vdots \\ 0\,0\cdots 0\,1\, g_{k1}\; g_{k2}\cdots g_{kr} \end{bmatrix}$$

В этом случае правая часть матрицы содержит коэффициенты уравнений проверки на чётность

$$y_{k+i} = \sum_{j=1}^{k} \alpha_{ji} y_j, \quad i = 1(1)r,$$

которые при отсутствии ошибок при приёме выполняются для всех кодовых слов данного кода.

Поскольку код однозначно определяется своей порождающей матрицей или коэффициентами g_{ji} уравнений проверки на чётность, то для его идентификации достаточно определить значение этих коэффициентов g_{ji}, где

$$y_{11} \times g_{11} + y_{21} \times g_{21} + \ldots + y_{k1} \times g_{k1} = y_{k1+1,1};$$
$$y_{12} \times g_{11} + y_{22} \times g_{21} + \ldots + y_{k1} \times g_{k1} = y_{k1+1,2};$$
$$\ldots$$
$$y_{1m} \times g_{11} + y_{2m} \times g_{21} + \ldots + y_{km} \times g_{k1} = y_{k1+1,m}.$$

Аналогично можно составить еще $(r-1)$ систему линейных уравнений относительно коэффициентов g_{ji}, где $j = 1(1)k$, $i = 1(1)r$. Отметим, что все системы содержат одинаковые коэффициенты неизвестных и отличаются только столбцом свободных членов.

Система линейных алгебраических уравнений имеет единственное решение в том случае, когда определитель матрицы, составленной из коэффициентов при переменных в k линейно независимых уравнениях, отличен от нуля, т.е.

$$D = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{k1} & y_{k2} & \cdots & y_{kn} \end{bmatrix} \neq 0$$

Выявленные особенности процесса решения системы линейных алгебраических уравнений

СЛАУ является совместной, т.е. имеет решение, если выполняется следующие условия:

– число уравнений в СЛАУ не меньше числа неизвестных $(n \geq k)$;

– n из k уравнений линейно независимы.

При решении задач последетекторного технического анализа корректирующих кодов необходимо учитывать определённые алгебраические аспекты, приведённые ниже.

Теорема 1. Пусть имеют место k произвольных двоичных последовательностей. Тогда вероятность того, что k уравнений из n двоичных последовательностей независимы, определяется выражением

$$P(n) = \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{2^i - 1}{2^i}\right), \quad n = 1(1)\infty. \qquad (1)$$

Теорема 2. Пусть ряд распределений $P(n)$ при $n = k(1)$ представляет собой последовательность элементов, определяемую выражением

$$P(n) = \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{2^i - 1}{2^i}\right), \quad n = 1(1)\infty.$$

Тогда последовательность элементов $P(n)$ представляет собой убывающую ограниченную последовательность $0 < P_n \leq 0{,}5$.

Произведём аналитические выкладки и расчёт подтверждающие корректность выведенных теорем.

Зависимость вероятности линейной независимости строк матрицы СЛАУ размерностью $n \times n$ от n показана на рисунке 1.

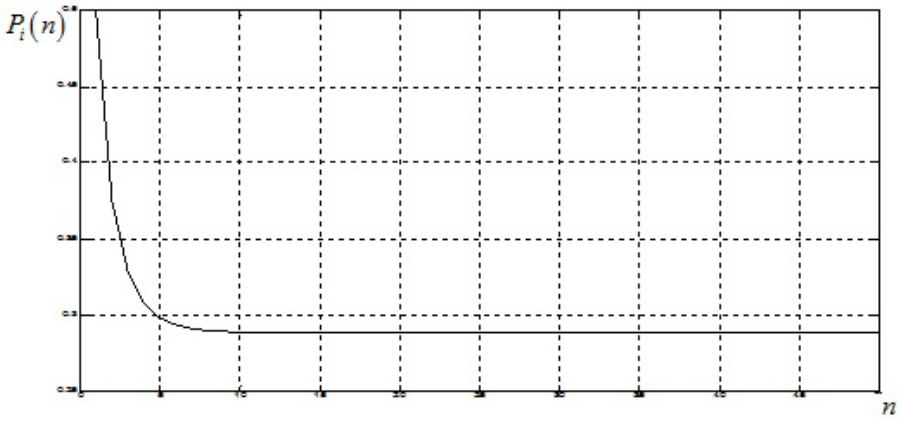


Рис. 1. Зависимость вероятности линейной независимости строк

Таким образом, вероятность отыскания единственного решения произвольной СЛУ не будет превышать величины

$$P(n) = \lim_{x\to\infty} \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{2^i - 1}{2^i}\right) \approx 0,28879.$$

Количество всех двоичных комбинаций матриц, а также число сходящихся и несходящихся матриц представлены на рисунке 2 для матриц 2×2, 3×3, 4×4. Данные для других размерностей матриц получить затруднительно в силу значительных вычислительных и временных затрат. Так, для матриц 5×5 общее количество двоичных комбинаций матриц составляет 33554432, для 6×6 – 68719476736 и т.д.

Представленные на рисунке 2 результаты вычислений подтверждают выражение (1) и сформулированные теоремы.

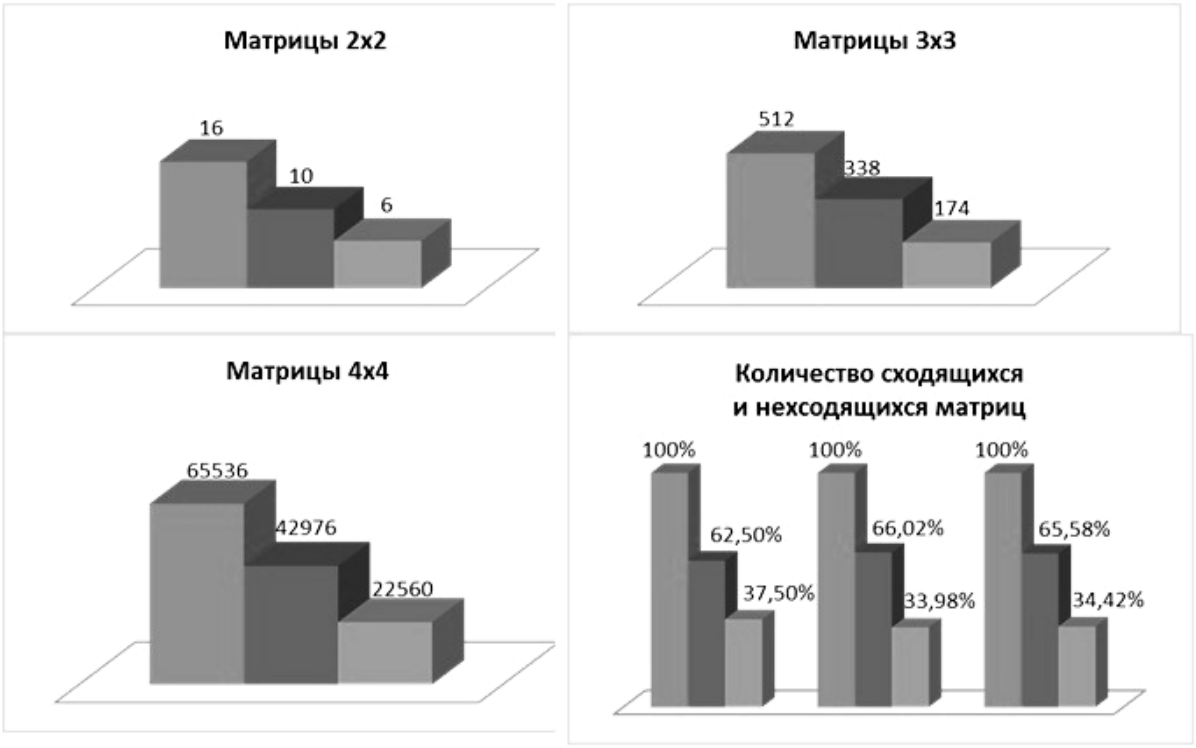


Рис. 2. Количественные оценки сходимости матриц: первый столбец – общее количество матриц; второй столбец – количество несходящихся матриц; третий столбец – количество сходящихся матриц

Таким образом, можно утверждать, что вероятность P_n решения СЛАУ, а соответственно, и количество сходящихся матриц для других размерностей также будут удовлетворять выражению (1).

Эффективность и работоспособность существующих методов технического анализа, базирующихся на решении СЛАУ, недостаточны. Это приводит к появлению различных модификаций и изменений в методах решения, которые по своей сути в незначительной степени улучшают характеристики данных методов, в критической степени зависящих как от характера анализируемых кодовых последовательностей, так и от возникающих вследствие наличия шумов в канале связи ошибок при приеме кодовых символов.

Список литературы

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. СПб.: БЧВ-Петербург, 2011. 768 с.

2. Смит С. Цифровая обработка сигналов: практическое руководство. М.: Додэка, 2011. 720 с.

3. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса // Цифровая обработка изображений. М.: Логос, 2001. 264 с.

Получено 15.06.12.

E.A. Shilenkov, Programmer, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tkkaf@inbox.ru)

K.Y. Ryumshin, Candidate of Sciences, Military Space Academy A.F. Mozhaiskogo (Sanct-Petersburg) (e-mail: rumchin@mail.ru)

A.Y. Bogomazov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: o-nill@bk.ru)

NONTRIVIAL SIGNAL ANALYSIS IN DIGITAL CHANNELS

The features of the technical analysis of code structures in the discrete channel. Formulated the theoretical aspects of the restrictions in the analysis.

Key words: *Technical analysis, error-correcting codes, digital channel, linear algebra, a system of linear algebraic equations.*

УДК 378:001.891

А.А. Маслак, д-р техн. наук, профессор, филиал Кубанского государственного университета в г. Славянске-на-Кубани (e-mail: anatoliy_maslak@mail.ru)

С.А. Осипов, канд. техн. наук, доцент, филиал Кубанского государственного университета в г. Славянске-на-Кубани (e-mail: slnosa@mail.ru)

М.М. Алиакпарова, аспирант, филиал Кубанского государственного университета в г. Славянске-на-Кубани (e-mail: m.aliakparova@mail.ru)

С.А. Филист, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: SFilist@gmail.com)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧАСТИЧНО ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ УЧАЩИХСЯ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ИХ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

В рамках теории латентных переменных на основе имитационного моделирования исследована точность измерения уровня подготовленности студентов в зависимости от структуры тестовых заданий – учитываются или не учитываются частично правильные ответы. Показано, что учет частично правильных ответов в наибольшей степени увеличивает точность оценивания уровня подготовленности «слабых» студентов.

Ключевые слова: *теория латентных переменных, точность измерения, модель Раша, частично правильные ответы.*

***

Введение

Точность измерения латентных переменных является важным аспектом измерения, так как от этого зависит корректность принимаемых решений в социально-экономических системах. При измерении уровня подготовленности с помощью тестов наиболее часто используется закрытая форма тестовых заданий. Обычно тестовые задания состоят из четырех или пяти вариантов ответа, только один из которых является правильным. При выборе правильного ответа результат выполнения задания оценивается «1», при выборе неправильного оценивается «0».

1. Постановка задачи

Рассматриваются различные способы оценивания тестовых заданий, решение которых состоит из решения нескольких этапов [1–3]. Существует два способа оценивания таких заданий:

– строгое оценивание, которое состоит в том, что при неправильном выполнении хотя бы одного этапа задание оценивается как невыполненное, т.е. 0 баллов. Оценка в один балл ставится только тогда, когда правильно решены все этапы задания;

– либеральное оценивание, состоящее в том, что за каждый правильно выполненный этап ставится один балл. Так, если задание состоит из 4 этапов, то возможные оценки за это задание варьируются от 0 (не решен ни один этап) до 4 (решены все этапы).

Кроме того, в целях сравнения рассматривается также ситуация, когда все задания являются дихотомическими (возможные варианты ответов 1 или 0).

Оценивание этих заданий выполняется в рамках теории латентных переменных на основе имитационного моделирования [4, 5]. Во всех трех ситуациях используются одни и те же диапазоны варьирования уровней подготовленности испытуемых и трудности тестовых заданий. Уровни подготовленности испытуемых варьируются в диапазоне от -3 до +3 логит с шагом 0,25 и 24-кратной повторностью – всего 600 значений. Уровни трудности тестовых заданий также варьируются от –3 до +3 логит с шагом 0,21 логит с однократной повторностью – всего 30 заданий.

2. Метод исследования

В случае использования тестовых заданий с двумя вариантами ответа (0 или 1) для генерирования матрицы ответов $\boldsymbol{X}$ используется дихотомическая модель Раша [6]. Прежде всего определяется матрица вероятностей правильного ответов студентов на тестовые задания:

$$P_{ni} = \frac{\exp(\beta_n - \delta_i)}{1 + \exp(\beta_n - \delta_i)}, \qquad (1)$$

где β_n – уровень подготовленности n-го студента (точнее местоположение n-го студента на шкале латентной переменной «подготовленность»);

δ_i – трудность i-го задания (точнее местоположение i-го студента на шкале латентной переменной «подготовленность»).

Далее на основе данной матрицы вероятностей $\boldsymbol{P}$ и датчика случайных чисел генерируется дихотомическая матрица ответов $\boldsymbol{X}$:

$$x_{ni} = \text{Int}\,(p_{ni} - \text{Rnd} + 1), \qquad (2)$$

где Int (Y) – целая часть числа Y; Rnd – случайное число, равномерно распределенное в интервале (0; 1).

При использовании тестовых заданий с учетом частично правильных ответов матрица вероятностей имеет вид

$$P_{nix} = \frac{\exp \sum_{j=0}^{x} \left[\beta_n - \left(\delta_i + \tau_j \right) \right]}{\sum_{k=0}^{m} \exp \sum_{j=0}^{k} \left[\beta_n - \left(\delta_i + \tau_j \right) \right]}, \quad (3)$$

где β_n – уровень подготовленности n-го студента;

δ_i – трудность i-го задания;

τ_j – параметр, характеризующий трудность j-го этапа задания.

P_{nix} – вероятность того, что n-й студент правильно решит x этапов i-го тестового задания, состоящего из m этапов [7, 8].

Далее на основе матрицы вероятностей и датчика случайных чисел генерируется матрица результатов тестирования с учетом частично правильных ответов.

В таблице 1 приведен фрагмент матрицы результатов тестирования в случае, когда решение тестовых заданий состоит из четырех этапов (категории от 0 до 4). Это пример либерального оценивания.

При строгом тестировании ненулевой результат получается только там, где выполнены все 5 этапов. В результате данная матрица (см. табл. 1) преобразуется в дихотомическую матрицу, в которой для полностью правильных ответов (в нашем примере – категория 4) ставится в соответствие 1. Остальные случаи означают неправильный ответ – 0. Ниже приведен фрагмент этой матрицы (табл. 2).

Таблица 1

Фрагмент матрицы результатов тестирования для заданий, состоящих из 4 этапов (категории 0 – 4)

Уровень подготовленности	Трудность заданий									
	-3,00	-2,79	-2,59	-2,38	-2,17	-1,97	-1,76	...	2,79	3,00
3,00	4	4	4	4	4	4	4	...	1	1
3,00	4	4	4	4	4	4	4	...	3	1
3,00	4	4	4	4	4	4	4	...	2	4
3,00	4	4	4	3	4	4	4	...	2	2
3,00	4	4	4	4	4	4	4	...	4	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2,75	4	4	4	4	4	4	4	...	3	3
2,75	4	4	4	4	4	4	4	...	3	1
2,75	4	4	4	4	4	4	4	...	2	2
2,75	4	4	4	4	4	4	4	...	0	3
2,75	4	4	4	4	4	4	4	...	0	2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
-2,50	4	4	3	3	1	1	0	...	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
-2,75	3	1	2	0	1	0	0	...	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
-3,00	4	1	0	1	1	0	0	...	0	0

Таблица 2

Фрагмент матрицы результатов тестирования в случае строгого оценивания

Уровень подготовленности	Трудность заданий									
	-3,00	-2,79	-2,59	-2,38	-2,17	-1,97	-1,76	...	2,79	3,00
3,00	1	1	1	1	1	1	1	...	0	0
3,00	1	1	1	1	1	1	1	...	0	0
3,00	1	1	1	1	1	1	1	...	0	1
3,00	1	1	1	0	1	1	1	...	0	0
3,00	1	1	1	1	1	1	1	...	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2,75	1	1	1	1	1	1	1	...	0	0
2,75	1	1	1	1	1	1	1	...	0	0
2,75	1	1	1	1	1	1	1	...	0	0
2,75	1	1	1	1	1	1	1	...	0	0
2,75	1	1	1	1	1	1	1	...	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
-2,50	1	1	0	0	0	0	0	...	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
-2,75	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
-3,00	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0

3. Исследование точности оценок

Для вычисления оценок уровней подготовленности испытуемых по данным матрицам использовалась диалоговая система RUMM 2030 [9]. В результате получены оценки уровней подготовленности учащихся для двух случаев – при использовании матрицы с учетом частично правильных ответов и преобразованной (дихотомической матрицы), без учета частично правильных ответов.

В таблице 3 приведен фрагмент результатов вычислений уровня подготовленности и абсолютного отклонения вычисленных уровней от их истинного значения. Здесь $\widehat{\beta}_i$ обозначена оценка уровня подготовленности *n*-го испытуемого с учетом частично правильных ответов, а β_n^* – без учета частично правильных ответов.

Таблица 3

Фрагмент оценок и точности их вычисления для вышеприведенных матриц (с учетом и без учета частично правильных ответов)

Уровень подготовленности β_i	Частично правильные ответы учитываются		Частично правильные ответы не учитываются	
	Оценка $\widehat{\beta}_i$	$\lvert\widehat{\beta}_i - \beta_i\rvert$	Оценка β_i^*	$\lvert\lvert\widehat{\beta}_i - \beta_i^*\rvert\rvert$
3,00	3,058	0,058	4,470	1,470
3,00	2,484	0,516	1,918	1,082
3,00	2,962	0,038	2,701	0,299

Окончание табл.3

Уровень подготовленности β_i	Частично правильные ответы учитываются		Частично правильные ответы не учитываются	
	Оценка $\widehat{\beta}_i$	$\left\|\widehat{\beta}_i - \beta_i\right\|$	Оценка β_i^*	$\left\|\left\|\widehat{\beta}_i - \beta_i^*\right\|\right\|$
3,00	2,556	0,444	1,548	1,452
3,00	2,278	0,722	2,701	0,299
...	...	...	...	...
2,75	2,631	0,119	2,302	0,448
2,75	2,708	0,042	1,918	0,632
2,75	2,484	0,061	3,113	0,363
2,75	2,212	0,538	1,918	0,632
2,75	2,435	0,315	2,197	0,553
...	...	...	...	...
-2,50	-2,183	0,317	-4,755	2,255
...	...	...	...	...
-2,75	-3,098	0,348	-6,344	3,594
...	...	...	...	...
-3,00	-3,098	0,098	-5,438	2,438

Рассмотрены типичные ситуации использования частично правильных ответов:

– задания состоят из двух этапов решения (категории 0, 1 и 2);

– задания состоят из трех этапов решения (категории 0, 1, 2 и 3);

– задания состоят из четырех этапов решения (категории 0, 1, 2, 3 и 4).

Для каждой ситуации анализируется точность получаемых оценок.

Тестовые задания состоят из двух этапов решения (категории 0, 1 и 2).

В терминах планирования эксперимента откликом Y является точность оценивания уровня подготовленности испытуемых. Рассматривается влияние на отклик следующих факторов.

Фактор А – способы учета результатов тестирования, который варьируется на трех уровнях:

a_1 – учитывается каждый правильно решенный этап задания, т.е. возможные варианты ответа на тестовые задания 0, 1 или 2;

a_2 – учитываются только все правильно выполненные этапы задания, т.е. 1 ставится только тогда, когда правильно решены все этапы. Если не решен хотя бы один этап, то задание оценивается как 0;

a_3 – рассматриваются результаты тестирования в случае дихотомических тестовых заданий. Уровень подготовленности испытуемых и трудность заданий те же, что и при использовании заданий с частично правильными ответами.

Фактор В – уровень подготовленности испытуемых, который варьируется на 25 уровнях (b_1, b_2,…, b_{25}). Эти уровни соответствуют уровням подготовленности испытуемых –3,00 логит, –2,75 логит, …, +3,00 логит.

Поскольку фактор А является качественным, то методом статистической обработки выбран дисперсионный анализ. Полученные данные представляются моделью двухфакторного эксперимента:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \qquad (4)$$

где y_{ijk} – отклик, полученный при i-м уровне фактора А (i = 1, 3), j-м уровне фактора В (j = 1,25) в k-м повторении;

μ – генеральное среднее;

α_i – эффект *i*-го уровня фактора *A*;

β_j – эффект *j*-го уровня фактора *B*;

$(\alpha\beta)_{ij}$ – эффект взаимодействия *i*-го уровня фактора А с *j*-м уровнем фактора *B*;

ε_{ijk} – ошибка эксперимента, полученная при *i*-м уровне фактора А, *j*-м уровне фактора В в *k*-м повторении.

Результаты дисперсионного анализа представлены в таблице 4.

Проинтерпретируем полученные результаты. Из таблицы 4 видно, что все источники дисперсии значимо влияют на точность оценивания на очень высоком уровне значимости ($p<0,001$). Наибольший интерес представляет фактор А – способ учета результатов тестирования (табл. 5).

Из таблицы 5 видно, что ошибка измерения наименьшая при учете частично правильных ответов в среднем для всех уровней подготовленности (0,278 логита). Ошибка измерения наибольшая в том случае, когда частично правильные ответы рассматриваются как неправильные (1,102 логита). При использовании дихотомических тестовых заданий средняя ошибка измерения равна 0,426 логита.

На рис. 1 представлена точность получаемых оценок для уровней фактора А.

На этом и других рисунках приняты следующие обозначения:

– тонкая сплошная линия соответствует точности измерения в случае дихотомических тестовых заданий (уровень a_2);

– толстая сплошная линия соответствует точности измерения при учете частично правильных ответов (уровень a_1);

– толстая прерывистая линия соответствует точности измерения при учете частично правильных ответов (уровень a_3).

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа точности измерения при использовании тестовых заданий, решение которых состоит из двух этапов

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{эксп}$	*p*
Фактор *A*	34,333	24	1,431	10,06	<0,001
Фактор *B*	231,519	2	115,760	814,17	<0,001
Взаимодействие *AB*	79,060	48	1,647	11,58	<0,001
Ошибка	245,263	1725	0,142		
Всего	590,175	1799			

Таблица 5

Результаты сравнения способов оценивания при использовании тестовых заданий, решение которых состоит из двух этапов

Способ оценивания	Среднее значение	Объем выборки	Стандартная ошибка	95% доверительный интервал	
				нижняя граница	верхняя граница
a_1	0,278	600	0,015	0,248	0,308
a_2	1,102	600	0,015	1,072	1,132
a_3	0,426	600	0,015	0,396	0,456

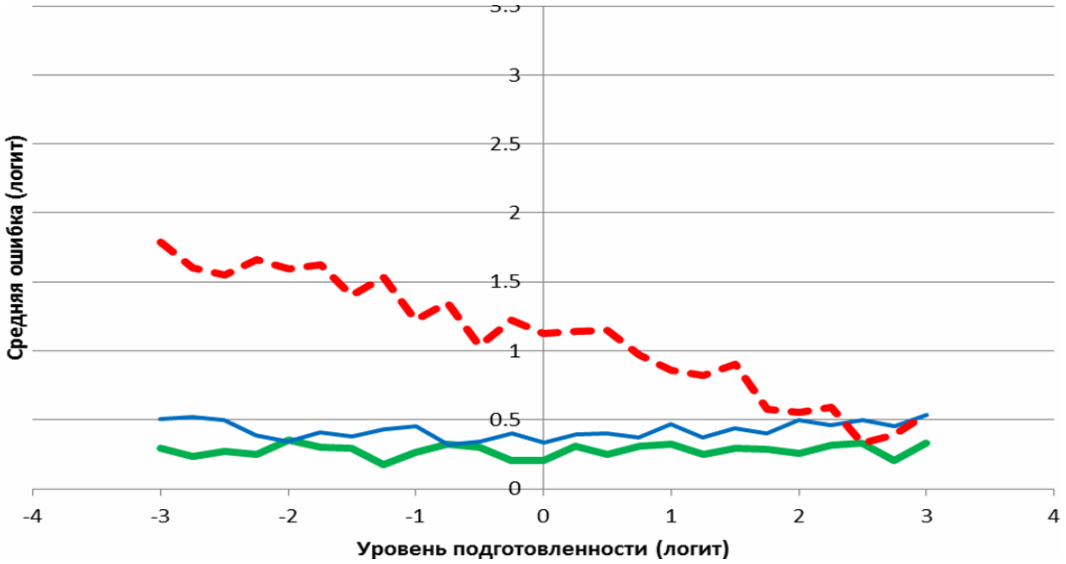


Рис. 1. Ошибка измерения уровня подготовленности испытуемого в зависимости от методов оценивания для тестовых заданий с двумя этапами решения

Из рис. 1 видно, что с наибольшей точностью оценивается уровень подготовленности испытуемых при учете частично правильных ответов (уровень a_1). Чуть меньше точность в случае использования дихотомических тестовых заданий (уровень a_3). Однако в обоих случаях точность оценивания практически не зависит от уровня подготовленности испытуемых. Совсем другая картина, когда частично правильные ответы не учитываются (уровень a_2). Здесь испытуемые с небольшим уровнем подготовленности оцениваются с меньшей точностью, чем испытуемые с высоким уровнем. Причем, чем меньше уровень подготовленности, тем ниже точность оценивания. Это объясняет значимость взаимодействия факторов A и B (эффект уровня a_2 зависит от уровня подготовленности). Кроме того, поскольку эффект уровня a_2 сильно зависит от уровня подготовленности, то фактор B оказался значим – средняя ошибка для всех способов учета зависит от уровня подготовленности.

Тестовые задания состоят из трех этапов решения (категории 0, 1, 2 и 3).

Алгоритм анализа тот же, что и для заданий, решение которых состоит из двух этапов. Как и ранее данные представляются моделью (4).

Результаты дисперсионного анализа представлены в таблице 6.

Из таблицы 6 видно, что, как и в предыдущем случае, все источники дисперсии значимо влияют на точность оценивания на очень высоком уровне значимости ($p<0,001$). Оценка уровней фактора A представлена в таблице 7.

Таблица 6

Результаты дисперсионного анализа точности измерения при использовании тестовых заданий, решение которых состоит из трех этапов

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{эксп}$	p
Фактор A	103,209	24	4,300	27,24	<0,001
Фактор B	619,226	2	309,613	1960,82	<0,001
Взаимодействие AB	213,564	48	4,449	28,18	<0,001
Ошибка	272,378	1725	0,158		
Всего	1208,377	1799			

Таблица 7

Результаты сравнения способов оценивания при использовании тестовых заданий, решение которых состоит из трех этапов

Способ оценивания	Среднее значение	Объем выборки	Стандартная ошибка	95% доверительный интервал	
				нижняя граница	верхняя граница
a_1	0,231	600	0,016	0,199	0,263
a_2	1,561	600	0,016	1,529	1,593
a_3	0,426	600	0,016	0,394	0,458

Из таблицы 7 видно, что ошибка измерения наименьшая при учете частично правильных ответов в среднем для всех уровней подготовленности и равна 0,231 логита. Необходимо отметить, что эта ошибка меньше, чем в ситуации, когда решение задания состоит из двух этапов (0,278 логита). Ошибка измерения наибольшая в том случае, когда частично правильные ответы рассматриваются как неправильные (1,561 логита). Причем эта ошибка больше, чем в предыдущей ситуацииПри использовании дихотомических тестовых заданий средняя ошибка измерения, как и в предыдущем случае равна 0,426 логита.

На рис. 2 представлена точность получаемых оценок для уровней фактора *A*.

Из рис. 2 видно, что с наибольшей точностью оценивается уровень подготовленности испытуемых при учете частично правильных ответов (уровень a_1). Чуть меньше точность в случае использования дихотомических тестовых заданий (уровень a_3). Однако в обоих случаях точность оценивания практически не зависит от уровня подготовленности испытуемых. Совсем другая картина, когда частично правильные ответы не учитываются (уровень a_2). Здесь испытуемые с небольшим уровнем подготовленности оцениваются с меньшей точностью, чем испытуемые с высоким уровнем. Как и ранее, чем меньше уровень подготовленности, тем ниже точность оценивания. Это объясняет значимость взаимодействия факторов *A* и *B* (эффект уровня a_2 зависит от уровня подготовленности). Кроме того, поскольку эффект уровня a_2 сильно зависит от уровня подготовленности, то фактор *B* также оказался значим – средняя ошибка для всех способов учета зависит от уровня подготовленности.

Тестовые задания состоят из двух этапов решения (категории 0, 1, 2, 3 и 4).

Обработка данных проводится по тому же алгоритму, что и в предыдущих случаях. Результаты дисперсионного анализа представлены в таблице 8.

Как видно из таблицы 8, полученные результаты аналогичны предыдущим. Все источники дисперсии значимо влияют на точность оценивания на очень высоком уровне значимости ($p<0,001$). Как и ранее, наибольший интерес представляет фактор *A* – способ учета результатов тестирования (табл. 9).

Из таблицы 9 видно, что ошибка измерения наименьшая при учете частично правильных ответов в среднем для всех уровней подготовленности (0,198 логита). Ошибка измерения наибольшая в том случае, когда частично правильные ответы рассматриваются как неправильные, причем решение тестового задания состоит из четырех этапов (1,815 логита). Как и ранее, при использовании дихотомических тестовых заданий средняя ошибка измерения одна и та же и равна 0,426 логита.

На рис. 3 представлена точность получаемых оценок для уровней фактора *A*.

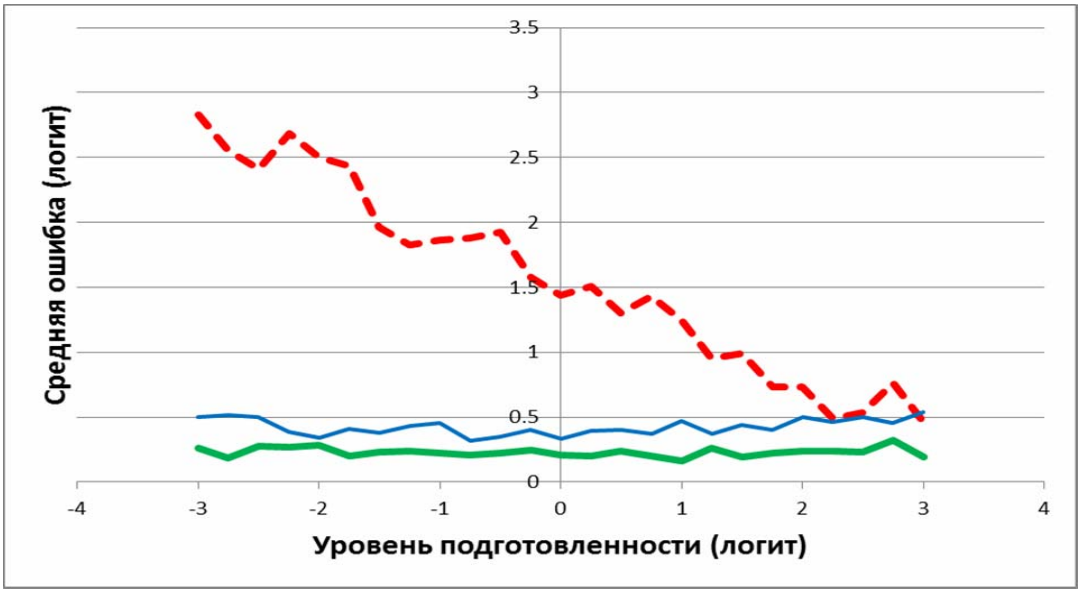


Рис. 2. Ошибка измерения уровня подготовленности испытуемого в зависимости от методов оценивания для тестовых заданий с тремя этапами решения

Таблица 8

Результаты дисперсионного анализа точности измерения при использовании тестовых заданий, решение которых состоит из четырех этапов

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{эксп}$	p
Фактор *A*	137,038	24	5,71	40,31	<0,001
Фактор *B*	918,573	2	459,28	3242,19	<0,001
Взаимодействие *AB*	286,556	48	5,97	42,14	<0,001
Ошибка	244,362	1725	0,14		
Всего	1586,530	1799			

Таблица 9

Результаты сравнения способов оценивания при использовании тестовых заданий, решение которых состоит из четырех этапов

Способ оценивания	Среднее значение	Объем выборки	Стандартная ошибка	95% доверительный интервал	
				нижняя граница	верхняя граница
a_1	0,198	600	0,015	0,168	0,229
a_2	1,815	600	0,015	1,785	1,845
a_3	0,426	600	0,015	0,396	0,456

Из рис. 3 видно, что с наибольшей точностью оценивается уровень подготовленности испытуемых при учете частично правильных ответов (уровень a_1). Причем эта точность значительно выше, чем при использовании дихотомических тестовых заданий (уровень a_3) . Однако в обоих случаях точность оценивания практически не зависит от уровня подготовленности испытуемых. Совсем другая картина, когда частично правильные ответы не учитываются (уровень a_2). Здесь испытуемые с небольшим уровнем подготовленности оцениваются с гораздо

меньшей точностью, чем испытуемые с высоким уровнем. Причем, чем меньше уровень подготовленности, тем ниже точность оценивания. Это объясняет значимость взаимодействия факторов A и B (эффект уровня a_2 зависит от уровня подготовленности). Кроме того, поскольку эффект уровня a_2 сильно зависит от уровня подготовленности, то фактор B также оказался значим – средняя ошибка для всех способов учета зависит от уровня подготовленности.

На рис. 4 представлены обобщенные результаты исследования.

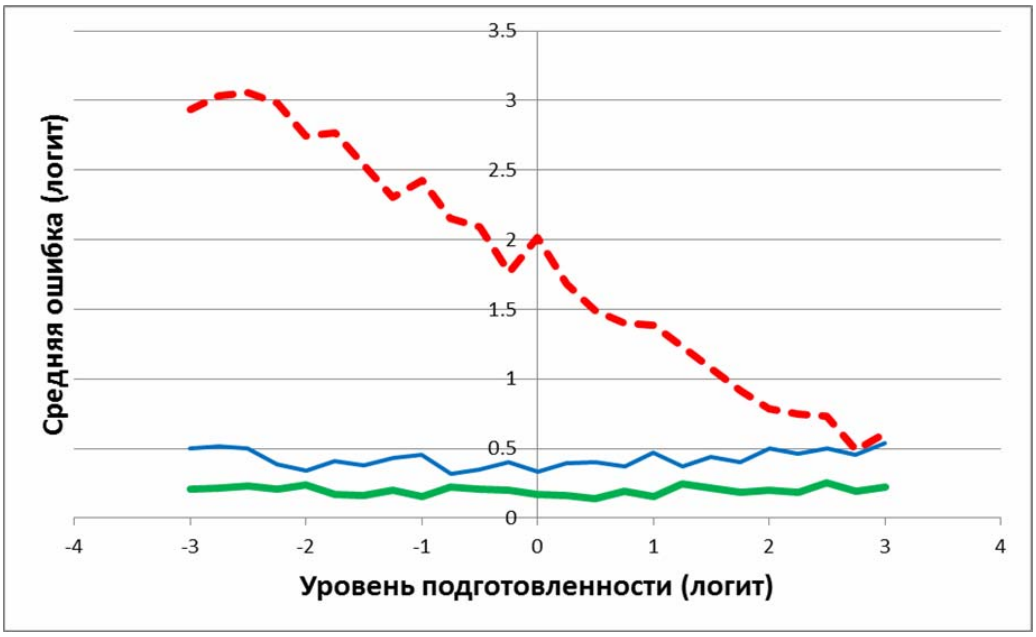


Рис. 3. Ошибка измерения уровня подготовленности испытуемого в зависимости от методов оценивания для тестовых заданий с четырьмя этапами решения

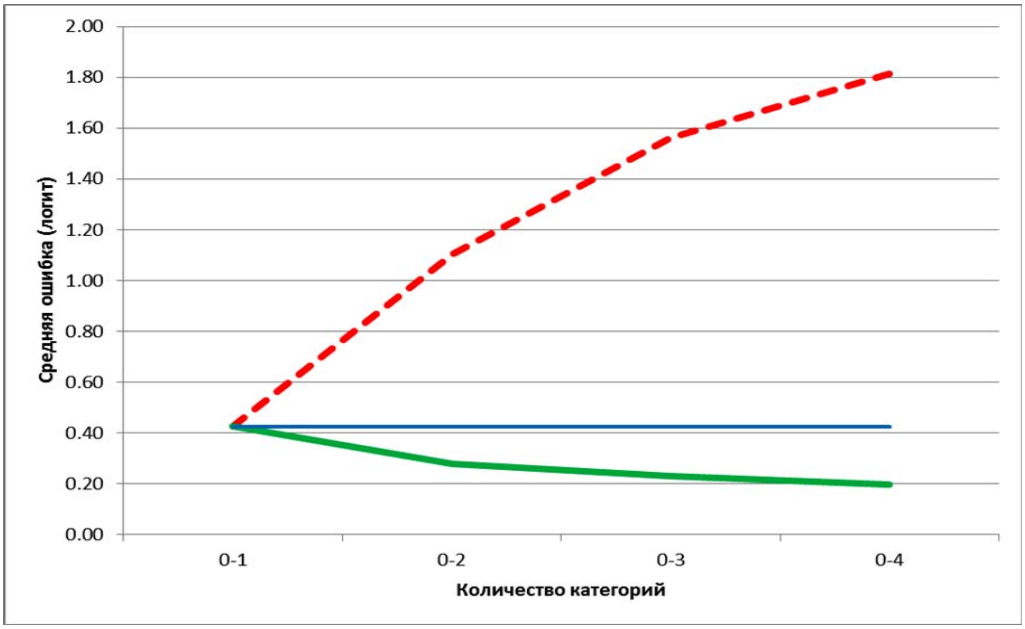


Рис. 4. Средняя ошибка измерения уровня подготовленности в зависимости от числа этапов решения в тестовых заданиях и способов учета числа правильных ответов

Из рис. 4 видно, что учет частично правильных этапов повышает точность измерения уровня подготовленности испытуемых. Причем, чем из большего числа этапов состоит решение тестового задания, тем выше точность измерения. Когда частично правильно решенные задания не принимаются во внимание, то точность измерения уровня подготовленности резко понижается. Точность измерения тем меньше, чем из большего числа этапов состоят задания.

Выводы

1. Для матрицы с учетом частично правильных ответов средняя ошибка не превышает 0,5 логита на всем рассмотренном интервале шкалы логита [–3, +3].

2. Для матрицы без учета частично правильного ответа наблюдается следующая тенденция: для слабо подготовленных учащихся ошибка оценивания очень большая (3 логит), с повышением уровня подготовленности ошибка уменьшается.

3. Целесообразно использовать тестовые задания с учетом частично правильных этапов. Чем больше число этапов, из которых состоит тестовое задание, тем выше точность измерения.

Список литературы

1. Маслак А.А. Измерение латентных переменных в образовании: теория и практика. Славянск-на-Кубани: Издат. центр СГПИ, 2007. 424 с.

2. Дроздов В.И., Маслак А.А., Новиков Ю.М. Использование современной теории тестологии при оценке качества АПИМ // Известия Курск. гос. техн. ун-та. 2008. № 4 (225). С. 87–95.

3. Данилов А.А., Маслак А.А. Исследование точности измерения латентной переменной в зависимости от числа градаций индикаторных переменных // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та, 2009. Т. 5, № 11. С. 106–114.

4. Осипов С.А., Маслак А.А., Поздняков С.А. Имитационное моделирование ситуаций, возникающих при измерении латентных переменных в социально-экономических системах // Вестник СГПИ. 2005. № 1 (1). С. 117–125.

5. Maslak A.A. [et al.]. Measuring and Comparing Higher Education Quality between Countries Worldwide. Journal of Applied Measurement. 2005. Vol. 6, N. 4. P. 432–442.

6. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests (Expanded edition, with foreword and afterword by Benjamin D. Wright). Chicago: University of Chicago Press, 1980. 199 p.

7. Andrich D. Rasch Models for Development. London: Sage Publications, Inc., 1988. 94 p.

8. Wright B.D., Masters G.N. Rating Scale Analysis. Chicago: MESA PRESS, 1982. 206 p.

9. Getting Started RUMM 2010. Rasch Unidimensional Measurement Models – Pert: RUMM Laboratory Ltd, 2001. 87 p.

Получено 18.06.12.

A.A. Maslak, Doctor of Sciences, Professor, Branch of the Kuban State University in Slavyansk-on-Kuban (e-mail: anatoliy_maslak@mail.ru)

S.A. Osipov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Branch of the Kuban State University in Slavyansk-on-Kuban (e-mail: slnosa@mail.ru)

M.M. Aliakparova, Post-Graduate Student, Branch of the Kuban State University in Slavyansk-on-Kuban (e-mail: m.aliakparova@mail.ru)

S.A. Filist, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: SFilist@gmail.com)

INFLUENCE OF PARTIALLY RIGHT ANSWERS OF STUDENTS ON PRECISION OF MEASUREMENT OF THEIR PERFORMANCE

Within the framework of the theory of latent variables on the basis of simulation experiment there was investigated the precision of measurement of students' performance depending on taking account partially right answers of test items. It is shown, that not taking into account partially right answers decreases the precision of measurement of bad prepared students.

Key words: *theory of latent variables, precision of measurement, Rasch model, partially right answers.*

УДК 06.54.51 50.37.23

В.П. Добрица, д-р физ.-мат. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: dobritsa@mail.ru)

А.А. Липунов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: lipunov@lenta.ru)

Е.С. Савенкова, студентка, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: savenkova230891@yandex.ru)

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ В КОМПЛЕКСЕ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В данной статье рассматривается необходимость освоения новых информационных технологий в целях организации эффективного управления. Освещаются вопросы комплексных систем информационной безопасности, анализируются преимущества и выгоды эффективности систем контроля и управления доступом.

Ключевые слова: *автоматизированные информационные технологии управления, комплексные системы защиты информационной безопасности, система контроля и управления доступом.*

***

В современных условиях достаточно быстро развивается рынок новых технологий управления, которые используются для предприятий самого различного профиля. Разработка и внедрение новых автоматизированных информационных технологий управления (АИТУ) требуют определенных затрат, для обоснования целесообразности которых обычно требуется проведение расчетов по оценке эффективности проводимых мероприятий. Для этого необходимо установить факторы, действие которых обеспечивает эффективность. Основными факторами являются повышение качества проведения вычислительных работ, повышение надежности функционирования вычислительных ресурсов, сокращение сроков создания и освоения новых информационных технологий, увеличение объема и сокращение сроков переработки информации, повышение производительности труда разработчиков и пользователей вновь созданных информационных технологий [3].

Для определения направления действия этих факторов надо выяснить, на что влияет разработка и внедрение конкретной информационной технологии управления, а именно на:

- эффективность труда отдельных работников управления;
- эффективность управленческой деятельности подразделения;
- эффективность процесса управления при выработке конкретного управленческого решения;
- эффективность отдельного звена иерархической системы управления;
- эффективность методов управления;
- эффективность внедряемого процесса;
- эффективность системы управления в целом.

Основная задача управления — координация деятельности подразделений для наиболее эффективного их использования в решении стратегических, тактических и текущих задач. Именно поэтому успешное развитие современного предприятия немыслимо без активного при-

менения новейших технологий информатизации и обеспечения безопасности.

В предыдущих статьях [1, 2] нами были подробно рассмотрены такие составляющие комплексной информационной системы защиты, как системы видеонаблюдения и системы учета рабочего времени (СУРВ), в этой же статье остановимся подробнее на системах контроля и управления доступом (далее – СКУД).

Защита любого объекта включает несколько рубежей, число которых зависит от уровня режимности объекта. При этом во всех случаях важным рубежом будет СКУД на объекте. СКУД – это совокупность программно-технических средств и организационно-методических мероприятий, с помощью которых решается задача контроля и управления посещением отдельных помещений, а также оперативный контроль перемещения персонала и времени его нахождения на территории объекта. Действительно, СКУД – это не только аппаратура и программное обеспечение, это продуманная система управления движением персонала.

Хорошо организованная с использованием современных технических средств СКУД позволит решить целый ряд задач:

- установка СКУД препятствует проникновению посторонних на территорию объекта;
- учёт количества лиц, прошедших через пропускной пункт в одну и другую сторону;
- обеспечение возможности ограниченного доступа для сотрудников, то есть СКУД запрещает проход части сотрудников в определенные помещения, позволяя при этом беспрепятственно перемещаться по другим;
- ограничение перемещения сотрудников по производственным помещениям в выходные и праздничные дни, а также в определенное время суток;
- производить сравнение лица человека, воспользовавшегося пропуском с фотографией, хранящейся в банке данных СКУД;
- установка СКУД обеспечивает контроль перемещения работников предприятия и тем самым позволяет отслеживать их трудовую деятельность.

Главным направлением развития СКУД является их интеллектуализация, то есть передача максимально возможного количества функций по сбору, обработке информации и принятию решений аппаратным средствам СКУД и компьютерам. Система управления доступом сегодня – это программно-аппаратный комплекс, включающий в себя контроллеры СКУД, управляемые замки, считыватели, турникеты, шлюзовые кабины, металлодетекторы, а также компьютеры и программное обеспечение верхнего уровня, облегчающее настройку, мониторинг и оперативное управление правами доступа персонала.

Оборудование СКУД можно разделить на два класса. Автономные системы представляют собой считыватель или клавиатуру для набора кода и контроллер, помнящий легальные карты (коды) и управляющий замком или другим исполнительным механизмом.

Сетевые системы контроля доступа включают несколько считывателей и один или несколько контроллеров. В состав таких систем, как правило, входит один или несколько компьютеров для управления системой и получения оперативной информации, принтер для распечатки отчетов. Более сложные системы могут иметь разветвленную структуру, охватывающую удаленные помещения, включать в свой состав модемы для передачи информации между удаленными объектами. Нередко такие системы позволяют обеспечить их интеграцию с видеонаблюдением.

Системы контроля доступа являются сложными и многоплановыми электронными системами безопасности, поэтому точно и однозначно сформулировать их назначение не просто. Простейшими

электронными системами доступа являются кодонаборные панели или автономные считыватели карточек. Более сложные системы, включающие, как правило, один или несколько компьютеров, могут контролировать доступ в зависимости от текущего времени, дня недели и праздничных дней. Программное обеспечение позволяет получить различные виды отчетов о событиях, происшедших в системе за определенный отрезок времени. Кроме того, различные системы могут иметь широкий набор дополнительных функций, например, защита от несанкционированного проникновения в помещение путем передачи карты другому лицу, графическое представление на экране компьютера плана объекта с отображением тревожных ситуаций и т.д.

Ввиду всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что СКУД обладают значительными преимуществами. В первую очередь, это отсутствие «человеческого фактора». Устройства и программа выполняют свою работу одинаково хорошо в любое время и при любых обстоятельствах 24 часа в сутки – СКУД не устает, не отвлекается и не нуждается в сменщике. Отсутствует необходимость содержать большой штат вахтеров – контроль деятельности всех СКУД в здании может быть сосредоточен на пульте одного оператора, который нужен для принятия решения в случае возникновения нестандартной ситуации. Система совмещает в одном программно-аппаратном комплексе несколько полезных функций, таких как ограничение доступа, учет количества прохождений, видеозапись момента входа в здание или помещение и выхода из него, а также многое другое.

Таким образом, успехи, достигнутые в развитии информационных технологий, открывают возможности построения информационно-насыщенных рабочих мест и электронных офисов, в значительной степени повышающих эффективность организации трудового процесса.

Список литературы

1. Липунов А.А., Савенкова Е.С. Разработка системы комплексной защиты объектов информатизации в ГОУ ВПО «ЮЗГУ» // Региональные проблемы обеспечения информационной безопасности и защиты персональных данных: матер. IV Регион. науч.-практ. конф. / под ред. В.И. Аверченкова. Брянск, 2012. С. 33–36.

2. Липунов А.А., Савенкова Е.С. Разработка комплексной системы информатизации и защиты информационной безопасности университета // Информационная безопасность в государственных и негосударственных структурах: матер. II Всерос. науч.-техн. конф. Курск, 2012. С. 19–26.

3. Грибунин В.Г., Чудовский В.В. Комплексная система защиты информации на предприятии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский Центр «Академия», 2009. 416 с.

Получено 27.06.12.

V.P. Dobrica, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: dobritsa@mail.ru)

A.A. Lipunov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: lipunov@lenta.ru)

Y.S. Savenkova, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: savenkova230891@yandex.ru)

THE SYSTEM OF ACCESS MANAGEMENT AND CONTROL IN COMPLEX SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY

In this article the necessity of development of new information technologies for the organization of effective management. The questions of complex information security systems, analyses advantages and benefits of the effectiveness of control systems and access control.

Key words: *the automated information-management technology, complex systems of protection of information security, access control system.*

УДК 004.932

П.С. Козлов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)

Е.В. Лукьянчиков, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: e-luck@yandex.ru)

М.И. Труфанов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: temp1202@mail.ru)

АЛГОРИТМ УТОЧНЕНИЯ ВЫЧИСЛЕННЫХ КООРДИНАТ КОНТУРА ПУЗЫРЬКА ГАЗА В ЖИДКОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

Представленная статься посвящена задаче вычисления параметров пузырька газа в жидкости при измерении поверхностного натяжения жидкости. Разработан алгоритм уточнения контура пузырька по серии кадров его изображений, позволяющий повысить точность измерения поверхностного натяжения при использовании стандартных матричных приемников изображений средней разрешающей способности, входящих в состав серийно выпускаемых веб-камер.

Ключевые слова: *распознавание изображений, поверхностное натяжение, форма, оптические искажения, пузырек, газ, жидкость.*

***

Для исследования процессов флотации и оптимального подбора флотореагентов разработан [1] и затем модифицирован способ оценки поверхностного натяжения жидкости по изображению размещенного в ней микропузырька [2]. В качестве средства получения изображения применена цифровая зеркальная фотокамера, недостатком использования которой является значительное усложнение конструкции комплекса и технические трудности с получением изображений в реальном времени. При этом основной целью использования фотокамеры являлось получение изображений с высокой разрешающей способностью (не менее 3200x2400 пикселов).

Современные цифровые видеокамеры также могут быть использованы в качестве источника изображений, что позволит заменить в комплексе [2] цифровую фотокамеру на видеокамеру, этим обеспечить большую скорость получения кадров изображений и повысить точность определения флотационной активности реагента за счет анализа изображений динамически меняющегося пузырька.

Рассмотрим алгоритм обработки области изображения, содержащей пузырек, позволяющий при использовании цифровых веб-камер с относительно низкой разрешающей способностью (до 1280×760) снизить погрешность вычислений контура пузырька и обеспечить измерения динамически изменяющегося поверхностного натяжения жидкости (рис. 1).

Расчет поверхностного натяжения жидкости содержит следующие операции:

– предварительная обработка методом медианной фильтрации,

– пороговая обработка (бинаризация) изображения,

– сегментация изображения с помощью метода оценки геометрических характеристик объектов на изображении,

– распознавание объекта пузырька на изображении,

– выделение контура пузырька,

– сглаживание контура,

– уточнение контура на основе обработки серии кадров и метода суперразрешения,

– измерение параметров контура и вычисление по ним поверхностного натяжения жидкости.

Исходное изображение пузырька показано на рис. 2.

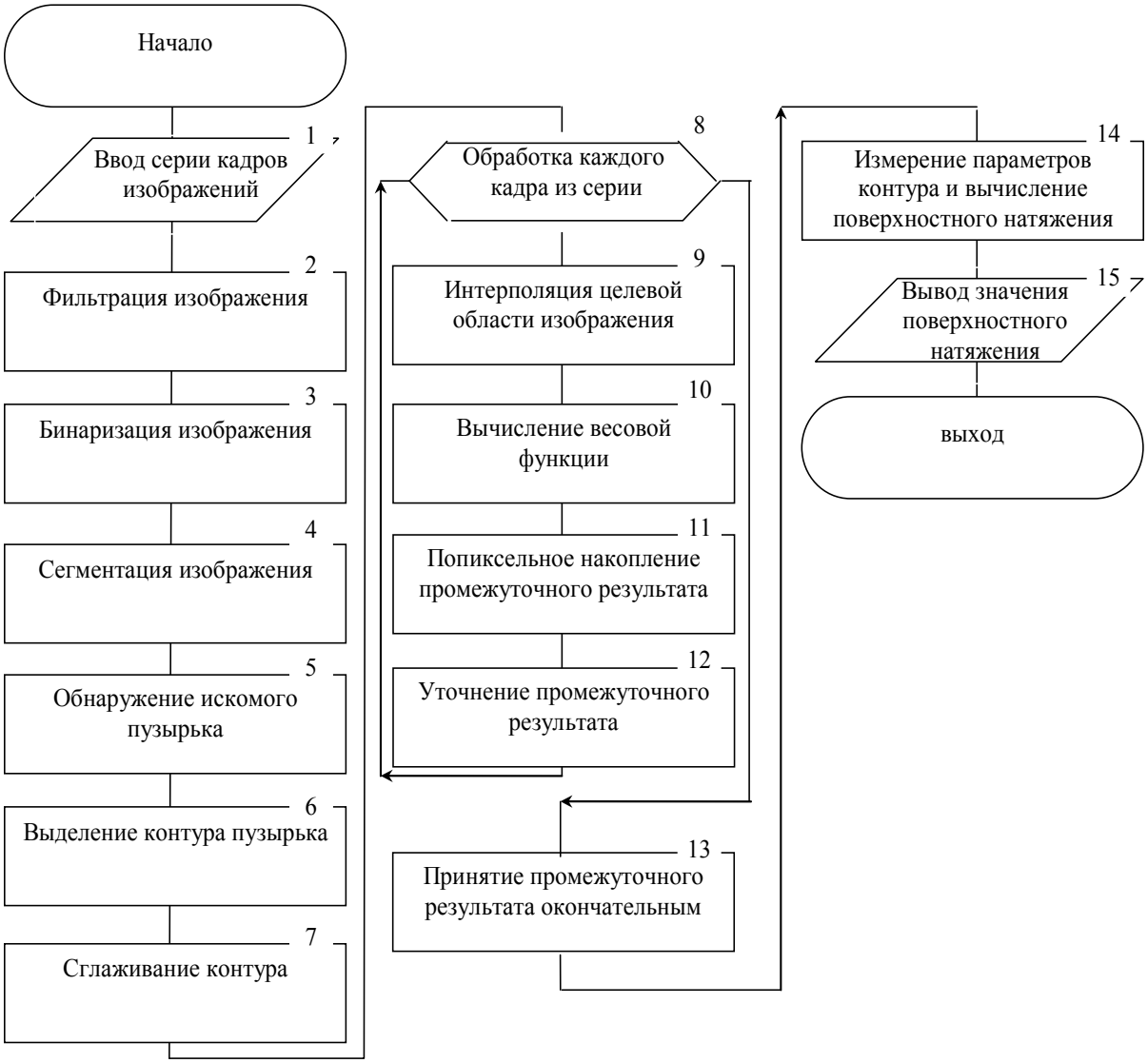


Рис. 1. Алгоритм вычисления параметров контура пузырька газа в жидкости по изображениям видеокамеры с относительно низким разрешением

Рис. 2. Исходное изображение пузырька газа в жидкости

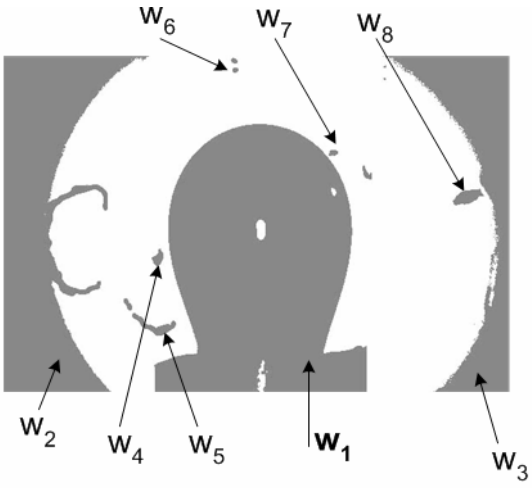


Рис. 3. Результат пороговой обработки изображения

Первыми операциями являются ввод серии кадров, фильтрация и последующая пороговая обработка изображения, позволяющая разделить объекты и фон (блоки 1–3 алгоритма).

На рис. 3 показан результат пороговой обработки.

Затем в блоке 4 алгоритма выполняется сегментация изображения, позволяющая сформировать множество объектов на изображении (рис. 3, объекты обозначены w1 – w8), описываемых координатами описанных вокруг них прямоугольников и собственной площадью. Селекция объектов-помех и обнаружение пузырька основаны на том, что искомый пузырек является наибольшим объектом на изображении, удовлетворяющим классу «пузырек».

Следующей операцией является выделение контура пузырька (блок 6 алгоритма), на основе анализа которого производится расчет поверхностного натяжения. Определение координат контура пузырька основано на операторе Собела. В качестве характеристики наличия контура используется градиент grad яркости функции изображения $f(x, y)$:

$$grad(f(x,y)) = \nabla f(x,y); \qquad (1)$$

$$|\nabla f(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{df}{dx}\right)^2 + \left(\frac{df}{dy}\right)^2}. \qquad (2)$$

Численное дифференцирование осуществляется с помощью оператора Собела, вычисляющегося линейной обработкой масками размерности 3×3:

$$f(x,y) * H = \sum_{m,n=1}^{3} H(m,n) \cdot f(x+m-2, y+n-2); \qquad (3)$$

$$H_x = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \text{ и } H_y = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \qquad (4)$$

Градиентное изображение вычисляется по формуле

$$g(x,y) = \sqrt{d_x^2 + d_y^2}; \qquad (5)$$

$$d_x(x,y) = H_x f(x,y), \; d_y(x,y) = H_y f(x,y). \qquad (6)$$

Контур, выделенный при помощи оператора Собела, имеет неровности, вызванные бликами и другими искажениями на поверхности пузырька. Такие искажения приводят к случайным ошибкам в результатах. Кроме того, необходимо учесть, что контур описывается ступенчатой дискретной функцией (рис. 4). Для устранения искажений и порогов дискретного представления производят сглаживание контура (блок 7 алгоритма).

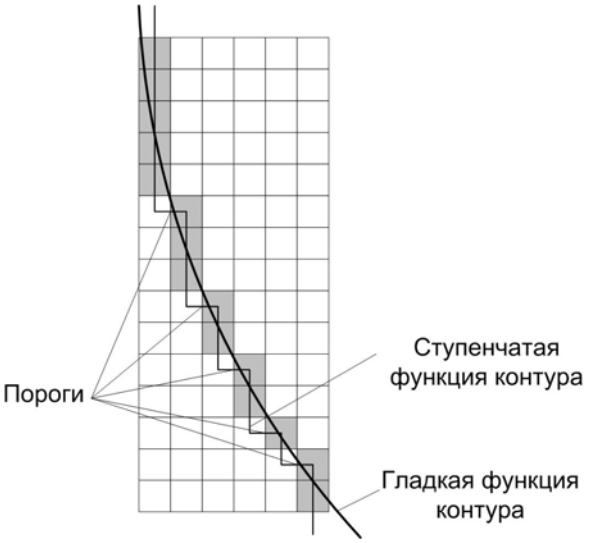


Рис. 4. Ступенчатая и гладкая функции контура

Рассмотрим операцию сглаживания контура. Контур задан дискретной функцией, состоящей из множества L пар (x_i, y_j), i=1, 2, …, L. Для восстановления непрерывной функции контура по его ступенчатой функции используется квадратичная интерполяция. Выбирается область интерполирования D размерности $(2n+1)$x$(2n+1)$, $n = 4L/d$, d – ширина пузырька. Сглаженная функция контура вычисляется по следующим формулам:

$$x_i^{*} = x_i^{\text{int}} + \varepsilon_x; \qquad y_i^{*} = y_i^{\text{int}} + \varepsilon_y; \qquad (7)$$

$$x_i^{\text{int}} = \sqrt{\frac{1}{2n+1} \cdot \sum_{j:=0}^{2n+1} x_{i+i-n}^2}.$$

$$y_i^{\text{int}} = \sqrt{\frac{1}{2n+1} \cdot \sum_{j:=0}^{2n+1} y_{i+j-n}^2}; \qquad (8)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\sum_D \left(x_i - x_i^{\text{int}}\right)^2}{2n+1}, \quad \varepsilon_y = \frac{\sum_D \left(y_i - y_i^{\text{int}}\right)^2}{2n+1}, \quad (9)$$

где x_i^{*}, y_i^{*} – интерполированные значения координат точек контура; x_i ,y_i – исходные координаты точек контура; ε_x, ε_y – поправки.

После уточнения координат пузырька на каждом кадре производится уточнение его координат по серии кадров на основе метода суперразрешения. При этом в целях сокращения вычислительной сложности процедуры анализируются только области изображения, содержащие границу пузырька и дополнительные соседние пиксели. Рассмотрим процедуру уточнения контура пузырька по серии кадров.

В качестве алгоритма супер-разрешения выбрана модификация фильтра подавления шума Non-local means [3].

Для получения изображения контура пузырька более высокого разрешения $\hat{Z}$ используется серия из T кадров видеопоследовательности более низкого разрешения. Каждому пикселю $\hat{Z}$ при помощи весовых функций сопоставляются пиксели в соседних кадрах видеопоследовательности по формуле

$$\hat{Z}[k,l] = \\ = \frac{\sum_{t\in[1,\ldots,T]} \sum_{(i,j)\in N^L(k,l)} \omega[k,l,i,j,t]\, y_t[i,j]}{\sum_{t\in[1,\ldots,T]} \sum_{(i,j)\in N^L(k,l)} \omega[k,l,i,j,t]},$$

где $\hat{Z}[k,l]$ – искомые пиксели высокого разрешения; $y_t[i,j]$ – пиксели кадров видеопоследовательности; $N^L(k,l)$ – масштабированная окрестность пикселя (k,l); $\omega[k, l, i, j, t]$ – весовая функция пикселя (i, j), сопостовляемого пикселю (k, l) на кадре t.

Весовая функция определяет похожесть пикселей на основании сравнения областей вокруг пикселей и зависит от расстояния между пикселями как в пространственной плоскости, так и во временной оси. Весовая функция определяется как

$$\omega_{NLM}[k,l,i,j,t] = \\ = \exp\left\{-\frac{\left\|\hat{R}_{k,l} Z_{t_0} - \hat{R}_{i,j} Y_t\right\|_2^2}{2\sigma_r^2}\right\} \times \qquad (11)$$

$$\times \sqrt{(k-i)^2 + (l-j)^2 + (t-t_0)^2},$$

где σ_r – разность уровней серого цвета сравниваемых пикселей; R – оператор извлечения окрестности пикселя.

Получение изображения пузырька высокого разрешения производится согласно следующему подалгоритму (блоки 8–13 основного алгоритма):

1) вычисление оценочного изображения путём интерполяции целевой области кадра (блок 9);

2) вычисление весовой функции (блок 10) для каждого пикселя оценочного изображения и изображений видеопоследовательности в соответствии с выражением (14);

3) попиксельное накопление промежуточного результата (блок 11);

4) применение весовой функции (блок 12) к промежуточному результату в соответствии с выражением (10);

5) принятие полученного результата (блок 13) в качестве нового оценочного изображения и повторение алгоритма с блока 9.

В блоке 15 алгоритма на основе способа [2] вычисляется поверхностное натяжение жидкости, методика расчета подробно рассмотрена в ряде работ [2, 5].

В результате описанной процедуры суперразрешения контур пузырька вычисляется с погрешностью, не ниже погрешности, получаемой при использовании цифровых зеркальных фотокамер, а возможность обработки динамически меняющихся изображений позволяет повысить точность оценки флотационной активности веществ за счет более мелкого шага вычисления поверхностных натяжений при его изменении. Практическая ценность предложенного подхода заключается в возможности веб-камер в качестве источников изображений пузырьков газа в жидкости, что позволяет снизить массогабариты и сложность системы для измерения поверхностного натяжения жидкости. Другим достоинством предложенного подхода (по сравнению с использованием зеркальной фотокамеры) является возможность более частого измерения поверхностного натяжения жидкости, что необходимо для вычисления флотационной активности реагентов.

Работа поддержана грантом НК-631.

Список литературы

1. Релаксационные кривые, методика их снятия и значение их для понимания процесса пенной флотации и управления им / В.И. Мелик-Гайказян, Н.П. Емельянова, П.С. Козлов, М.И.Труфанов, Н.С.Фролов, Т.И. Юшина, Е.Н. Липная // Известия вузов. Сер. «Цветная металлургия». 2008. № 2. С. 6–15.

2. Пат. 2292033 Рос. Федерация, МКИ G01N13/00. Способ оценки содержания аполярных флотореагентов в пульпе по цифровому изображениию пузырька газа / Мирошниченко С.Ю., Труфанов М.И., Титов Д.В.., Драганов А.В., Емельянова Н.П., Мелик-Гайказян В.И. № 2005108769/28; заявл. 28.03.2005; опубл. 20.01.2007, Бюл. № 2. 10 с.

3. Gilboa G., Osher S. Nonlocal linear image regularization and supervised segmentation // SIAM Multiscale Model. Simul. 2007. Vol. 6, №. 2. P. 595–630.

4. Hanses P. Deblurring. Images: matrices, spectra, and filtering. Philadelphia: SIAM, 2006.

5. К методике снятия релаксационных кривых для реагентов пенной флотации с целью подбора их оптимальных соотношений / В.И. Мелик-Гайказян, Н.П. Емельянова, П.С. Козлов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. М., 2007. № 8. С. 219–223.

Получено 29.06.12.

P.S. Kozlov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)

E.V. Lukyanchikov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: e-luck@yandex.ru)

M.I. Truphanov, Candidate of Science, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: temp1202@mail.ru)

ALGORITHM FOR PRESICION ENHANCEMENT OF CALCULATING EDGES OF A FLOATING IN A LIQUID GAS BUBBLE COORDINATES DURING A TASK OF A LIQUID SURFACE TENSION MEASUREMENT

The presented article is devoted to a task of calculating floating in a liquid gas bubble parameters which is needed for a liquid surface tension measurement. The algorithm described in the article uses a series of consecutive images of a gas bubble for getting sharp-edged image of a bubble and calculation of its parameters. This approach enables using low-cost web-cameras for the task of a liquid surface tension measurement.

Key words: *image recognition, surface tension, shape, optical distortions, bubble, gas, liquid.*

УДК 004.042

Д.Б. Борзов, канд. техн. наук., доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail borzovdb@kursknet.ru)

И.В. Зотов, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail zotovigor@yandex.ru)

В.В. Минайлов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712) 32-36-51)

АКСЕЛЕРАТОРНЫЕ СРЕДСТВА СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА ТОПОЛОГИИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Рассмотрена проблема составления плана топологии программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в системах, требующих оперативной реакции на отказ. показана необходимость применения дополнительных средств акселерации, приведены алгоритмы и соответствующие схемы устройства.

Ключевые слова: *топология, ПЛИС, устройство, планирование, отказ.*

***

При использовании многопроцессорной техники и параллельных систем, как правило, используют множество ПЛИС, позволяющих оперативно реагировать на внештатные ситуации в процессе работы [1, 2]. В случае использования технологии ПЛИС, например в системах слежения, бортовой авиации, системах наблюдения и т.д., требования к надежности систем повышаются. Для составления плана топологии в настоящее время применяются в основном программные методы моделирования отжига и методы генетической эволюции, роящихся частиц [3], которые неприменимы из-за большого времени решения. В этом случае необходимо применение специализированных аппаратных средств.

Работа является продолжением исследований, начатых в [4]. Программу (подпрограмму) исходной задачи будем представлять графом взаимодействия задач $G=<X,E>$, где $x_{qk} \in X$ – множество вершин графа G (подпрограмм), а дуги $e_{ij} \in E$ – связи между ними. Программа может быть описана матрицей смежности (МС) $M = \left\| m_{ij} \right\|_{N \times |E|}$, где $N = |X|$.

Топологию ПЛИС будем задавать графом H, который представим в виде прямоугольника $H = \left\| p_{\varpi,\theta} \right\|_{m,n}$. $P_{\varpi,\theta} = F(O, X)$, где $O = o_1, o_2, \ldots, o_p$ – это множество входных выводов модуля, а $X = x_1, x_2, \ldots, x_p$ – множество выходных выводов. При этом общее количество сигналов, которые передаются в ПЛИС от одного модуля к другому, определяют

итоговую коммуникационную задержку, которую необходимо минимизировать для увеличения производительности ПЛИС. Очевидно, что величина p зависит от схемной реализации модуля ПЛИС и не может быть известна заранее. Каналом в модуле ПЛИС будем называть проложенную трассу от одного вывода o_i или x_j $(i=\overline{1,p}, j=\overline{1,p})$ модуля к другому. Матрицей цепей (МЦ) назовем описывающий вариант размещения модулей ПЛИС прямоугольную матрицу $V=\left|v_{i,j}\right|_{n,\alpha}$, где $i=\overline{1,N}$, $j=\overline{1,\alpha}$, $n=|X|$, α представляет собой суммарное количество каналов, полученных в результате размещения подпрограмм в модулях ПЛИС.

Первоначально выполняется поиск недостижимой нижней оценки T_{inf}, предполагая, что размещение выполняется без учета связей внутри графа задачи. После этого делается пробное размещение и находится суммарное значение загрузки каналов $T_н$, после чего выполняются пробные поисковые перестановки с дальнейшим анализом достигнутого улучшения. Подробное математическое обоснование вышесказанного дано в [4].

На основе приведенных математических положений были разработаны аппаратно-ориентированные алгоритмы и функциональные схем соответствующих устройств-акселераторов.

Структурная схема акселератора планирования топологии ПЛИС (ПТП) представлена на рис. 1.

Так как основной интерес в данном методе представляет блок БПП, то в данной работе представлена соответствующая функциональная схема (рис. 2).

В исходном состоянии в матрице 1 М1 находится временная матрица, соответствующая текущему состоянию алгоритма. В матрице M хранится матрица смежности исходной подпрограммы. В счетчике 10 хранится код текущего значения строки МЦ *PromStr*. Счетчик 12 содержит код текущего значения столбца МЦ *PromStolb*, счетчики 9 и 11 содержат соответствующие коды текущих просматриваемых параметров МЦ i и k рассматриваемого алгоритма. Первый 7 счетчик адреса хранит код числа единица («0…01»), что соответствует первой строке матрицы M, второй 8 счетчик адреса содержит адрес столбца матрицы M в исходном состоянии.

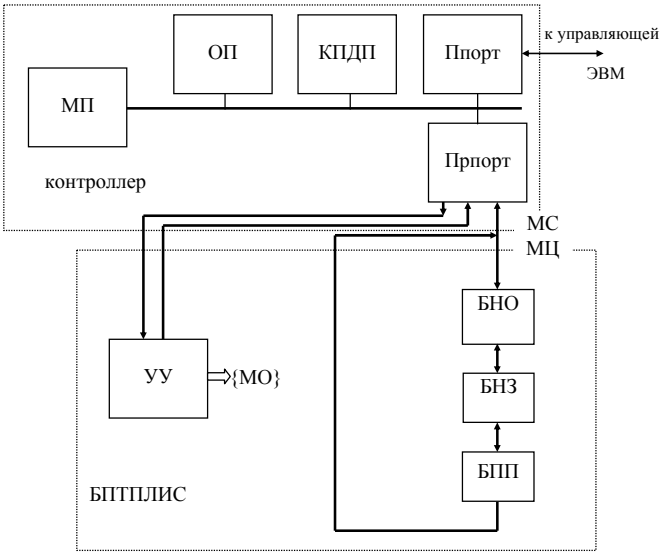


Рис. 1. Акселератор планирования топологии ПЛИС: БПТПЛИС – блок планирования топологии ПЛИС; МП – микропроцессор; ОП – оперативная память; КПРДП – контроллер прямого доступа в память; Пппорт – параллельный порт; Мс – матрица смежности; МЦ – матрица цепей; БПП – блок поисковых перестановок; БНО – блок нахождения минимальной нижней оценки; БНЗ – блок поиска начального значения коммуникационной задержки

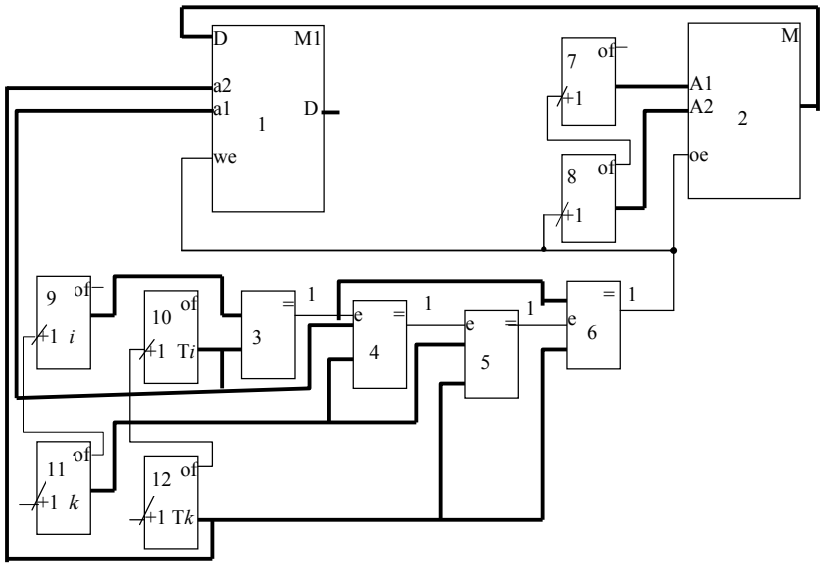


Рис. 2. Функциональная схема блока БПП

На начальном этапе в переменной *i* содержится номер строки а в перемененной *k* номер строки, с которой необходимо совершить перестановку. Данные коды хранятся в счетчиках 9 и 11 соответственно. В счетчиках 10 и 12 хранятся индексы переменных в матрицах М и М1. Поэтому никаких дополнительных операций не нужно. Перед перестановкой необходим анализ

$$\forall\begin{pmatrix}(\text{PromStr,PromStolb}\neq \text{i})\,\&\\ \&(\text{PromStr,PromStolb}\neq \text{k})\end{pmatrix},$$

$\forall\big((\text{PromStr=i})\&(\text{PromStolb=k})\big)$. Для этого служат элементы 3, 4, 5 и 6 сравнения. Сравнение происходит последовательно для всех возможных вариантов. Если результат сравнения в элементе 3 сравнения положительный, то единичный импульс подается на разрешающий вход элемента 4 сравнения, что в свою очередь разрешает его работу. В случае если результат всех сравнений положительный, то единичный импульс с выхода элемента сравнения 6 подается на разрешающий oe-вход матрицы 2 М. В это время на соответствующих адресных входах А1 и А2 присутствуют адреса ячейки в матрице 2 М, которую необходимо сохранить в промежуточной матрице 1 М. При этом единичный импульс с выхода элемента сравнения поступает на счетный вход счетчика 8 и увеличивает содержащийся в нем код до числа единица (0…01). Тот же импульс поступает на we-вход разрешения записи и разрешает запись выбранного из матрицы 2 значения в матрицу М1 по адресу, который хранится в счетчиках 10 и 12. Соответствующее значение сохраняется в матрице 1 М.

Если на выходах переполнения счетчиков 8, 11 и 12 появляется единичный импульс, то сигнал поступает на счетные входы счетчиков 7, 9 и 10, увеличивая в них коды на единицу, а сами счетчики сбрасываются в исходные значения. Как только на выходах переполнения счетчиков 7 и 9 появится единичный импульс – перестановка завершена.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-2218.2011.8 «Теоретические основы и принципы построения параллельных логических мультиконтроллеров с распределенным аппаратным межмодульным взаимоконтролем коммуникационной среды».

Работа выполнена в рамках ЦФП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (проект 2012-1.2.1-12-000-2005-5368).

Список литературы

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ–Петербург, 2002. 608 с.

2. Грушвицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.

3. LaPotin D.P., Director S.W. A global floorplaning tool» IEEE Int. Conf. on Computer – Aided Design, Santa Clara, CA, 1985. P. 143–145.

4. Методика планирования топологии программируемых логических интегральных схем в многопроцессорных системах / Д.Б. Борзов, В.В. Минайлов [и др.] // Вестник Курск. гос. сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 126–129.

Получено 10.07.12.

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

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

V.V. Minailov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk),
(e-mail: kgkptuip2@mail.ru)

MAX SPEED UNIT ESTABLISHING THE PLAN TOPOLOGY PROGRAMMABLE LOGIC INTEGRATED CHIP

We consider the problem of scheduling topology programmable logic integrated FPGAs in systems requiring rapid response to failure. Shows the need for additional funds of acceleration, the algorithms and the corresponding pattern device.

Key words: *topology, FPGA, unit, planning, failure.*

УДК [681.324+681.3.067] (075.8)

А.Н. Киселев, канд. техн. наук, «ВКА им. А.Ф. Можайского» (Санкт-Петербург)
(e-mail: Kan534@mail.ru)

Е.П. Рафальский, «ВКА им. А.Ф. Можайского» (Санкт-Петербург)
(e-mail: R_a_f_f@rambler.ru)

М.А. Корнилов, ООО «МИНИТЕХ» (Санкт-Петербург)

А.В. Кониченко, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712) 58-71-22)

ПОДХОД К УДАЛЕННОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕРСИИ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

В рамках тестирования защищенности компьютерных сетей предлагается оригинальный подход к удаленному определению версии операционной системы в компьютерных сетях. Основным достоинством предлагаемого способа является значительно более высокая точность идентификации программного обеспечения современных компьютерных сетей. Отдельные элементы методики могут лечь в основу перспективных разрабатываемых комплексов тестирования защищенности компьютерных сетей.

Ключевые слова: *анализ защищенности компьютерной сети, сканер безопасности, анализ сетевого трафика, сканирование компьютерной сети.*

***

Одним из важных этапов анализа защищенности информационно-вычислительной сети (ИВС) является удаленное сканирование на предмет построения карты сети и удаленной идентификации программного обеспечения (ПО), установленного на автоматизированном рабочем месте (АРМ). Проблема определения типа и версии операционной системы (ОС) удаленного АРМ сети является наи-

более актуальной на начальном этапе реализации сетевой атаки [1]. В зависимости от результатов идентификации ОС атакующий будет планировать свои дальнейшие действия, например, воздействие на известную уязвимость в программном обеспечении. В статье предлагается методика проведения удаленной идентификации ПО АРМ в информационно-вычислительных сетях (ИВС). Отдельные элементы данной методики рекомендуется использовать при оценивании защищенности ИВС.

На этапе анализа удаленного АРМ, перед проведением сетевой атаки, выполняются следующие мероприятия:

1. Провести исследование сетевого окружения ИВС на предмет обнаружения сетевого оборудования, систем защиты, систем обнаружения вторжений и т.д.

2. Осуществить построение карты ИВС (списка выявленных АРМ).

3. Идентифицировать наименование, версии и обновления ОС выявленных АРМ.

4. Идентифицировать функционирующие сетевые сервисы (службы) ОС.

5. Идентифицировать наименование, версию и обновления прикладного программного обеспечения выявленных АРМ.

6. Сделать выводы о функциональном назначении выявленных АРМ в ИВС.

Для осуществления удаленной идентификации ПО АРМ в ИВС используются специальные утилиты – сетевые сканеры. В основе работы современных сетевых сканеров лежат два метода сбора информации о сети: пассивный и активный.

Пассивные методы сбора основаны на пассивном анализе исходящего широковещательного сетевого трафика АРМ в сети.

Активные методы сбора основаны на следующем подходе. Реакцией АРМ в сети на любое удаленное воздействие (входящий пакет данных, запрос) является обратный пакет данных, посылаемый источнику данного воздействия. Как показывает практика, различные ОС при работе в сети по-разному реагируют на один и тот же запрос. Это вызвано тем, что разработчики ПО по-разному подходят к программным способам реализации стека протоколов TCP/IP. Исследовав особенности реакций на запрос ОС, версии которых заранее известны, можно набрать определенную статистику, сопоставив реакции на запрос с типом ОС. В дальнейшем, исследуя реакцию сервера с неизвестной ОС, с использованием накопленной статистики можно определить не только тип, но и версию установленной на сервере ОС.

Обобщенный алгоритм активного метода сбора информации об удаленном АРМ приведен ниже:

Этап 1. Подготовка сетевого пакета для последующей посылки на удаленное АРМ в сети.

Этап 2. Создание «raw» сокета для отправки пакета и «promisce» сокета для приема пакетов от удаленного АРМ.

Этап 3. Отправка сформированного сетевого пакета на заданный порт удаленного АРМ. Используются, как правило, открытые по умолчанию порты в ОС Windows (135,139 445).

Этап 4. Получение ответа в заданный интервал времени от удаленного АРМ.

Этап 5. Анализ полученного ответа от удаленного АРМ, основанный на сравнении с эталонными шаблонами, и принятие решения об отнесении ОС к тому или иному классу.

Для наиболее полного сбора информации об удаленном АРМ зачастую используют комплексный подход, основанный на применении пассивного и активного способов анализа. При помощи пассивного способа производят предварительный анализ, выявляя перечень АРМ, а уже с использованием активного анали-

за производят окончательное уточнение состава и характеристик ПО.

Наиболее используемым средством сбора информации в сети является сетевой сканер NMap, реализующий большое количество процедур по удаленному сбору информации с исследуемого АРМ, а именно: выявление MAC-адреса, имени компьютера в домене, открытых портов, портов, закрытых брандмауэром, компанию-производителя сетевого адаптера исследуемого компьютера, версии ОС и служб [2].

Механизм функционирования Nmap основан на сканировании различными методами открытых портов удаленного АРМ с последующим анализом результатов воздействия.

На основании проведенного анализа известных методов и средств удаленной идентификации программного обеспечения АРМ в ИВС можно сделать следующие выводы:

1. Активный и пассивный методы анализа являются наиболее часто используемыми для удаленной идентификации программного обеспечения АРМ в ИВС.

2. Активные методы в своей основе ориентированы на анализ служебных полей протоколов сетевого и транспортного уровня.

3. В существующих сетевых сканерах практически отсутствует подходы, основанные на анализе содержимого протоколов прикладного уровня.

4. Сетевые сканеры, реализующие активные методы анализа, имеют низкую достоверность распознавания.

5. Известные сетевые сканеры, как правило, достаточно легко распознаются системами защиты ввиду известности и открытости тестов для принятия решения.

Для повышения точности распознавания предлагается методика удаленной идентификации программного обеспечения на АРМ в ИВС, основанная на анализе содержимого полей протоколов прикладного уровня архитектуры TCP/IP.

Проведенные исследования показали, что для задач удаленной идентификации системного программного обеспечения АРМ ЛВС наиболее целесообразно использовать протоколы прикладного уровня NetBIOS/ Server Message Block (SMB). SMB является клиент-серверным протоколом, разработанным компанией IBM для предоставления общего доступа к файлам, папкам, принтерам, последовательным портам и коммуникационным абстракциям, таким как именованные каналы и почтовые сегменты [3]. Все существующие версии Windows поддерживают клиентскую, а некоторые версии и серверную реализацию SMB протокола.

Клиенты соединяются с сервером, используя протоколы TCP/IP (а точнее NetBIOS через TCP/IP), NetBEUI или IPX/SPX. После того, как соединение установлено, клиенты могут посылать команды серверу (эти команды называются SMB-команды или SMBs), который дает им доступ к ресурсам, позволяет открывать, читать файлы, писать в файлы и, вообще, выполнять весь перечень действий, которые можно выполнять с файловой системой [4]. Однако, в случае SMB, эти действия совершаются через сеть. В современных корпоративных сетях используется, как правило, следующий стек протоколов:
Ethernet/IP/TCP/NetBIOS/SMB.

На основании выявленных свойств протокола SMB была разработана методика удаленной идентификации программного обеспечения на ЭВМ в ИВС.

На первом этапе на основе пассивного анализа сетевого трафика осуществляется построение списка активных АРМ в сети и выявление сетевых служб (портов). На этом этапе также осуществляется идентификация класса Unix-систем. Основываясь на выявленных свойствах широковещательных пакетов SMB, произ-

водится выявление ОС семейства Windows.

На втором этапе на основе активного анализа по построенному списку выявленных на первом этапе АРМ в ИВС производится детальная идентификация на основе анализа пакетов прикладного протокола SMB. Это позволяет уточнить и детализировать выявленные типы, версии и обновления ОС семейства Windows.

Ниже предлагаются детальное рассмотрение этапов методики удаленной идентификации программного обеспечения ЭВМ в ИВС.

На первом этапе «пассивного» анализа выполняются следующие действия:

1. Организация «слушающего» UDP-сокета на 138 порту.

2. Прием широковещательных пакетов-уведомлений (SMB-команда 0x25, команда MS Windows Browser Protocol 0x01).

3. Классификация ОС по полученным значениям версии ОС.

В пакете передается следующая информация:

1. Периодичность посылки широковещательных пакетов.

2. Наименование АРМ.

3. Версия ОС и тип сервера.

4. Версия Microsoft Browser Protocol.

На основании таблицы 1 возможно классифицировать следующие типы ОС: Windows 2000, Windows XP, Windows 2003.

Анализ возможных ответов удаленной ОС позволил установить соответствие версии LAN Manager и ОС (рис.1).

Содержимое поля	Версия ОС
Windows 5.0	Windows 2000
Windows 5.1	Windows XP
Windows 5.2	Windows Server 2003

Рис. 1. Соответствие полей протокола SMB и версии ОС

Результаты анализа на первом этапе:

1.Список активных АРМ в ИВС.

2. В пассивном режиме осуществляется определение следующих типов ОС семейства Windows: Windows 2000, Windows XP, Windows Server 2003, Windows 9x or NT.

На втором этапе «активного» анализа выполняются следующие действия:

1. Отправка «вручную» сформированной SMB-команды на запрос версии протокола (по 139, 445 порту), по которому будет организован обмен данными (Negotiate Protocol Request, команда 0x72.

2. Прием SMB-команды с указанием версии протокола (LAN Manager) (Negotiate Protocol Response, команда 0x72).

3. Отправка SMB-команды на установку соединения (Session Setup AndX Request, команда 0x73).

4. Прием SMB-команды с указанием версии ОС и указанием версии LAN Manager (Session Setup AndX Response, команда 0x73).

5. Классификация ОС по полученным значениям версии ОС и LAN Manager.

Анализ возможных ответов удаленной ОС позволил установить соответствие версии LAN Manager и ОС (рис. 2).

Содержимое поля	Версия ОС
Windows 5.0	Windows 2000
Windows 5.1	Windows XP
Windows 5.2	Windows Server 2003
Windows Server 2003	Windows Server 2003 Servisece Pack 0
Windows Vista Business	Windows Vista Business

Рис. 2. Соответствие полей протокола SMB и версии ОС

На втором этапе результатами анализа являются: детальная идентификация ОС семейства Windows: Windows 2000, Windows XP, Windows Server 2003, Windows 9x or NT.

На основании алгоритма было разработано программное средство тестирования безопасности удаленного АРМ. Сравнительные результаты разработанного ПО и сканера Nmap приведены в таблицах 1, 2.

Из результатов тестирования видно, что предлагаемый подход обеспечивает существенно большую достоверность распознавания по сравнению с существующими средствами.

Таким образом, можно сделать вывод, что преимуществами предлагаемой методики удаленной идентификации программного обеспечения ЭВМ в информационно-вычислительных сетях являются большая достоверность распознавания и высокая автоматизация процедур распознавания.

Таблица 1

Результаты распознавания сканером Nmap

Тестируемая ОС	Результат Nmap	Достоверность распознавания Nmap				Время, с	Кол-во пакетов
		Платформа	Семейство	Класс	Обновление		
Windows 2000 Professional Sp4	Windows 2000|ME	+	+/–	–	–	16	~60/ 2050
Windows 2003 Server Enterprise Ed. Sp2	Windows 2003	+	+	–	–	16	~60/ 2050
Windows XP Prof SP2	Windows XP	+	+	–	–	16	~60/ 2050
Windows 2003 Server Enterprise Ed. Sp2	Windows 2003	+	+	–	–	16	~60/ 2050

Таблица 2

Результаты распознавания разработанным программным средством тестирования безопасности удаленного АРМ

Тестируемая ОС	Результат распознавания	Достоверность распознавания ПО				Время, с	Кол-во пакетов
		Платформа	Семейство	Класс	Обновление		
Windows 2000 Professional Sp4	Windows 2000 Professional Sp3-Sp4	+	+	+	+/-	2	~15/170
Windows 2003 Server Enterprise Ed. Sp2	Windows 2003 Server Enterprise Ed. Sp2	+	+	+	+	2	~15/170
Windows XP Prof SP2	Windows XP Prof or Home SP2	+	+	+/-	+	2	~15/170
Windows 2003 Server Standard Ed. Sp0.	Windows 2003 Server Standard Ed. Sp0	+	+	+	+	2	~15/170

Проведенные исследования показывают, что для улучшения показателей удаленной идентификации программного обеспечения АРМ в ИВС целесообразно рассматривать и другие прикладные протоколы архитектуры TCP/IP, например протокол DCE RPC.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.», государственный контракт № 07.514.11. 4135.

Список литературы

1. Лукацкий А.В. Обнаружение атак. СПб.: BHV, 2001.

2. Хант К. TCP/IP. Сетевое администрирование. М.: Символ-Плюс, 2008.

3. Филимонов А. Протоколы Интернета. СПб.: BHV, 2003.

4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. СПб.: Питер, 2006.

Получено 11.07.12.

A.N. Kiselev, Candidate of Sciences, Mozhaisky Military Space Academy, (St. Petersburg) (e-mail: kan534@mail.ru)

E.P. Rafalsky, Mozhaisky Military Space Academy (St.-Petersburg) (e-mail: R_a_f_f@rambler.ru)

M.A. Kornilov, LLC «MINITEH», (St.-Petersburg)

A.V. Konichenko, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 58-71-22)

THE APPROACH TO THE REMOTE DEFINITION VERSION OF THE OPERATING SYSTEM OF THE COMPUTER NETWORKS

The method of remote identification workstation software in the information and computer networks is proposed in computer networks security testing. The main advantage of the proposed method is significantly higher accuracy of identification software of modern computer networks. Each part of the method can form the basis of promising complexes of computer networks security testing, which are developed nowadays.

Key words: *assessment of the vulnerability of computer networks, security scanner, analysis of network traffic, computer network scanning.*

УДК 681.326

А.Т. Миргалеев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: aleksmirg@mail.ru)

А.Н. Уваров, канд. военных наук, доцент, начальник научно-исследовательского центра, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск) (e-mail: aleksmirg@mail.ru)

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ФАКТОВ В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ИЗ ИНФОРМАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЕННОЙ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Разработан метод извлечения фактов из информации, представленной на естественном русском языке. Предложены пути алгоритмизации процедур разработанного метода.

Ключевые слова: *извлечение фактов, информационно-аналитические системы, обработка естественного языка.*

***

Разработанный метод извлечения фактов относится к классу методов, основанных на правилах, заданных экспертами. Для реализации метода извлечения фактов из текстов предварительно должна быть сформирована база, определяющая правила извлечения сущностей и отношений между сущностями.

На рис. 1 представлен метод извлечения фактов из текстовых документов, представленных на ЕЯ (русском языке).

Этап 1 предполагает разбиение текста на абзацы и предложения для последующего анализа.

Этап 2 осуществляет разбиение каждого предложения документа на простые элементы: пробелы; слова; цифры; кавычки; скобки; знаки препинания.

Этап 3 производит выявление сущностей. На данном этапе сначала определяются все числовые значение, имена собственные, объекты исследования и т.п., затем удаляются лишние пробелы. Далее происходит выявление предикатов объектов, предложных групп и даты/времени.

Ключевым элементом этапа 3 разработанного метода извлечения фактов являются правила поиска сущностей.

Предложено описывать каждое правило в виде функции определенного вида.

Функции для практической реализации разработанного метода

1. SearchSimpleRuleElement – определение соответствия входного элемента правилу отбора сущностей.

2. SearchSwitchRuleElement – поиск во множестве входных данных хотя бы одного элемента, удовлетворяющего правилу отбора сущностей.

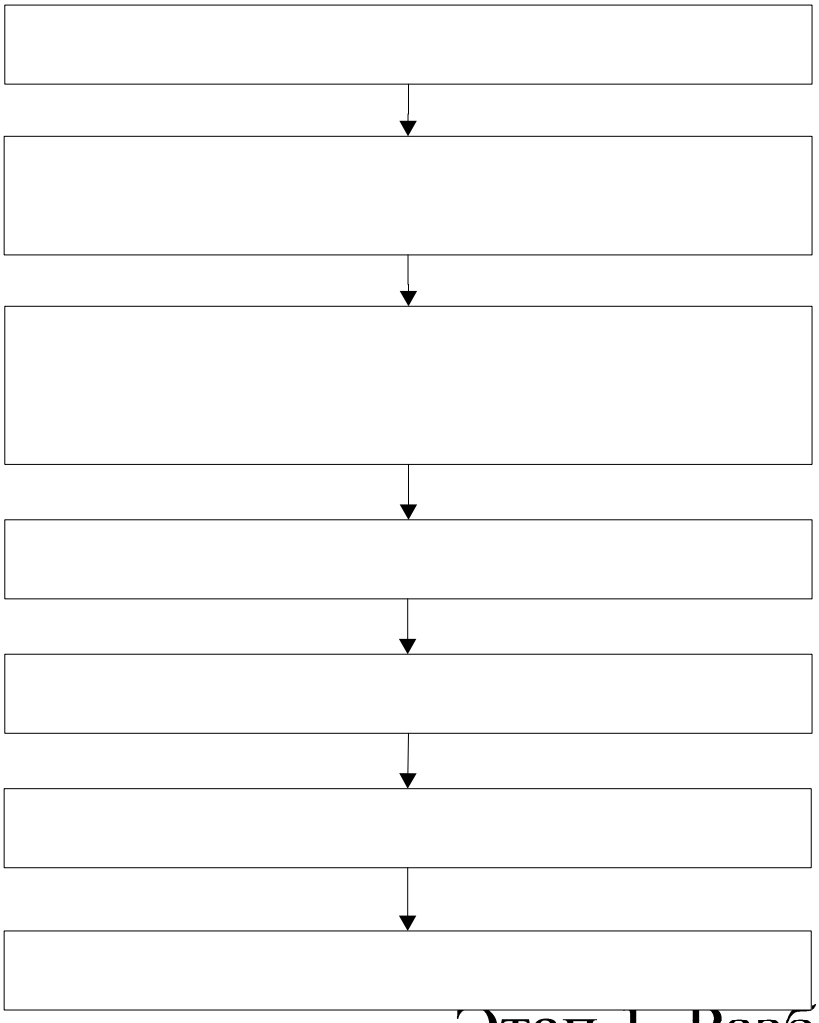


Рис. 1. Метод извлечения фактов из ЕЯ текстов, представленных на русском языке

3. SearchGroupRuleElement – перебор во множестве элементов входных данных, при этом одновременно все элементы должны соответствовать правилу отбора сущностей.

Каждая функция получает на входе некоторое выражение (правило отбора сущностей) и исходные данные. На выходе – возвращает логическое значение соответствия или несоответствия данных выражению (правилу отбора сущностей).

Для каждой функции задаются три параметра: последовательность операций над данными для проверки соответствия, минимальное число совпадений и максимальное число совпадений. Для выполнения операций над данными каждая функция может вызывать другие функции. Следует отметить, что для каждой разработанной функции дополнительно могут быть заданы условия проверки выходных данных.

Алгоритм поиска сущности в ЕЯ текстовом документе в соответствии с правилами re представлен на рис. 2. На вход алгоритма поступает группа входных элементов sems – последовательность элементов, полученная на этапе 2 метода аннотирования текстов. Группа – это структура данных, содержащая порядковые индексы начала и конца последовательности входных элементов. Список групп results – это структура данных типа «список», каждый элемент которого содержит верхнюю и нижнюю границы найденного соответствия.

В процессе исследования были выявлены основные сущности (и разработаны соответствующие им правила re), которые позволяют реализовать этап 4.

Этап 4 – извлечение отношений между сущностями.

Основные сущности языка в обрабатываемых в ИАС текстах

1. *Предикат* (predicate) – множество элементов, состоящих из глагола (причастие, деепричастие) или краткого прилагательного и дополняющих слов (наречий). На рис. 3 представлен пример программной реализации (на языке c#) одного из правил поиска сущности-предиката.

2. *Дата/время* (date/time) – множество элементов, которые все вместе обозначают дату и (или) время.

3. *Числовое значение* (number) – множество элементов, представляющее численное значение.

4. *Объект* (*object*) – множество элементов, обозначающее одну сущность (явление, процесс) реального мира.

5. *Предложная группа* (prepositional-group) – множество элементов, состоящее из предлога и объекта (объектов).

В процессе исследования было выявлено множество специфичных отношений, описывающих различные стереотипные ситуации. Указанные отношения зависят от объекта и предмета исследования, по которым строится описание ситуации в ИАС, и являются специфическими. Следует отметить, что каждая стереотипная ситуация является частным случаем одного из следующих более общих (неспецифичных) отношений.

1) *Объект – Предикат – Объект* (ObjectPredicateObject) – множество элементов, обозначающее взаимодействие между несколькими объектами;

2) *Объект – Предикат – Свойство* (ObjectPredicateProperty) – множество элементов, обозначающее свойство объекта.

Алгоритм поиска сущности итеративно вызывает функцию поиска возможной позиции сущности в электронном текстовом документе. Алгоритм соответствующей функции представлен на рис. 3. При этом переменная sem_index – это индекс текущего обрабатываемого элемента входной последовательности, переменная start_index – это нижняя граница предполагаемого соответствия.

Алгоритм обработки правила re, обеспечивающий рекурсивный вызов обработчиков элементов для сложных правил отбора сущностей, представлен на рис. 4.

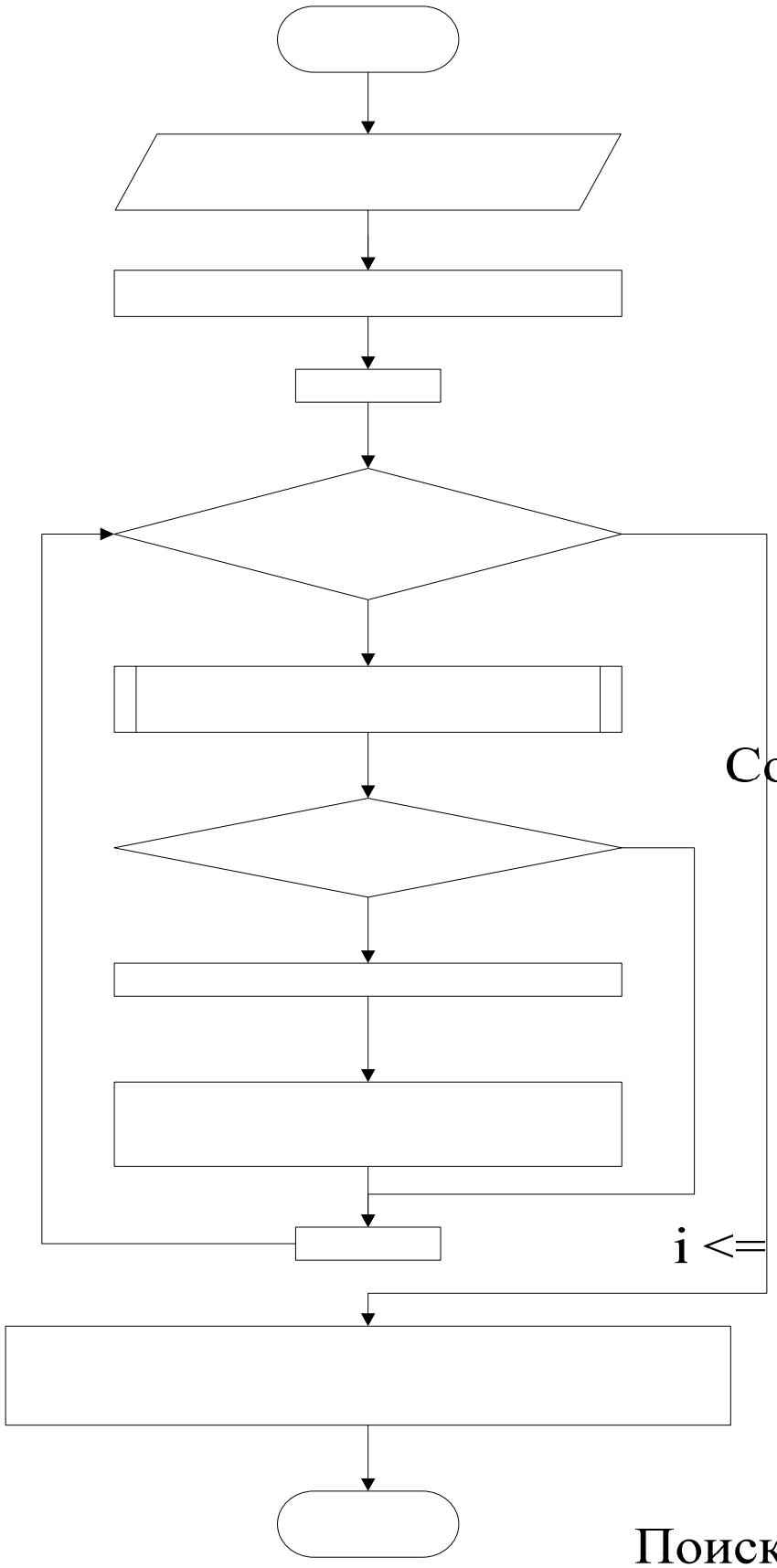


Рис. 2. Алгоритм поиска сущности

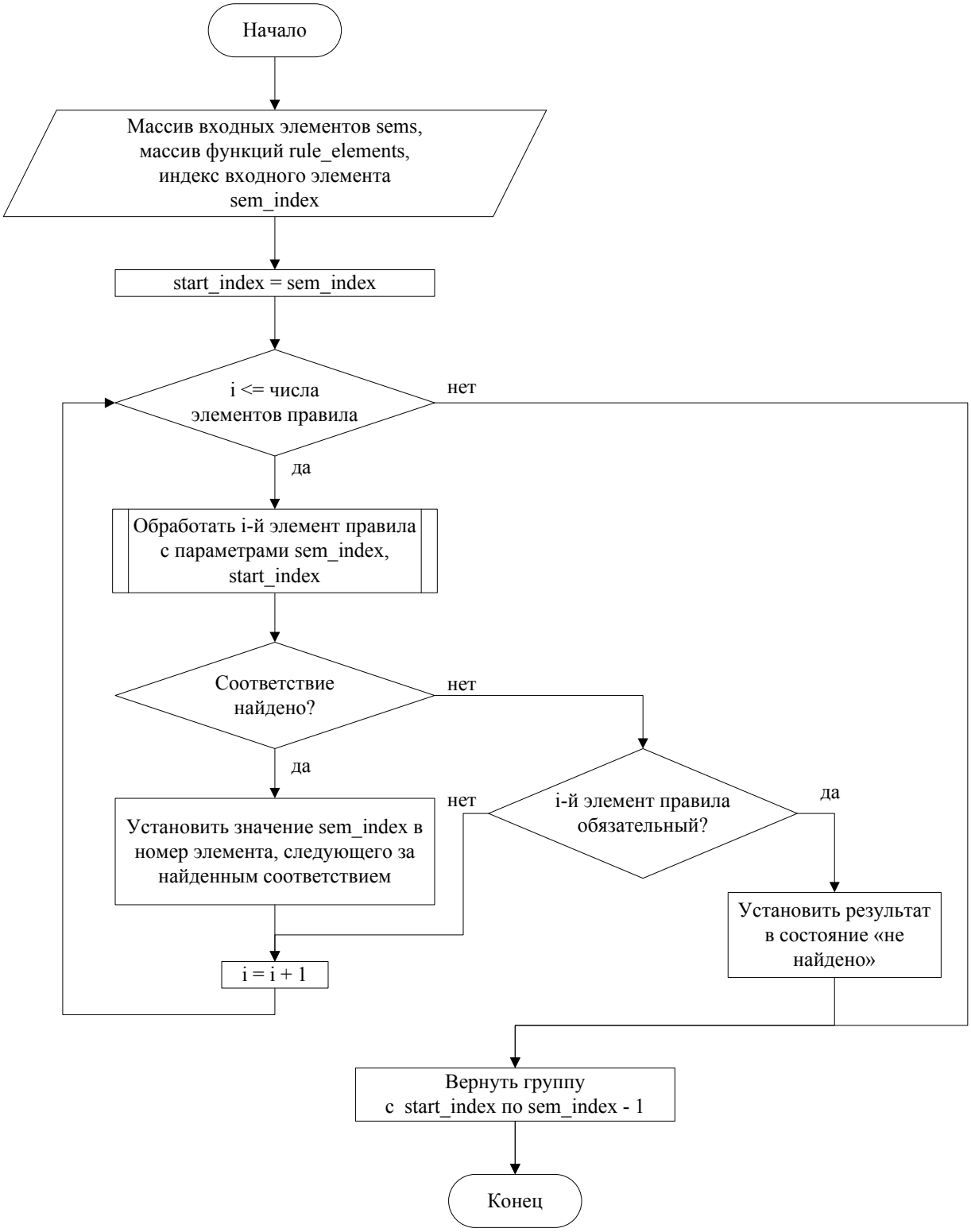


Рис. 3. Алгоритм поиска возможной позиции сущности в ЕЯ текстовом документе

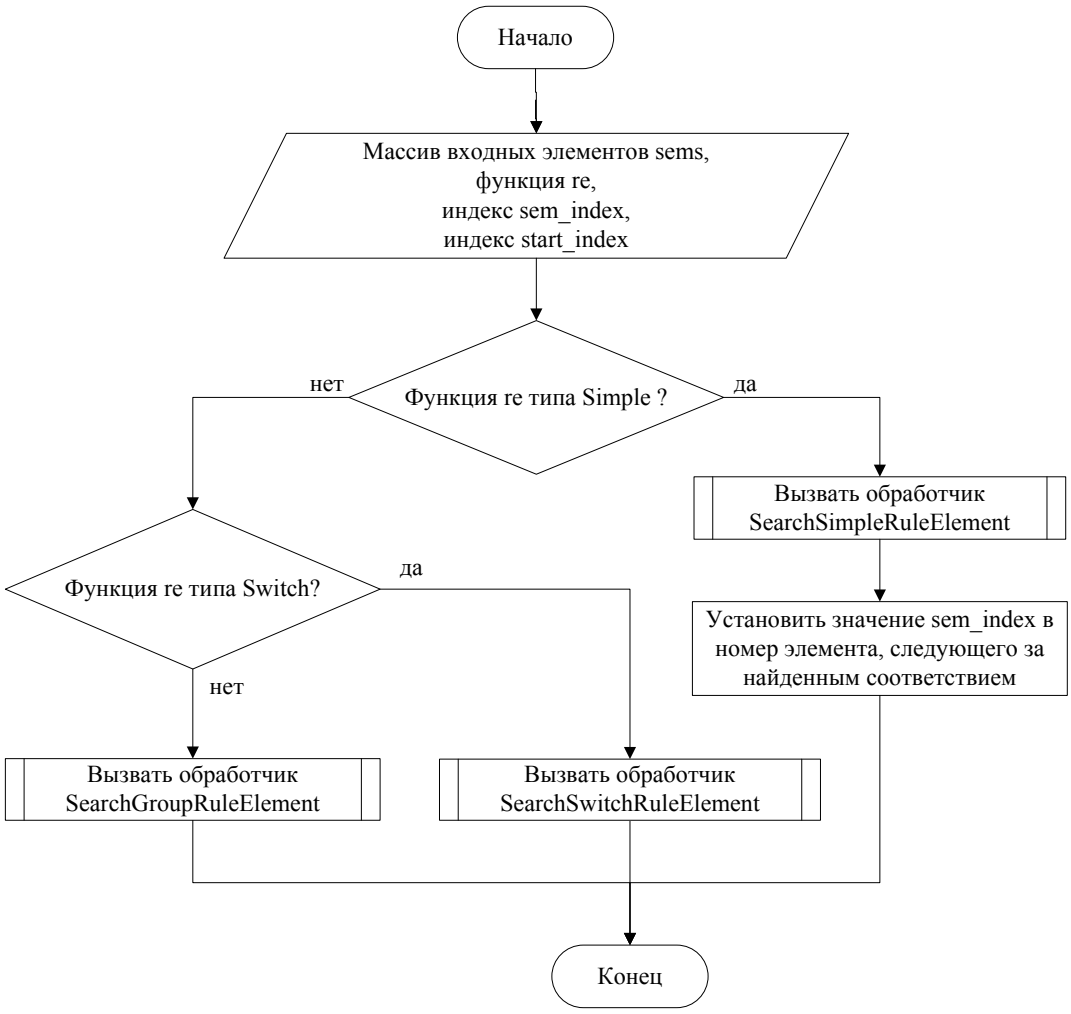


Рис. 4. Обработка правила

При этом разработаны функции:

а) SearchSimpleRuleElement, алгоритм которой обрабатывает простые условия соответствия, налагаемые на один элемент входной последовательности;

б) SearchSwitchRuleElement, алгоритм которой, обрабатывает условия соответствия хотя бы одного элемента из заданных правилом элементу входной последовательности;

в) SearchGroupRuleElement, алгоритм которой обрабатывает условия соответствия одновременно нескольких элементов правила заданной входной последовательности.

Этап 5 – осуществляется отбор отношений *pred* с использованием следующих критериев (по уменьшению приоритета):

а) наличие важного ключевого предикативного слова (глагол, причастие, деепричастие, краткое прилагательное);

б) наличие важного ключевого слова-существительного;

в) наличие ключевой фразы, заданной пользователем.

При формировании аннотации размером 5–10% от оригинального текста используется комбинирование критериев. По достижении желаемого объема применение критериев для отбора отношений прекращается, а аннотация считается сформированной.

Этап 6 разработанного метода при наличии одинаковых фактов *fact* , полученных из различных источников информации, – проверка наличия неопределенности в указанных фактах. При этом

пользователем определяется, какому из извлеченных фактов стоит доверять, следовательно, поместить в формируемый отчетный документ.

Этап 7 – полученное множество фактов *fact* группируется и представляется пользователю в виде отчетного документа.

Таким образом, разработан метод извлечения фактов из текстовой информации, представленной на русском языке, позволяющий автоматически формировать аннотации из рассматриваемых текстовых документов путем выделения (на основе специальных правил) сущностей и связей между ними и учитывающий возможность устранения неопределенности в извлекаемых фактах. На вход метода поступают текстовые документы, представленные на русском языке. Метод предполагает разбор поступивших документов на минимальные синтаксические единицы, анализ указанных единиц, извлечение фактов в соответствии с моделью (2) как наиболее значимых (с точки зрения правил отбора сущностей), оценку неопределенности двух и более одинаковых фактов, а также группировку извлеченных фактов по каждому из рассмотренных документов с целью формирования итогового отчетного документа. Выходом метода является сформированный отчетный документ, содержащий набор аннотаций.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.», государственный контракт № 07.514.11. 4135.

Список литературы

1. Бутов А.Л., Миргалеев А.Т. Структурно-функциональная организация информационно-аналитической системы органов власти субъектов РФ // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. Т. 9, № 4.

2. Бутов А.Л. Модель данных и знаний информационно-аналитических систем органов власти субъектов РФ // Телекоммуникации. 2011. № 8. С. 8.

3. Бутов А.Л., Кониченко А.В., Миргалеев А.Т. Подсистема обработки данных и знаний информационно-аналитических систем органов власти // Телекоммуникации. 2011. № 12. С. 7.

Получено 13.07.12.

A.T. Mirgaleev, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aleksmirg@mail.ru)

A.N. Uvarov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Federal State Unitary Enterprise «18 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation (Kursk) (e-mail: aleksmirg@mail.ru)

METHOD OF FACT EXTRACTION FROM INFORMATION WHICH REPRESENTED BY NATURAL LANGUAGE

Developed a method for extracting facts from the information provided on the natural Russian. The method is based on the partition of Russian proposals for minimum component unit of analysis and the match received the entities and entity selection rules taking into account the ontology. The ways of algorithmic procedures developed method of information-analytical systems.

Key words: *extraction of the facts, information-analytical systems, the redistribution by natural language.*

УДК 004.31

В.И. Кекух, канд. техн. наук, инженер-программист, ООО «Фаствел» (Москва)

А.П. Коновальчик, инженер-программист ООО «Фаствел» (Москва)
(e-mail: konovalchik@fastwel.ru)

А.Т. Миргалеев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: aleksmirg@mail.ru)

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАДИОПРИЕМНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Проведен выбор и обоснование критериев структурно-параметрической оптимизации при разработке системы управления радиоприемным устройством (СУ РПУ), учитывающих существенные ограничения. Предложена СУ РПУ сантиметрового диапазона, обеспечивающая возможность простого наращивания модулей РПУ. Показан вариант практической реализации на основе микроконтроллера типа AT90USB1287.

Ключевые слова: *критерий, система управления, модуль.*

***

Управление современными РПУ сантиметрового диапазона требует индивидуальной установки требуемых параметров и основывается на использовании в их структуре высоко интегрированных многофункциональных модулей. Разнообразие как используемых шин управления этими модулями, так и непосредственных сигналов управления требует создания своей уникальной СУ. Под СУ понимается совокупность программного обеспечения контроллера, реализующего многофункциональный алгоритм управления РПУ, сам контроллер с внутренним модулем памяти и внешней шиной управления (ШУ), к которой подключены: модуль ввода параметров, устройство отображения и устройства согласования управляемых высокочастотных модулей (ВЧМ), принимающие команды и формирующие требуемые управляющие воздействия.

Таким образом, задача разработки рациональной СУ РПУ сантиметрового диапазона со своим внутренним и внешним интерфейсом является актуальной.

Задачу внутреннего управления РПУ можно разделить на две взаимодополняющие подзадачи, которые могут быть эффективно решены только при их комплексном рассмотрении.

Первая подзадача определяет общий подход к разработке СУ для РПУ сантиметрового диапазона, который учитывает ряд специфических ограничений, накладываемых совместной работой цифровых модулей контроллера, являющихся источником помех и ВЧМ РПУ, работающих в СВЧ-диапазоне с низким, на уровне шумов, полезным входным сигналом. Вторая подзадача – конкретная реализация СУ для РПУ.

Целью статьи является выбор и обоснование критериев структурно-параметрической оптимизации при разработке СУ РПУ, учитывающих специфические ограничения как при выборе типа микроконтроллера, так и СУ РПУ в целом.

Для оценки результативности разработки СУ РПУ предполагается использовать оптимизацию вектора параметров $F_{СУ}$, который можно представить как

$$F_{СУ}\{МК_{СУ}(P,N,V,M,I), ШУ_{М}(N,Z,L), Д_{МУ}(L)\}, \quad (1)$$

где $МК_{СУ}(P)$ – характеристики микроконтроллера с разрядностью (P), количеством тактов для выполнения одной команды (N), объемом внутренней памяти (V), количеством линий ввода/вывода (M) и количеством встроенных интерфейсов (I);

$ШУ_{М}(N,Z,L)$ – характеристики ШУ с количеством линий (N), количеством

абонентов (Z), подключенных к шине, и длиной сегмента (L);

$Д_{МУ}(L)$ – длина линий цепей управления, идущих от устройства согласования к ВЧМ.

Рассмотрим требования к СУ РПУ с учетом выражения (1) и определим критерии оптимизации.

Алгоритмическая сложность и многофункциональность режимов работы РПУ требует разрабатывать СУ на основе микроконтроллера как наиболее эффективного инструмента решения подобной задачи. Временные ограничения выполнения одного шага программной процедуры установки параметра РПУ приводят к необходимости выбора микроконтроллера с достаточным быстродействием, которое определяется его разрядностью, минимальным количеством тактов, за которые выполняется команда, а также эффективностью его программного кода. Необходимость управлять десятками периферийных модулей пространственно разнесенных по РПУ и с различной организацией их сигналов управления требует оптимизации по количеству подключенных абонентов, длине сегмента и количеству линий внутренней ШУ. Для минимизации влияния помех от работы СУ на тракт РПУ, при практической реализации необходимо минимизировать длину цепей непосредственных сигналов управления.

Таким образом, критерии оптимизации следующие:

– минимальная разрядность микроконтроллера;

– минимальное количество тактов для выполнения команды;

– минимальное количество линий шины управления;

– минимально-достаточное количество абонентов шины управления;

– минимально-достаточная длина сегмента шины управления;

– минимальная длина цепей непосредственных сигналов управления при топологической реализации устройств согласования конкретных ВЧМ.

Рассмотрим ограничения для СУ РПУ сантиметрового диапазона, влияющие на процесс оптимизации. К ним относятся:

– модульное построение РПУ с различным количеством и типом управляющих сигналов [1], что требует разработки специализированной СУ, которая обеспечивала бы управление модулями РПУ по стандартной внутренней шине управления с возможностью простого наращивания;

– длина (десятки сантиметров) сегмента шины управления, обусловленная пространственным разнесением управляемых ВЧМ по объему РПУ и возможной топологией ее прокладки;

– предельное время (единицы секунд) обновления отображения спектра на жидкокристаллическом графическом индикаторе (ЖКИ) допустимое с точки зрения эргономики, например, для задачи настройки положения антенны;

– длина (десятки миллиметров) линий непосредственных управляющих сигналов, идущих от устройства согласования к ВЧМ;

– набор встроенных интерфейсов в микроконтроллер, необходимых для аппаратно-программной реализации СУ.

Остановимся более подробно на этих ограничениях для СУ РПУ.

ВЧМ современных РПУ являются многофункциональными узлами, выполняющими несколько функций в зависимости от установленного режима или параметра, и конструктивно выполнены в защитном металлическом корпусе, а сигналы управления и питания выведены на соответствующие проходные фильтры. Для минимизации наводимых помех необходимо обеспечить максимально короткие связи шин питания и непосредственных управляющих сигналов. Таким образом, целесообразно установить устройство согласования СУ на корпусе ВЧМ с непосредственным подключением выводов проходных фильтров модуля к плате устройства согласования. Поэтому для каждого ВЧМ со своим уникальным

корпусом требуется разработать свое устройство согласования с элементами подключения к унифицированному, в рамках группы разработок, разъему питания и разъему стандартной шины управления. Управляемые ВЧМ с установленными на них устройствами согласования, пространственно разнесены в объеме блока, что накладывает ограничение на длину сегмента шины управления.

Из внутренних шин управления, ориентированных на микроконтроллеры, наиболее распространены: шина BUS, использующая параллельный обмен данными с соответствующими управляющими сигналами CS, RD, WR; последовательные шины SPI, I2C и USART, использующие свои стандартные протоколы обмена [4]. Сравнительная характеристика оптимизируемых параметров ШУ представлена в таблице 1.

Таким образом, шина I2C является оптимальной для системы управления на основе микроконтроллера и пространственно-разнесенных устройств согласования, расположенных непосредственно на ВЧМ РПУ.

Для выбора разрядности микроконтроллера оценим требуемое быстродействие в самом динамичном режиме работы РПУ – режиме панорамы. Это вспомогательный режим работы СУ РПУ, поэтому нецелесообразно использовать дополнительные специализированные дорогостоящие модули анализа спектра и его отображения на дисплее с достаточным разрешением. Этот режим предусматривает последовательную перестройку частоты РПУ с заданным шагом, отсчет уровня выходного сигнала с канала аналого-цифрового преобразователя с последующим выводом этого значения на ЖКИ.

Интервал времени, необходимый для выполнения одного шага $T_{шаг}$ вышеперечисленной процедуры, можно представить как:

$$T_{шаг} = F\{T_{сч}, T_{ацп}, T_{жки}, T_{контр}\}, \quad (2)$$

где $T_{сч}$ – время установки синтезатора частоты;

$T_{ацп}$ – время аналого-цифрового преобразования отсчета величины выходного сигнала на текущей частоте и его передачи по шине I^2C контроллеру;

$T_{жки}$ – время обновления изображения ЖКИ;

$T_{контр}$ – время расчета требуемых параметров синтезатора частоты и их передачи устройству согласования синтезатора частоты по шине I^2C.

Эмпирическая оценка вклада всех составляющих в выражении (2) на основе прототипа РПУ сантиметрового диапазона показала, чтоинтервал времени $T_{сч}$ может достигать десяти миллисекунд, что определяется временем захвата петли фазовой автоподстройки частоты и практически подтверждено тестированием прототипа модуля синтезатора.

Интервал времени $T_{ацп}$ определяется конкретными аппаратными аналого-цифровыми преобразователями с интерфейсом I^2C и достигает 100 микросекунд при максимальной частоте шины 400 кГц.

Таблица 1

Параметр	BUS	USART	SPI	I^2C	оптимальная
Число линий ШУ $ШУ_М(N)$	11+n	7	3+n	2	min
Многоточеное подключение $ШУ_М(Z)$	–	–	+	+	+
Длина сегмента ШУ $ШУ_М(L)$	0,3 м	3 м	0,3 м	3 м	более 1 м

Примечание. n – количество управляемых ВЧМ.

Интервал времени $T_{жки}$ определяется скоростью записи в видеопамять ЖКИ и способом обновления изображения экрана ЖКИ (полным или частичным). При подключении к параллельной шине управления индикатора с размерностью 240x64 точек и скоростью записи в видеопамять 1 байт/мкс потребуется 1,9 миллисекунды для полного обновления изображения экрана ЖКИ.

Проведенная оценка интервалов времени показывает, что основной вклад в значение $T_{шаг}$, вносит время, необходимое для установки частоты сигнала синтезатора, равное 10 мс (в худших точках частотного диапазона). Это самый медленный элемент в РПУ с точки зрения быстродействия панорамного обзора полосы частот. Поэтому целесообразно распараллелить алгоритм установки частоты сигнала синтезатора со считыванием отсчета и подготовкой следующих параметров установки частоты сигнала синтезатора с выводом текущего отсчета в видеопамять ЖКИ.

Таким образом, интервал времени $T_{контр}$ при параллельной обработке должен быть меньше суммы $T_{сч}$ и $T_{ацп}$ с вычетом $T_{жки}$ и не должен превышать 8,2 мс для рассмотренного прототипа РПУ.

Интервал времени $T_{контр}$ для выполнения данной алгоритмической задачи определяется количеством арифметико-логических команд, а также количеством тактов, за которые они выполняются микроконтроллером. Именно это время определяется типом микроконтроллера и его разрядностью, что обусловлено необходимостью работы с 32-разрядными данными. Число тактов для выполнения одной команды в микроконтроллерах с разной внутренней архитектурой представлено в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, контроллеры с архитектурой AVR являются самыми быстродействующими при одинаковой тактовой частоте. Вместе с тем их система команд позволяет создавать компактный программный код.

Таблица 2

Параметр	Семейство x51	Контроллеры Microchip	Контроллеры AVR
Количество тактов для выполнения команды $МК_{СУ}(N)$	12	4	1

Таблица 3

Название	Программная память	Оперативная память	Порты ввода/вывода	Дополнительно	Интерфейсы
AT90USB646	64 KB	8 KB	48	USB Device	2 UART, SPI, I2C
AT90USB1286	128 KB	8 KB	48	USB Device	2 UART, SPI, I2C
AT90USB647	64 KB	8 KB	48	USB OTG	2 UART, SPI, I2C
AT90USB1287	128 KB	8 KB	48	USB OTG	2 UART, SPI, I2C
AT90USB162	16 KB	512B	22	USB	2 UART, SPI, I2C
AT90USB82	8 KB	512B	22	USB	2 UART, SPI, I2C

В том числе микроконтроллер должен иметь дополнительные порты ввода/вывода для управления модулем ввода и отображения параметров и т.д. – суммарно не менее 32-х разрядов. Многофункциональность алгоритма работы, табличные преобразования, знакогенераторы символов и сообщений, а также возможность дополнительного программно-аппаратного расширения СУ требуют объем программной памяти не менее 128 кБайт, а оперативной – не менее 4 кБайт. Для повышения надежности работы внутренней шины управления I2C и внешнего интерфейса USB, а также упрощения программных драйверов (сокращение длины программного кода и уменьшение требуемого объема программной памяти) желательно использовать встроенные в микроконтроллер соответствующие аппаратные модули. Микроконтроллер должен иметь встроенную программную Flash-память, дающую возможность внутрисистемного программирования, например по интерфейсу USB, что обеспечивает гибкость комплексной отладки или модификации программного обеспечения СУ РПУ. В настоящее время ряд ведущих фирм Atmel, Philips, Intel и т.д. [5,6,7] занимаются разработкой и выпуском восьмиразрядных микроконтроллеров, а также сред разработки и отладки программ на их основе. Как было показано ранее целесообразно выбрать 8-разрядный AVR-микроконтроллер с дополнительно встроенным интерфейсом USB. Сравнительная характеристика оптимизируемых параметров микроконтроллеров данного семейства представлена в таблице 3.

Учитывая все вышеизложенное, рациональным выбором является 8-разрядный AVR-микроконтроллер фирмы Atmel.

Практическое тестирование отдельных программных модулей на платформе AT90USB1287 показало, что восьмиразрядный микроконтроллер с эффективным программным кодом в состоянии обеспечить выполнение одной итерации за интервал времени $T_{контр}$.

Структурная схема СУ РПУ, удовлетворяющая рассмотренным ограничениям и реализованная на микроконтроллере типа AT90USB1287, представлена на рисунке.

К основным элементам СУ РПУ относятся:

– микроконтроллер типа AT90USB1287, обеспечивающий обмен, хранение и обработку данных. Рабочая программа хранится во внутренней FLASH-памяти и может быть модифицирована через интерфейс USB. Контроллер имеет две стандартные шины управления (SPI и I2C), к которым подключены все управляемые элементы;

– часы реального времени, обеспечивающие формирование данных о дате (день недели, число, месяц, год), текущем времени, выполнены на основе микросхемы M41T11M6;

– датчик температуры, отслеживающий её изменения внутри изделия и управляющий частотой вращения встроенного в РПУ вентилятора, выполнен на основе микросхемы MAX6615AEE;

– устройство индикации на основе графического ЖКИ, отображающее режимы работы и параметры РПУ, выполнено на ЖКИ типа WG24048;

– многопозиционный энкодер, обеспечивающий оперативный ввод рабочих параметров РПУ;

– устройства согласования управляемых модулей РПУ, а именно входной преобразователь (М1), тестовые генераторы (М2), блок фильтрации (М3), высокочастотный транспонатор (М4) и синтезаторы частот (М5, М6, М7), обеспечивающие прием и передачу данных по каналу I2C и преобразование их к необходимым уровням по току и напряжению;

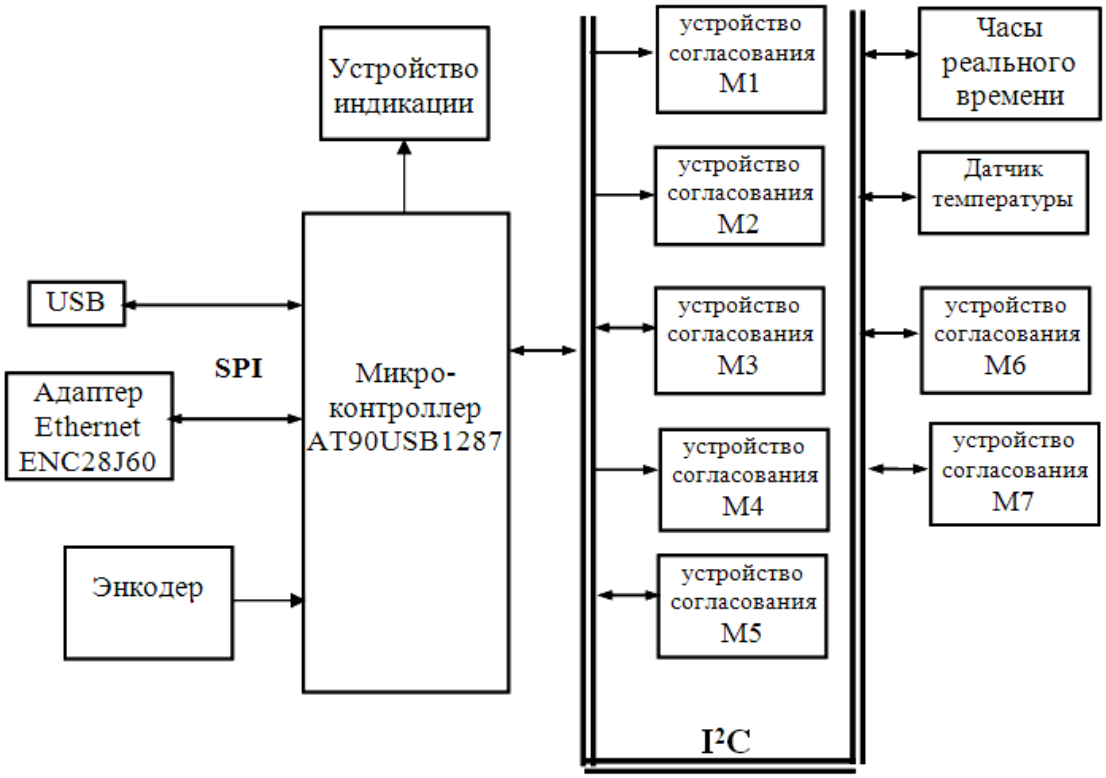


Рис. 1. Структурная схема СУ РПУ

– адаптер Ethernet, управляемый по шине SPI, обеспечивающий прямое подключение в сеть Ethernet, выполнен на основе микросхемы Ethernet-контроллера ENC28J60.

Программа для микроконтроллера написана на языке *Assembler*, отлажена в интегрированной среде разработки *AVR Studio 4* и запрограммирована в макет контроллера утилитой *Flip 3.3.4* по интерфейсу USB.

Таким образом, проведен выбор и обоснование критериев структурно-параметрической оптимизации, а именно минимально-достаточное количество абонентов и длина ШУ, минимизация разрядности микроконтроллера, количества тактов при выполнении команды, линий ШУ и длины цепей непосредственных сигналов управления при разработке СУ РПУ с учетом существенных ограничений. Предложена СУ РПУ сантиметрового диапазона на основе 8-разрядного микроконтроллера, использующая стандартную последовательную шину I^2C для управления пространственно разнесенными модулями РПУ и обеспечивающая возможность их простого наращивания. Учет рассмотренных критериев и ограничений позволил разработать СУ РПУ на основе микроконтроллера типа AT90USB1287 и Ethernet-контроллера типа ENC28J60. Данная СУ РПУ была внедрена и протестирована в действующем макете, что позволяет рекомендовать ее использование в перспективных разработках СУ РПУ.

Список литературы

1. Радиоприемные устройства / А.Г. Онищук [и др.]. Минск: Новое знание, 2007. 240 с.

2. Беляев С. Развитие цифровых последовательных интерфейсов // Известия вузов. Сер. «Электроника». № 2. 2007. С. 68.

3. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. СПб.: Питер, 2003. 992 с.

4. Логан С. Управление несколькими периферийными устройствами по линиям шин SPI / I^2C // Компоненты и технологии. 2008. № 7. С. 66.

5. Королев Н. AVR-контроллеры: развитие семейства. Ч. 1 // Компоненты и технологии. №5. 2010. С. 82.

6. Сидоренко Б. ATMEL: микроконтроллеры семейства AVR, AVR32 и ARM // Электроника: НТБ. 2008. № 8. С. 46.

7. Микроконтроллеры фирм HOLTEK и FHILIPS SEMICONDUCTORS / А. Веселов [и др.] // Электронные компоненты. 2004. № 7. С. 75.

Получено 13.07.12.

V.I. Kekuh, Candidate of Sciences, Engineer-Programmer, Fastwel Ltd (Moscow)

A.P. Konovalchik, Engineer-Programmer, Fastwel Ltd (Moscow)
(e-mail: konovalchik@fastwel.ru)

A.T. Mirgaleev, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: aleksmirg@mail.ru)

BASIS OF CRITERIA PARAMETRIC OPTIMIZATION MICROCONTROLLER MANAGEMENT RADIO RECEIVERS

Conducted the selection and justification of the criteria of structural parametric optimization in the development of the control system radio receiver (CS RR) that address significant limitations. Proposed CS RR centimeter range, providing the ability to easily build modules RR. Shown practical implementation based on the microcontroller type AT90USB1287.

***Key words**: criterion, control system, module.*

УДК 681.3

О.Ф. Корольков, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: POVT55@mail.ru)

В.О. Королькова, инженер, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712) 58-71-22)

В.В. Апальков, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712) 58-71-22)

А.А. Чаплыгин, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: alex_chaplygin@mail.ru)

Ф.А. Старков, канд. физ.-мат. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712) 58-47-96)

СИМВОЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Рассматриваются три варианта универсальных устройств обработки символьной информации и виды продукций с переменными для модифицированной продукционной алгоритмической системы А.А. Маркова, позволяющих проводить высокоскоростную обработку документов, формуляров, для использования в методах структурного распознавания и в организации баз данных и знаний с высокоскоростным доступом.

***Ключевые слова:** продукции с алфавитными переменными, продукция с переменной длинной образца и модификатора, скорость обработки.*

***

Введение

О значимости обработки символьной информации (ОСИ) можно судить по результатам ее применения в таких областях как интеллектуальные системы управления и принятия решений, интеллектуальный анализ данных, структурное распознавание образов, обработка естественных и формальных языков, в частности языков программирования. Специалисты по ОСИ интенсивно разрабатывают методологическую платформу и арсенал алгоритмических, программных и аппаратных средств. Цель данной статьи

заключается в создании новых инструментальных средств информационных технологий на основе продукционной парадигмы.

Принципы реализации устройств символьных вычислений

Основные положения теории обработки символьной информации приведены в работах [1, 2, 3, 4], а важные для данной статьи положения теории нормальных модифицированных алгоритмов рассматриваются в [2, 4].

В работе [3] представлены устройствадля реализации модифицированных алгоритмов с одним и двумя блоками памяти для обрабатываемого слова (ОС). Рассмотрим кратко результаты, представленные в этой работе.

Продукция с алфавитными переменными представляется словом, имеющим следующий вид:

$$a\gamma\psi b \rightarrow b\psi\gamma a, \qquad (1)$$

где символ«→» – метасимвол, не принадлежащий рабочему алфавиту, отделяющий образец от модификатора; γ, ψ – алфавитные переменные; «a» и «b» – конкретные символы рабочего алфавита.

Алфавитные переменные конкретизируются значениями символов из соответствующих им позиций в обрабатываемом слове (ОС).

Вводится продукция с переменной длинной образца и модификатора, которая представлена словом, имеющим следующий вид:

$$a\#b \rightarrow b\#g\ , \qquad (2)$$

где символ «#» в образце означает то, что в ОС между символами «а» и «в» имеется цепочка символов переменной длины, в том числе и пустая. Этот же символ «#» в модификаторе означает то, что он может формироваться как из символов «b» и «g», так и из цепочки, полученной при обнаружении позиции вхождения образца в ОС.

Для того чтобы осуществить поиск позиции вхождения образца в ОС и модификацию, аналогичную формуле (2), необходимо применить эквивалентный алгоритм из продукций с алфавитными переменными. Такой алгоритм представляет собой композицию из *n* одноформульных (срабатывающих один раз) алгоритмов, представленных конечным списком слов, имеющим следующий вид:

$$a\gamma\ b \rightarrow b\gamma\ g\ ,$$

$$a\gamma\psi\ b \rightarrow b\gamma\psi\ g\ ,$$

$$a\gamma\psi\beta\ \ldots\ldots b \rightarrow b\gamma\psi\beta\ldots\ldots g. \qquad (3)$$

Из алгоритма (3) следует, что чем больше символов в ОС находится между символами «а» и «b», тем больше времени необходимо затратить для выбора соответствующей продукции композиции в процессе работы алгоритма.

Структурная схема устройства с двумя блоками памяти для ОС представлена на рисунке 1.

Работа с одной продукцией алгоритма заключается в просмотре (сопоставлении) посимвольно ОС и образца продукции для обнаружения позиции его вхождения в ОС. Такое сопоставление осуществляется в блоке «БпАнал» (см. рис. 1) во время перезаписи символов ОС из одного блока памяти в другой. Использование второго блока памяти необходимо для того, чтобы выполнять реконфигурацию ОС при различных длинах образцов и модификаторов в процессах подстановки.

Продукция (1), реализуемая на устройстве с двумя блоками памяти для ОС, представляется словом, имеющим следующий вид:

$$a{*}{*}b\$b{*}2{*}1a\$, \qquad (4)$$

где символ «*» в образце является признаком алфавитной переменной; «$» – признаки конца образца и модификатора; символы «*1» и «*2» в модификаторе – порядковый номер алфавитной переменной в образце.

Продукцию (2) можно представить словом, имеющим следующий вид:

$$a\#b\$ \rightarrow b\#g\$, \quad (5)$$

где символ «#» в образце означает то, что в ОС между символами «a» и «b» может находиться цепочка символов любой конечной длины; «$» – признаки конца образца и модификатора.

Структурная схема устройства с одним блоком памяти для ОС представлена на рисунке 2.

Рассмотрим структурную организацию устройства, при котором ОС размещено в одном блоке памяти (рис. 3).

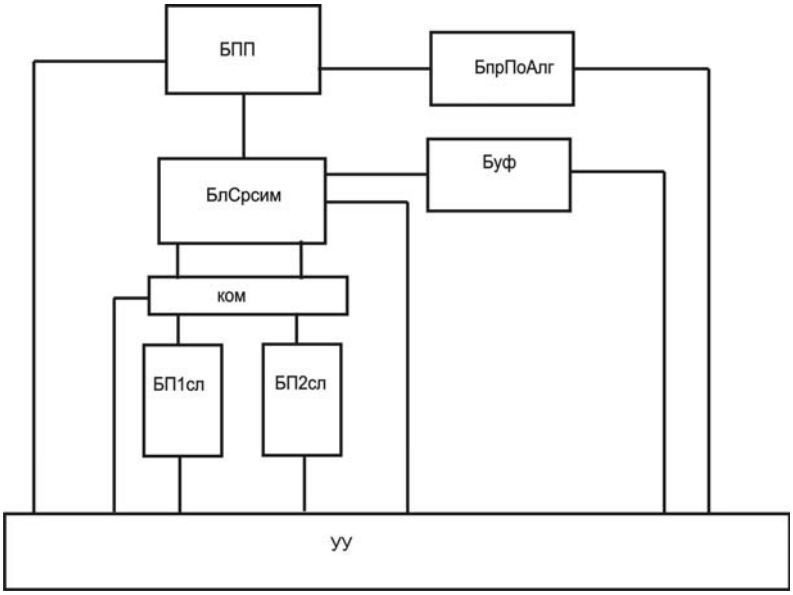


Рис. 1. Структурная схема устройства с двумя блоками памяти для обрабатываемого слова: УУ – устройство управления; БПП – блок памяти продукций; БП1сл, БП2сл – блоки памяти обрабатываемого слова; Ком – коммутатор; БлСрсим – блок сравнения символов; Буф – буфер; БпрПоАлг – блок перехода по продукциям в алгоритме

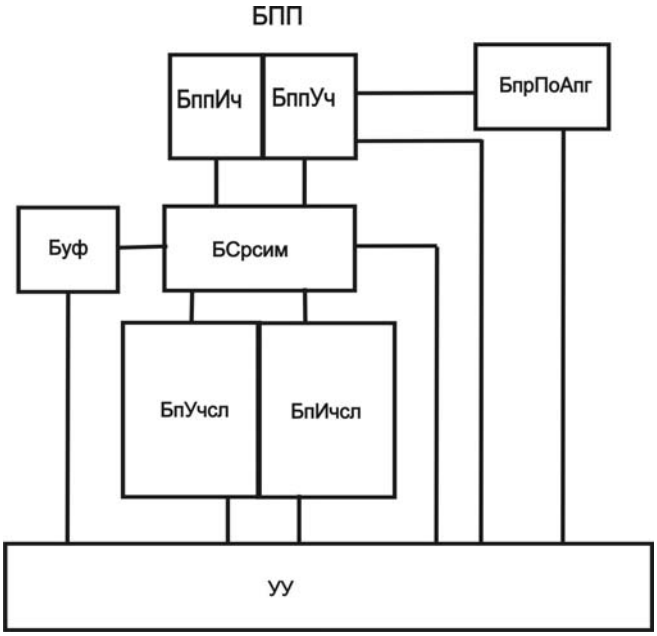
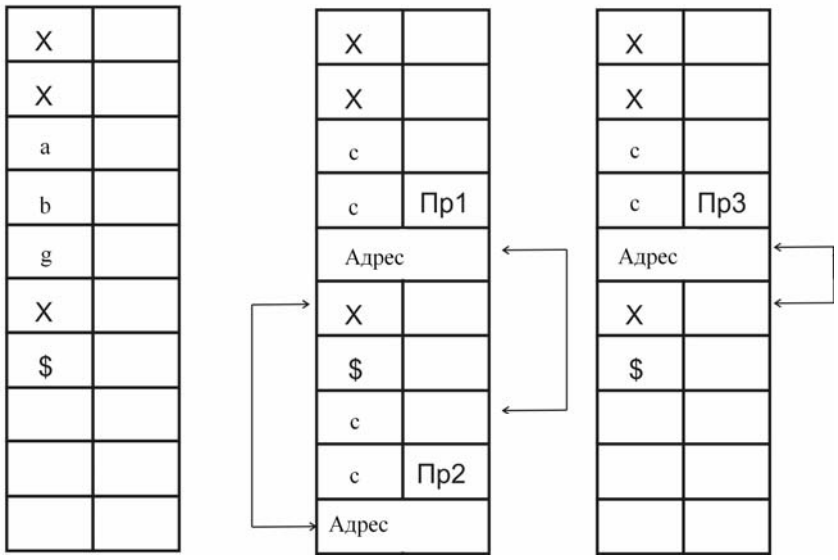


Рис. 2. Структурная схема устройства с одним блоком памяти для ОС: УУ – устройство управления; БПП – блок памяти продукций; ПлПсл – блок памяти ОС; БлАнал – блок анализа символов; Буф – буфер



а *б* *в*

Рис. 3. Схемы расположения ОС в памяти для устройства с одним блоком памяти ОС:
а – исходное слово; *б* – окончательный результат, когда длина модификатора больше длины образца;
в – окончательный результат, когда длина модификатора меньше длины образца

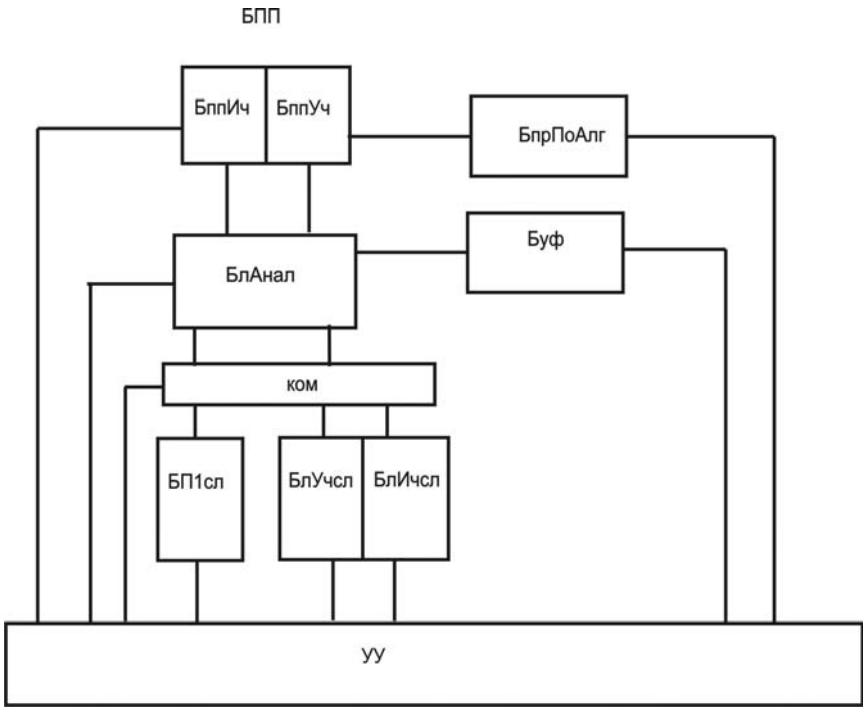


Рис. 4. Структурная схема устройства с двумя разными блоками памяти для обрабатываемого слова:
УУ – устройство управления; БПП – блок памяти продукций; БП1сл, БпПсл – блоки памяти ОС (устройство рис 3); Ком – коммутатор; БлАнал – блок сравнения символов; Буф – буфер

Блок памяти для продукций и ОС двухбайтные (информационный и управляющий байты). Признаки концов слова образца и слова модификатора представлены дополнительным управляющим байтом, который записывается в памяти продукции над позициями их последних символов соответственно. С работой и с тем, каким образом реализуются продукции (1, 3) на этом устройстве, можно ознакомится в работе [3].

В работе [4] рассматриваются различные схемы работы модифицированных продукционных алгоритмов, в которых переход от продукции к продукции проходит по меткам перехода, а также показаны различные схемы просмотра ОС.

Рассмотрим достоинства и недостатки предлагаемых устройств, учтя также и схемы работы продукционных алгоритмов. При работе устройства с одним блоком памяти слова появляется «мусор» в памяти слова, который не может возникнуть в процессе работы устройства с двумя блоками памяти. Процесс прекращения просмотра слова после его реконфигурации (выполнение подстановки) и переход сразу же к следующей продукции алгоритма могут быть выполнены только на устройстве с одним блоком памяти ОС (для устройства с двумя блоками памяти необходимо просмотреть слово до конца).

Предлагаемое на рисунке 4 устройство лишено недостатков как первого, так и второго устройства. В том случае, когда просмотр слова выполняется один раз за время работы продукционного алгоритма, можно проводить работу, используя схему перезаписи слова из одной памяти в другую. В тех случаях, когда алгоритм предусматривает переход к следующей продукции сразу после выполнения подстановки, можно провести работу, используя одну память ОС, а затем, перейдя к работе со следующей продукцией и используя перезапись слова из одного блока памяти в другой, очистить первую память от «мусора» во время работы продукционного алгоритма.

Заключение

Таким образом, предложены способы реализации продукций с различным видом продукций для трех вариантов устройств. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы в дальнейшем при разработке процессоров обработки символьной информации. Это дает возможность существенно повысить скорость обработки символьной информации в различных системах.

Список литературы

1. Успенский В.А., Семенов А.А.. Теория алгоритмов: основные успехи и достижения. М., 1987. 288 с.

2. Марков, А.А., Нагорный Р.М. Теория алгоритмов. М.: Наука, 1984. 432 с.

3. Корольков О.Ф., Старков Ф.А. Устройство символьной обработки с одним и двумя блоками памяти для обработки слова // Известия Курск. гос. техн. ун-та. 2007. № 2 [19]. С. 54–56.

4. Методы и алгоритмы ветвящихся продукционных вычислений в информационных системах / О.Ф. Корольков [и др.]. // Курск, 2011. 123 с.

Получено 13.07.12.

O.F. Korol'kov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: POVT55@mail.ru)

V.O. Korol'kova, Engeneer, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-71-22)

V.V. Apal'kov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-71-22)

A.A. Chaplygin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: alex_chaplygin@mail.ru)

F.A. Starkov, Candidate of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-47-96)

SYMBOLIC COMPUTATION WITH UNIVERSAL DEVICES

Three variants of universal devices of symbolic information computation and production kinds with variables for modified production algorithmic Markov's system, which lets high speed computation of document, formular processing,used in structural pattern recognition and databases with high speed access are considered.

Key words: *productions with alphabetic variables, production of pattern and modification variable size, computing speed.*

УДК 681.3

А.А. Чаплыгин, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: alex_chaplygin@mail.ru)

С.А. Хорошилов, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: khoroshilovsergey@gmail.com)

С.А. Кулабухов, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: Kulabuhov.Sergei@yandex.ru)

ОРГАНИЗАЦИЯ ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВНЕШНИХ НАКОПИТЕЛЕЙ МАЛОГО ОБЪЕМА

Описывается подробная структура и принципы работы новой дисковой файловой системы, предназначенной для хранения файлов на внешних накопителях малого объема.

Ключевые слова: *файловая система, суперблок, внесистемный загрузчик, системный загрузчик, индексный дескриптор, сектор, форматирование, фрагментация, ядро операционной системы.*

***

В настоящее время в мире существует довольно много различных файловых систем (ФС). Их многообразие связано с тем, что различные файловые системы предназначены для различного применения и для накопителей разных объемов. Например, существуют дисковые ФС, распределённые ФС, сетевые ФС, шифрованные ФС, ФС специального назначения и другие. Большинство современных ФС стремятся обеспечить высокую скорость доступа к файлам, а также надежность и оптимальность хранения данных. В частности, в разных файловых системах служебная информация о хранении файлов и папок может занимать свыше 10% от общего объема накопителя. Подобное соотношение является критичным для внешних накопителей небольшого объема, где необходимо использовать как можно больше полезного места и сократить размер служебной информации. В данной статье предлагается компактная ФС, предназначенная для организации данных на внешних накопителях с небольшим объемом памяти.

Общая модель файловой системы [1] включает в себя следующие типы объектов:

1) *суперблок* – хранит информацию о файловой системе, является управляющим блоком;

2) *индексный дескриптор* – структура, содержащая общую информацию о конкретном файле, имеет специальный номер, уникально идентифицирующий файл;

3) *блок данных* – пространство на диске фиксированного размера, как правило, кратное размеру сектора.

На рисунке представлена структура предлагаемой файловой системы. В первом (загрузочном) секторе диска всегда располагается внесистемный загрузчик. В отличие от системного загрузчика он не включен в файловую систему. Он выполняет загрузку системного загрузчика в оперативную память и передает ему управление. После загрузочного сектора располагается суперблок, который содержит информацию о файловой системе и размер которого зависит от размера файловой системы. Системный загрузчик

предназначен для загрузки в оперативную память ядра операционной системы, а также для настройки защищенного режима работы процессора. Таблица индексных дескрипторов представляет собой последовательную запись структур фиксированного размера, содержащих сведения о файлах. Под блоком понимается единица дискового пространства, кратная размеру одного сектора (512 байт). Из соображений производительности суперблок, системный загрузчик и таблица дескрипторов выравниваются до целого числа блоков.

Структура суперблока приведена в таблице 1.

Любой файл в данной файловой системе занимает целое число блоков, причем блоки могут располагаться в любом порядке. Это позволяет уменьшить внешнюю фрагментацию диска. Вводятся ограничения на общее количество блоков: оно не может превышать 65535. При размере блока, равном 255 секторам, максимальный размер форматируемого образа составляет около 8 Гбайт, а при размере блока, равном одному сектору, – приблизительно 32 Мбайт. Размер блока следует выбирать исходя из общего объема диска, желаемого количества файлов и диапазона размеров большинства файлов.

Список свободных блоков, так же как и список свободных индексных дескрипторов, представляет собой последовательность бит (битовая маска). Длины списков вычисляются как количество блоков данных, деленное на 8. Если *i*-й бит установлен, то *i*-й блок (или дескриптор) занят. Количество блоков данных определяется вычитанием из размера файловой системы размеров суперблока, системного загрузчика и таблицы дескрипторов.

Индексный дескриптор (inode) описывает один файл или каталог, который представлен в виде файла. Его структура приведена в таблице 2.

Тип дескриптора позволяет определить, что именно он описывает: файл (0x1) или директорию (0x2). Директория – это файл, в котором перечисляются имена и номера дескрипторов расположенных в ней файлов и директорий, включая файлы «.» и «..» (текущий каталог и родительский каталог). Чтобы найти файл, нужно пройти по цепочке дескрипторов, выполняя последовательный поиск в директориях.

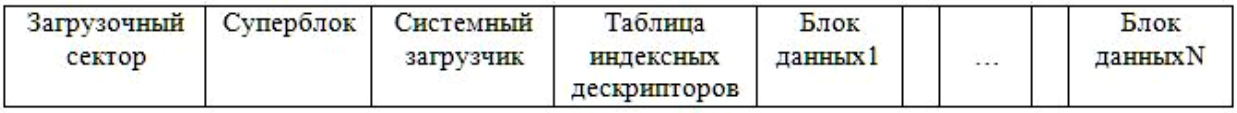


Рис. Образ форматированного диска

Таблица 1

Структура суперблока

Название поля	Размер поля в байтах
Размер блока в секторах	1
Размер файловой системы в блоках	2
Размер суперблока в блоках	1
Размер системного загрузчика в блоках	1
Количество файлов в ФС	2
Список свободных блоков	< 8192
Список свободных индексных дескрипторов	< 8192

Таблица 2

Структура индексного дескриптора

Название поля	Размер поля в байтах
Тип дескриптора	1
Размер файла в байтах	4
Идентификатор владельца	1
Время создания	4
Время последней модификации	4
Атрибуты безопасности	1
Block0 .. block7	2

Максимальный размер файла в данной файловой системе – 4 Гбайт.

Атрибуты безопасности определяют права на чтение, запись и исполнение файла для его владельца и для других пользователей.

В полях block0 .. block6 содержатся ненулевые номера блоков данных, которые составляют этот файл (прямые ссылки на блоки данных). Если этих блоков не хватает, то в поле block7 записывается номер блока данных, в котором содержатся остальные номера блоков данных (косвенные ссылки).

Из соображений производительности структура индексного дескриптора выравнивается до 32 байт, а таблица дескрипторов – до целого количества блоков.

В полученной файловой системе служебная информация занимает в худшем случае (размер блока – 512 байт) около 6% от общего объема внешнего накопителя, что превосходит некоторые другие файловые системы [2]. При этом данная файловая система сохраняет многие свойства UNIX файловых систем, такие как множество имен для одного файла, атрибуты безопасности, совместимые с UNIX [3], максимальный размер файла достаточно большой (до 4 Гб).

Таким образом, предлагаемая файловая система может быть использована для эффективного хранения информации на внешних накопителях малого объема.

Список литературы

1. Бовет Д., Чезати М. Ядро Linux: [пер. с англ.]. 3-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 1104 с: ил.

2. Яшин В.Н. Информатика: аппаратные средства персонального компьютера: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2008. 254 с.

3. Моли Б. Unix/Linux: теория и практика программирования: [пер. с англ.]. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. 576 с.

Получено 17.07.12.

A.A. Chaplygin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: alex_chaplygin@mail.ru)

S.A. Khoroshilov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: khoroshilovsergey@gmail.com)

S.A. Kulabukhov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: Kulabuhov.Sergei@yandex.ru)

ORGANIZATION OF THE FILE SYSTEM FOR SMALL-SIZED EXTERNAL STORAGES

Detailed description of the structure and functioning principles of the new disk file system for small-sized external storages is considered.

Key words: *file system, superblock, master boot record, boot loader, inode, sector, formatting, fragmentation, operating system kernel.*

УДК 004.056

В.П. Добрица, д-р физ.-мат. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: dobritsa@mail.ru)

А.А. Липунов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: lipunov@lenta.ru)

Е.С. Савенкова, студентка, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: savenkova230891@yandex.ru)

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ В УНИВЕРСИТЕТЕ

Статья посвящена комплексным системам информатизации объектов. Рассматриваются системы обеспечения надежной защиты информации, методы физического контроля над состоянием всех компонентов информационной системы университета, система видеонаблюдения, которая в настоящее время является неотъемлемой частью любой системы безопасности.

Ключевые слова: *информационные системы, системы защиты информации, системы видеонаблюдения.*

***

На современном этапе развития общества информация становится одним из главных ресурсов научно-технического и социально-экономического развития. Поэтому актуальной становится проблема обеспечения информационной безопасности и коммерческих организаций, и государственных структур, и учреждений, в частности высших учебных заведений.

В настоящее время сформировалось устойчивое отношение к информации всех видов как к ценнейшему ресурсу. Объясняется это небывалым ростом объема информационных потоков в современном обществе. В первую очередь это относится к тем направлениям государственной деятельности, которые являются наиболее важными в жизнеобеспечении общества, а именно: экономика, наука, образование, социальная сфера и др. Все эти направления тесно пересекаются, и развитие каждого напрямую зависит от качества используемой информации, ее достоверности и полноты, оперативности и формы представления. Поэтому особое внимание должно уделяться проблемам формирования, использования и защиты информационных ресурсов на основе применения информационных и коммуникационных технологий [3]. В данной статье из перечисленных направлений рассматривается система образования, а именно ее стратегическая часть – высшее учебное заведение (вуз), которое является источником высшего образования, напрямую влияющего на развитие государства в целом. Вуз является обладателем значительных информационных ресурсов различных видов и типов, выраженных в различных формах, влияющих на его деятельность. Значимость этих ресурсов чрезвычайно высока, поэтому существует необходимость постоянно удерживать их в сохранности, т.е. возрастает потребность защиты этих ресурсов как от несанкционированного использования, так и от влияния других непредсказуемых факторов. Для обеспечения надежной защиты необходимо постоянно держать во внимании и анализировать всевозможные источники угроз, сопоставлять им уязвимости и определять потенциальные угрозы, реализация которых прямо или косвенно может нанести вред информационной системе (ИС) вуза [1].

На рынке защиты информации предлагается много отдельных инженерно-технических, программно-аппаратных,

криптографических средств защиты информации. В литературе по защите информации можно найти описание методов и средств на их основе, теоретических моделей защиты. Однако для того, чтобы создать условия эффективной защиты информации, необходимо объединить отдельные средства защиты в систему. При этом надо помнить, что главным элементом этой системы является человек. Причем человек является ключевым элементом системы и вместе с тем самым трудно формализуемым и потенциально слабым ее звеном.

Создание системы защиты информации (СЗИ) не является главной задачей функционирования университета, как, например, обучение студентов, ведение научной и исследовательской деятельности. Поэтому создаваемая СЗИ не должна приводить к ощутимым трудностям в работе высшего учебного заведения, а создание СЗИ должно быть экономически оправданным. Тем не менее она должна обеспечивать защиту важных информационных ресурсов университета от всех реальных угроз.

Задачи защиты информации включают в себя целый комплекс мероприятий:

- Защита информации от утечки по техническим каналам (специальные исследования).
- Защита информации от несанкционированного доступа (НСД).
- Защита информации от возможно внедренных специальных электронных устройств перехвата и уничтожения информации, программ-вирусов (специальная проверка технических средств, специальное обследование помещений и автотранспорта, поиск жучков, защита от прослушки и видеонаблюдения, защита от промышленного шпионажа).
- Проектирование, поставка, монтаж и сервисное обслуживание комплексных систем безопасности.

Главное направление поиска новых путей защиты информации заключается не просто в создании соответствующих механизмов, а представляет собой реализацию регулярного процесса, осуществляемого на всех этапах жизненного цикла систем обработки информации при комплексном использовании всех имеющихся средств защиты. При этом все средства, методы и мероприятия, используемые для ЗИ, наиболее рациональным образом объединяются в единый целостный механизм — причем не только от злоумышленников, но и от некомпетентных или недостаточно подготовленных пользователей и персонала, а также нештатных ситуаций технического характера.

Основной проблемой реализации систем защиты является: с одной стороны, обеспечение надежной защиты, находящейся в системе информации (исключение случайного и преднамеренного получения информации посторонними лицами), с другой стороны, системы защиты не должны создавать заметных неудобств авторизированным пользователям в ходе их работы с ресурсами системы [4].

Проблема обеспечения желаемого уровня защиты информации весьма сложная, требующая для своего решения не просто осуществления некоторой совокупности научных, научно-технических и организационных мероприятий и применения специальных средств и методов, а создания целостной системы организационно-технологических мероприятий и применения комплекса специальных средств и методов защиты информации (ЗИ).

Система комплексной защиты объектов – это совокупность технических и инженерных средств, а также соответствующих тактических приемов и методов их применения, направленных на обеспечение установленного порядка на обслуживаемой территории.

В нашем случае обслуживаемой территорией является государственный университет, к которому необходимо применить комплекс средств по защите ИС вуза.

Территориально распределенная структура ИС вуза создает ряд предпосылок для реализации разнообразия потенциальных угроз информационной безопасности (ИБ), которые могут нанести ущерб ИС. Это разнообразие настолько велико, что не позволяет предусмотреть каждую угрозу. Поэтому анализируемые характеристики угроз надо выбирать с позиций здравого смысла, одновременно выявляя не только сами угрозы, размер потенциального ущерба, но их источники и уязвимости системы.

Как и для любой другой ИС, для ИС вуза характерны антропогенные, техногенные и стихийные источники угроз, которые воздействуют на систему через ее уязвимости, характерные для любой ИС (как бы она идеально не была построена), реализуя тем самым угрозы ИБ.

Данная группа источников ИБ наиболее обширна и должна представлять наибольший интерес с точки зрения организации защиты. При организации защиты вузовские службы ИБ должны определять степень доступности каждого источника к защищенному объекту, квалификацию и привлекательность совершения деяний со стороны источника угрозы.

Меры защиты (противодействия) от таких источников должны тщательно продумываться. К ним можно отнести:

– правовые (законы, уставы, приказы, постановления);

– организационные (разработка и утверждение функциональных обязанностей должностных лиц службы ИБ; физический контроль доступа; разработка правил управления доступом к ресурсам системы; явный и скрытый контроль за работой персонала системы; проведение регулярных семинаров, спецкурсов для администраторов сетей вуза с целью обеспечения соответствия уровня знаний современным требованиям; мн. др.);

– технические (предполагается наличие методик определения угроз и каналов утечки информации и знание средств добывания (снятия) информации);

– нженерно-технические (обеспечивающие предотвращение несанкционированного доступа посторонних лиц на объекты защиты);

– программно-технические (методы идентификации и аутентификации пользователей; регистрация действий пользователей; средства защиты от НСД, межсетевые экраны).

Список способов противодействия должен в случае необходимости пополняться новыми средствами защиты. Это необходимо для поддержки системы безопасности вуза в актуальном состоянии.

В нашем случае наибольший интерес представляют методы физического контроля за состоянием всех компонентов ИС вуза. В частности, к таковым относится система видеонаблюдения, которая на данном этапе не только наиболее приемлема для обеспечения контроля и управления безопасностью вуза, но и в настоящее время является неотъемлемой частью любой системы безопасности.

Система видеонаблюдения в нашем университете позволит не только обеспечить безопасность студентов и преподавателей, но и защитить лабораторное оборудование от актов вандализма, улучшить качество получаемых знаний за счет фиксации обмана на экзаменах и зачетах и повысить престижность учебного заведения.

Видеокамеры, установленные в аудиториях и *лабораториях*, также позволят студентам, которые не смогли по какой-либо причине посетить занятия, удаленно через сеть Интернет прослушать лекцию преподавателя, существенно повышая уровень полученных знаний.

Система видеонаблюдения также решает вопросы сохранности имущества и повышает время расследования любых чрезвычайных ситуаций.

Преимущества от системы видеонаблюдения в университете:

- Фиксация действий студентов и преподавателей.
- Возможность удаленного просмотра лекции через сеть Интернет в реальном времени.
- Защита материальных ценностей.
- Возможность предоставления записей в полицию [2].

Ввиду всего вышеперечисленного можно сделать однозначный вывод о том, что внедрение видеонаблюдения в систему университета ведет к значительным преимуществам.

Список литературы

1. Информатизация образования: направления, средства, технологии: учеб. пособие / под общ. ред. С.И. Маслова. М.: Изд-во МЭИ, 2004. 127 с.

2. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии: [пер. с англ.]. М.: ООО «Ай-эс-эс-Пресс», 2006. 480 с.: ил.

3. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: учеб. пособие. Академия, 2003. 112 с.

4. Основы информационной безопасности: учеб. пособие / Е.Б. Белов, В.П. Лось, Р.В. Мещеряков, А.А. Шелупанов. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 544 с.: ил.

Получено 18.07.12.

V.P. Dobrica, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: dobritsa@mail.ru)

A.A. Lipunov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: lipunov@lenta.ru)

Y.S. Savenkova, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: savenkova230891@yandex.ru)

THE COMPREHENSIVE SYSTEM OF PROTECTION OF OBJECTS OF INFORMATIZATION OF THE UNIVERSITY

The article is devoted to complex systems of Informatization objects. It analyzes the system ensure reliable protection of the information, methods of physical control over the status of all components of the information system of the University, the video surveillance system, which at the present time is an integral part of any security system.

Key words: *information systems, information security systems, video surveillance systems.*

УДК 004.65

И.В. Калуцкий, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: kalutsky_igor@mail.ru)

А.А. Агафонов, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail:mr_agafonov@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЛУЖБЫ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

В статье рассматривается проблема информационно-аналитического обеспечения предпринимательской деятельности России. Приведена правовая база, регламентирующая сбор, накопление и обработку информации. Анализируются способы организации информационно-аналитической системы на основе готовых программных комплексов (банков данных и клиентских приложений) и систем, разрабатываемых в индивидуальном порядке (на основе сервера, базы данных и интерпретатора для обработки информации).

Ключевые слова: *информационная система, служба безопасности, открытые источники, базы данных, детективная деятельность.*

***

Переход общества от индустриального к информационному определил главный продукт производства – информацию. Поэтому организации испытывают потребность не только в её сохранности от всевозможных посягательств (нарушений целостности, доступности и конфиденциальности), но и в постоянном накоплении для последующей аналитической работы.

Со времён НЭПа и до 90-х годов 20 века предприятия нашей страны практически не ощущали проявлений факторов риска в своей повседневной деятельности. Объясняется это тем, что они были государственной собственностью, и это перекладывало всю ответственность на государство, министерства и ведомства. Госплан указывал размеры продукции, необходимой для производства, система госзаказа гарантировала своевременную и стопроцентную оплату всей произведенной продукции, а тотальный дефицит – внеплановой. При этом государственные интересы в сфере экономики жестко защищали правоохранительные органы и спецслужбы.

Однако сейчас многие организации, как промышленного характера, так и из сферы услуг, находятся «сами по себе», соответственно несут ответственность тоже сами. Любое проявление факторов риска (подрывная деятельность конкурентов, утечки конфиденциальной информации через персонал) способно нанести непомерный материальный и моральный ущерб организации. При этом структуры, которые, казалось бы, должны помогать отечественным предпринимателям, в большинстве кризисных ситуаций занимают место сторонних наблюдателей вялотекущих арбитражных и уголовных процессов [2].

А.И. Доронин, проводя в своей работе детальный анализ причин провалов предпринимательской деятельности в России, пришёл к выводу о том, что большинство из них можно свести к одному – это неумение, а порой и просто нежелание заниматься обработкой и анализом информации об окружающей предприятие часто достаточно агрессивной среде. К сожалению, этот факт только начинает привлекать внимание большинства российских предпринимателей, и мало кто из них может определить тип необходимой для предприятия информации, квалифицированно организовать ее поиск, избежать эффекта дезинформирования, умело использовать полученную информацию при принятии решения и для организации текущего контроля финансово-хозяйственной деятельности [2].

Все это определяет необходимость организации штата сотрудников службы безопасности, в компетенцию которых должна входить информационно-аналитическая работа. При этом объектом анализа является не только информация, циркулирующая внутри организации, но и вне неё. К последней относятся СМИ, печатная продукция и данные, которые могут быть получены иными способами.

Следует сказать, что определённые виды мероприятий по сбору и накоплению информации, а также методы её получения могут не согласовываться с законом, поэтому следует выяснить ограничения, предусмотренные законодательством.

В соответствии с ФЗ РФ «Об оперативно-розыскной деятельности» от 5 июля 1995 года любые негосударственные организации исключаются данным законом из числа тех, кто может пользоваться методами оперативно-розыскной деятельности (ОРД), которые могут использоваться для получения информации о конкурентах [8].

Таким образом, коммерческие организации не могут в целях коммерческой

разведки использовать оперативно-розыскные мероприятия, так как напрямую не являются субъектами ОРД.

В соответствии с ФЗ РФ «О частной детективной и охранной деятельности в Российской Федерации» от 11 марта 1992 года в целях сыска разрешается предоставление следующих видов услуг:

1) сбор сведений по гражданским делам на договорной основе с участниками процесса;

2) изучение рынка, сбор информации для деловых переговоров, выявление некредитоспособных или ненадежных деловых партнеров;

3) установление обстоятельств неправомерного использования в предпринимательской деятельности фирменных знаков и наименований, недобросовестной конкуренции, а также разглашения сведений, составляющих коммерческую тайну;

4) выяснение биографических и других характеризующих личность данных об отдельных гражданах (с их письменного согласия) при заключении ими трудовых и иных контрактов;

5) поиск без вести пропавших граждан;

6) поиск утраченного гражданами или предприятиями, учреждениями, организациями имущества;

7) сбор сведений по уголовным делам на договорной основе с участниками процесса. В течение суток с момента заключения контракта с клиентом на сбор таких сведений частный детектив обязан письменно уведомить об этом лицо, производящее дознание, следователя или суд, в чьем производстве находится уголовное дело;

8) поиск лица, являющегося должником в соответствии с исполнительным документом, его имущества, а также поиск ребенка по исполнительному документу, содержащему требование об отобрании ребенка, на договорной основе с взыскателем.

В ходе частной сыскной деятельности допускается устный опрос граждан и должностных лиц (с их согласия), наведение справок, изучение предметов и документов (с письменного согласия их владельцев), внешний осмотр строений, помещений и других объектов, наблюдение для получения необходимой информации в целях оказания вышеприведённых услуг.

При осуществлении частной сыскной деятельности допускается использование видео- и аудиозаписи, кино- и фотосъемки, технических и иных средств, не причиняющих вреда жизни и здоровью граждан и окружающей среде, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Частным детективам запрещается собирать сведения, связанные с личной жизнью, с политическими и религиозными убеждениями отдельных лиц, если они не опубликованы в СМИ.

Вдобавок запрещается использовать методы, нарушающие тайну переписки, телефонных переговоров и телеграфных сообщений (снятие информации с технических каналов связи, контроль почтовых отправлений, телеграфных и иных сообщений, прослушивание телефонных переговоров); связанные с нарушением гарантий неприкосновенности личности или жилища (обследование помещений, зданий, сооружений, участков местности и транспортных средств, отождествление личности, оперативное внедрение) [9].

Таким образом, если для аналитической работы необходимо добывать информацию из закрытых источников, проводить мероприятия, определённые в перечне услуг, то необходимо, чтобы в составе организации было подразделение частных детективов со всеми необходимыми лицензиями. Напротив, информационно-аналитической работой с информацией из открытых источников можно заниматься вне рамок частной детективной деятельности. Следовательно, для

сбора информации внутри своей организации, из СМИ, сети Интернет и других открытых ресурсов достаточно штата грамотных специалистов, способных добывать информацию из открытых источников.

Подробно остановимся на последнем варианте, когда сбор происходит только из открытых источников и осуществляют его сотрудники, не являющиеся частными детективами. Становится ясно, что для организации информационно-аналитической системы (ИАС) организация должна располагать производительными компьютерами с выходом в Интернет, специализированным программным обеспечением. Последнее может приобретаться готовым для использования либо создаваться по техническому заданию компетентными сотрудниками организации или под заказ у других разработчиков. Тем не менее программное обеспечение должно внедряться в соответствии с целями ведения информационно-аналитической работы.

По мнению А.И. Доронина, основными целями внедрения информационной системы службы безопасности организации являются: упреждающее выявление угроз финансово-экономического, социально-психологического и иного характера внутри организации и в сфере её интересов; информационная поддержка расследования службой безопасности фактов нанесения ущерба организации, систематизация результатов расследования для последующего использования; информационная экспресс-оценка партнеров, клиентов, контрактов на предмет связи с источниками риска; информационный контроль развития инфраструктуры рынка, конкурентов, их рекламных мероприятий; информационное сопровождение собственных активных мероприятий на рынке (публикации, реклама, выставки, дезинформация); комплексный контроль состояния защищенности важнейших объектов, ресурсов, коммуникаций, конфиденциальных сведений; обеспечение координации и взаимодействия функциональных подразделений предприятия на основе взаимного обмена информацией о его окружении [2].

Определив цели, следует подходить к вопросу о программном обеспечении. Рассмотрим первый вариант – приобретаемое ПО для создания и использования ИАС. Среди представленных на рынке России можно выделить: Аналитический программный пакет «DirectFilter™ », «Галактика Экспресс», «Cronos» и «CronosPRO».

«DirectFilter™» позволяет следующее: проводить анализ разнообразной статистической информации с использованием OLAP-технологии; производить быстрые расчеты, выполнить горизонтальные и вертикальные группировки любой вложенности; производить удобную фильтрацию; представлять информацию в виде разнообразных отчетов; экспортировать в диаграммы, графики, таблицы в стандартные программы, например Excel. Система полностью настраиваема, возможна также работа с различными базами данных и SQL-серверами, оптимизирована для работы с базами данных общим объемом записей несколько миллионов [7].

«Галактика Экспресс». Основное направление систем этой фирмы – работа с финансами, логистикой, производством и пр. Однако для информационно-аналитической работы поставляется модуль CRM: «Управление взаимоотношениями с клиентами». Последний позволяет накапливать всестороннюю информацию о потенциальных и реальных клиентах организации, дилерах, партнерах, рекламных фирмах, конкурентах, товарах, а также проводить маркетинговый анализ на основе сформированной базы данных [6].

Наконец, «Cronos» и «CronosPRO». Первая является системой, предназначенной для накопления и обработки тек-

стовых документов различных форматов. Поиск нужных документов осуществляется по ключевым словам, с использованием различных дополнительных критериев поиска. Программа наглядна, проста и удобна в использовании. Она необходима для проведения информационно-аналитической работы только с документами, без использования клиент-серверных технологий.

Вторая же представляет собой систему управления базами данных (СУБД). Предназначается для организации информации в виде банков данных и их дальнейшей обработки. Каждый пользователь системы может самостоятельно, без привлечения специалистов, организовать данные именно так, как требуется для решения конкретной задачи. Программа отличается высокой скоростью работы. Будет эффективна там, где требуются регулярная обработка и анализ сложных потоков разнородной информации [5].

Разумеется, вышеприведённые программные пакеты являются лицензионным коммерческим ПО, и стоимость их может быть слишком большой, если планируется опробование ИАС в работе. Поэтому для пробной попытки построения ИАС можно воспользоваться демонстрационными версиями систем. Из представленных выше систем представляет интерес демонстрационная версия инструментальной системы управления банками данных «Cronos-PRO». Несмотря на некоторые ограничения (не больше одного создаваемого банка данных, однопользовательский режим и пр.), возможностей демонстрационной версии хватает, чтобы оценить все достоинства информационно-аналитических систем-банков данных в работе. Плюсом таких систем является то, что нет необходимости знать языки программирования, особенности SQL-запросов к базам данных, что позволяет рядовому сотруднику быстро привыкнуть к системе. Однако в каждой организации, точнее в отделах, занимающихся информационно-аналитической работой, могут возникнуть нестандартные требования к системе, связанные со спецификой деятельности.

Подойдя ко второму варианту – разработки ИАС по техническому заданию специалистами, мы остановимся на клиент-серверных технологиях. Одним из удобных вариантов является использование связки из трёх компонентов: WEB-сервера Apache, интерпретируемого языка программирования PHP и реляционной базы данных MySQL. Несмотря на бесплатность и открытость данных программ, они позволяют специалисту создать мощные программные комплексы, основной функционал которых – накопление, обработка и поиск информации в массивах данных. Разумеется, при наличии лицензионных программных продуктов, таких как СУБД Oracle или Microsoft SQL, может рассматриваться и их использование в качестве элементов системы. В основе архитектуры банка данных должны лежать следующие принципы: возможности последующей доработки в процессе появления новых видов данных и расширения перечня решаемых задач; возможности участия в заполнении базы данных не только сотрудников службы безопасности, занимающихся сбором информации, но и рядовых работников фирмы: бухгалтеров, секретарей, менеджеров и др.; разграничения доступа к данным для различных категорий сотрудников; минимизаций трудозатрат на использование системы, т.е. совместимость с основными форматами данных, возможность экспортировать/импортировать данные в известных форматах; удобство интерфейса.

Создаваемый банк данных должен содержать следующие базы данных: физические лица, организации, адреса, телефоны, документы, автомобили, договоры, переговоры, рефераты. Соответственно, между ними должны быть вы-

строены связи: физические лица – организации, организации – договоры, адреса – телефоны и т.д.

Например, база данных лиц (субъектов или объектов каких-либо действий) может содержать сведения следующего рода: функциональные обязанности, материальная ответственность; проблематика деятельности; условия приема на работу, кто рекомендовал; поощрения, взыскания, профилактические мероприятия; прежние места работы, характер функций; участие в мероприятиях с участием внешних партнеров предприятия (приемы, командировки, интервью, презентации); получение денежных вознаграждений от третьих лиц; тяжелые психические заболевания, неуживчивый характер; наличие судимостей; побочные коммерческие интересы вне предприятия [2].

База данных рефератов может содержать факты противодействия установкам руководства; контакты в криминальной среде; попытки внесения самостоятельных изменений в финансовую деятельность предприятия; конфликты в связи с пребыванием на работе в состоянии алкогольного или наркотического опьянения; внерабочие конфликты в связи со служебной деятельностью; участие в разборе споров с помощью «третьих лиц», в том числе навязывание криминальной «крыши»; противоречия и споры с государственными органами; участие предприятия в арбитражных спорах; факты утечки информации через сотрудников предприятия; факты краж оборудования, материальных ценностей, документов; факты участия предприятия в операциях повышенного риска; факты невозврата предприятию финансовых средств за отгруженную продукцию; умышленные нарушения финансовой дисциплины персоналом; фальсификация финансовой документации; срыв экономических программ и проектов предприятия в результате ошибок персонала; кража, разрушение магнитных носителей с данными закрытого характера.

Таким образом, используя готовые или разработанные по заказу информационно-аналитические системы в виде программных комплексов – банков данных, можно обеспечить службу безопасности исчерпывающей информацией о лицах, фактах, событиях и взаимосвязях между ними. Тем самым предупредить и предотвратить нарушения и происшествия, подрывающие деятельность организации.

Список литературы

1. Методика информационной безопасности / Ю.С. Уфимцев, В.П. Буянов, Е.А. Ерофеев [и др.]. М.: Экзамен, 2004. 544 с.

2. Доронин А.И. Бизнес разведка. 2-е изд. М.: Ось 89, 2003. 243 с.

3. Грофф Дж., Вайнберг П.. SQL: полное руководство: [пер. с англ.]. 2-е изд., прераб. и доп. Киев: Издательская группа BHV, 2001. 816 с.

4. Томсон Лаура. Разработка Web-приложений на PHP и MySQL: [пер. с англ.]. 2-е изд., испр. СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2003. 672 с.

5. Группа компаний «Кронос-Информ» [Электронный ресурс]. URL: http://www.cronos.ru/index.php?page=products (дата обращения: 12.10.2012).

6. CRM – Галактика Экспресс [Электронный ресурс]. URL: http:// galaktika-express.ru/crm.html (дата обращения: 12.10.2012).

7. Компания DirectINFO [Электронный ресурс]. URL: http://www.direct-info.net (дата обращения: 12.10.2012).

8. Об оперативно-розыскной деятельности: федер. закон от 12.08.1995 № 144-ФЗ: в ред. от 10.07.2012.

9. О частной детективной и охранной деятельности в Российской Федерации: федер. закон от 11.03.92 № 2487-I в ред. от 03.12.2011.

Получено 18.07.12.

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

A.A. Agafonov, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: mr_agafonov@mail.ru)

INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM SERVICES SAFETY ORGANIZATIONS

The problem of information and analytical support for business activities in Russia. Given the legal framework governing the collection, storage and processing of information. Ways of organizing information and analysis system based on ready-made software systems (databases and client applications) and systems developed on an individual basis (based on the server, database, and interpreter for Information Processing).

***Key words**: information system, security, open source, database, detective activity.*

УДК 519-7

Л.С. Крыжевич, ассистент, Курский государственный университет
(e-mail: leonid@programist.ru)

В.Г. Довбня, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет
(e-mail: vit_georg@mail.ru)

ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ БИОРТОГОНАЛЬНЫХ ВСПЛЕСКОВ С КОМПАКТНЫМ НОСИТЕЛЕМ

В этой работе предлагается критерий оценки качества сжатого изображения в зависимости от степени компрессии и сравниваются различные методы усечения всплесковых коэффициентов.

***Ключевые слова:** качество, сжатие, всплеск, коэффициент.*

***

Традиционные методы обработки изображений

В современное время наиболее популярным является вопрос сжатия изображений. Самыми перспективными в этой области считаются методы разложения изображений по базисам всплесков для последующего сжатия. Поиск новых подходов может привести как к большим коэффициентам сжатия, а также к снижению вычислительных затрат на реализацию алгоритмов.

В [2] был разработан алгоритм Малла для разложения изображения по базисам всплесков, а также были рассмотрены возможности применения пакета всплесков и различных инновационных технологий, описанных в [6]. Остается открытым выбор подходящего базиса всплесков. В [1] и [3] были обоснованы причины выбора биортогональных базисов и описаны их преимущества по сравнению с выбором ортогональных базисов. Долгое время общепринятым лидером, предоставляющим высокий уровень сжатия при относительно небольших арифметических затратах, являлся биортогональный базис CDF9/7, применение которого впервые было рассмотрено в [3]. Такие алгоритмы сжатия обеспечивали выигрыш в коэффициенте сжатия в 1,5–2 раза по сравнению со стандартом JPEG. В работе [4] была построена биортогональная пара базисов, дающая преимущество в сжатии в дополнительные 3–10%, на которой будем основывать свои рассуждения в дальнейшем.

Традиционным подходом сжатия является пороговое ограничение уровня детализирующих коэффициентов. Задав определенный порог и «отсекая» коэффициенты a_j ниже этого порога, можно значительно сжать изображение. Потери в изображении, полученные заменой коэффициентов a_j на a'_j, определяются не только разностью этих величин, а вкладом в изображение базисной функции. Этому вкладу ставится в соответствие

весовой коэффициент δ_j, а впоследствии осуществляется равномерное квантование величин. Такой подход является общепринятым.

Все дальнейшие оценки коэффициентов сжатия основаны на применении после разложения по базисам всплесков комбинации кодирования длин последовательностей нулей с последующим применением метода Хаффмана.

Критерий качества

При увеличении коэффициента сжатия изображений неизбежно падает его качество и часто приходится выяснять, какой из этих процессов протекает быстрее. Причем их нельзя измерять в абсолютных величинах, поэтому часто прибегают к переходу на логарифмическую шкалу.

Традиционно уровень преобразованного сигнала относительно исходно измеряют по формуле

$$P = 20\lg\times$$

$$\times\left(\frac{255\sqrt{3}}{\sqrt{\frac{1}{WH}\sum_{i=0}^{W-1}\sum_{j=0}^{H-1}\left(s_{\text{исх}}(i,j)-s_{\text{обр}}(i,j)\right)^2}}\right), \quad (1)$$

где $s_{\text{исх}}(i,j)$, $s_{\text{обр}}(i,j)$ – значения исходного и обработанного сигнала с координатами i и j.

Для сравнения эффективности различных преобразований (которые будут описываться ниже) был построен критерий сравнения уровня качества и коэффициента компрессии:

$$K_i = \frac{w_p^i}{w_c^i}, \quad i = \overline{0..128}, \quad (2)$$

где $w_p^j = \frac{P_i}{P_0}$ – относительный показатель уровня качества преобразованного изображения на i-м шаге по сравнению с уровнем качества при «нулевом» преобразовании без потерь;

$w_c^j = \frac{C_i}{C_0}$ – относительный показатель объема сжатого изображения на i-м шаге преобразования в сравнении с объемом сжатого изображения после «нулевого» преобразования.

При «нулевом» преобразовании очевидно, что значения w_p^0 и w_c^0 будут равны 1 и показатель $K_0 = 1$. Если при преобразовании коэффициентов a_j потери в качестве будут превышать выигрыш в объеме, то $K < 1$. Если же уменьшение объема изображения незначительно портит его качество по сравнению с исходным, естественным образом полагать, что $K > 1$.

Итак, с помощью этого критерия мы сможем не только сравнить эффективность различных преобразований, но и выяснить, на каком уровне стоит отсекать коэффициенты a_j для получения наилучшего соотношения качества к сжатию, что в дальнейшем автоматически анализируется компьютерной системой, а пользователю отпадет необходимость подбирать оптимальный порог для отсечения коэффициентов, чтобы увеличить компрессию.

Поставим перед собой задачу: найти оптимальное соотношение качество/сжатие при уровне разложения $d = 1$ в традиционном подходе, где усекаются коэффициенты $|a_j| \le i$. Процедура будет происходить следующим образом:

Алгоритм 1:

Шаг I. Установить $i = 0$;

Шаг II. Разложить изображение базиса всплесков;

Шаг III. Получить новые коэффициенты $a'_j = \begin{cases} 0, \text{ если } |a_j| \le i, \\ a_j, \text{ если } |a_j| > i; \end{cases}$

Шаг IV. Коэффициенты квантовать, сохранить и заархивировать;

Шаг V. Определить объем полученного файла и вычислить $w_c^i = \frac{C_i}{C_0}$;

Шаг VI. Произвести обратное преобразование изображения;

Шаг VII. Сравнить синтезируемое изображение с исходным и по формуле (1) вычислить значения уровня качества P_i;

Шаг VIII. Измерить долю качества полученного изображения от качества исходного по формуле $w_p^i = \frac{P_i}{P_0}$;

Шаг IX. Вычислить значения критерия качества по формуле (2);

Шаг X. Если $i < 128$, тогда $i = i + 1$ и переходим к шагу II, в противном случае процедуру можно считать оконченной.

На примере изображения Lenna были проведены расчеты по вышеописанной процедуре, и полученные результаты изображены на рис. 1.

Оптимальные значения достигаются в диапазоне $i \in [18; 27]$ с максимальным значением K=1,675 в i = 25. Также сравнимым с ним результатом является K=1,671 при i = 22. Как видно, все значения по критерию качества K больше 1, что дает право считать этот метод эффективным и оправдывает его широкое использование.

Новые подходы к кластеризации коэффициентов

Принято считать, что небольшие коэффициенты в разложении по базисам всплесков говорят о малом изменении двухмерной функции и указывают на характер низкочастотной составляющей. И этот факт обосновывает их усечение. Коэффициенты ВЧ характеризуют уровень деталей в изображении. При $d = 1$ они имеют маленькие веса, и небольшое изменение коэффициентов a_j будет наносить малый ущерб изображению. А если значения этих коэффициентов объединить в интервалы, то такой ущерб будет минимальным. В связи с этим были разработаны новые методы кластеризации коэффициентов. Рассмотрим несколько возможных подходов и рассчитаем критерии качества для каждого из них. Сравнительный анализ результатов предлагаемых методов изображен на рисунке 2.

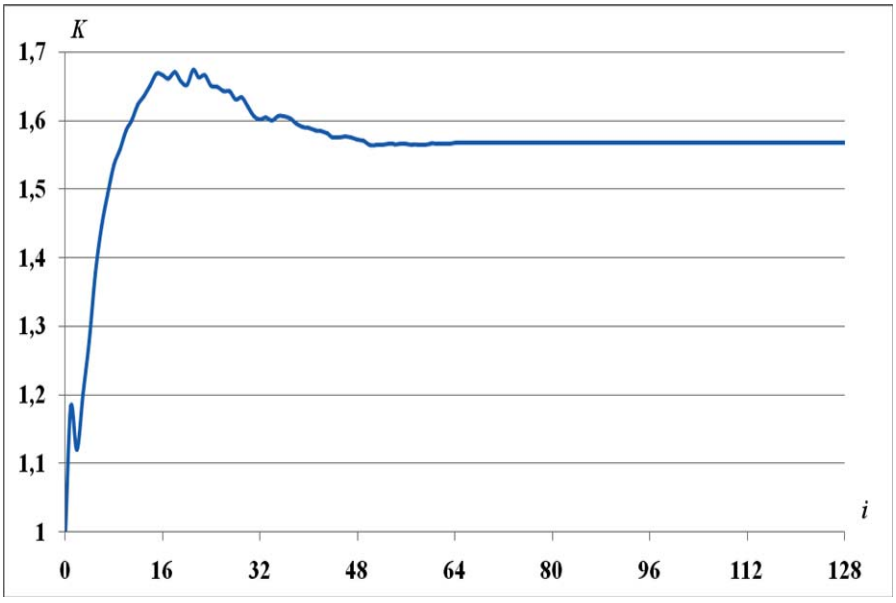


Рис. 1. Показатели критерия качества *K*
при традиционном подходе усечения коэффициентов

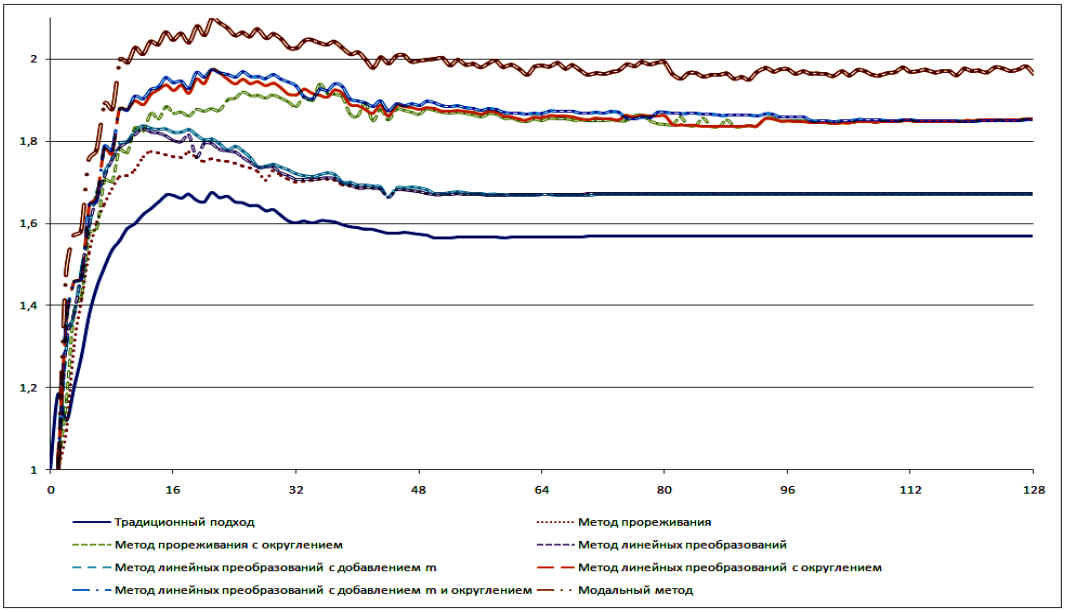


Рис. 2. Показатели критерия качества *K*
при использовании различных моделей преобразований

Метод прореживания

Разобьем диапазон значений a_j на i одинаковых интервалов и все значения, которые попадают в этот интервал, будем задавать единственным значением $a'_j = \left\lfloor \frac{a_j}{i} \right\rfloor \cdot i$, где $i = \overline{1..128}$. Таким образом, прореживаются значения коэффициентов a_j и они «сливаются» с коэффициентами, кратными i.

Рассмотрим реализацию этого и всех последующих методов на изображении Lenna. Применив алгоритм 1, но изменив только метод перерасчета a'_j, мы получили результаты, изображенные на рисунке 1.

Критериальными значениями в этом случае являются значения K>1,76 в отрезке $i \in [15;22]$, с наилучшими K=1,775 при i = 16 и K=1,773 при i = 21.

Произведем замену функции извлечения целой части на функцию округления. Такое преобразование дает значительно лучшие результаты. В итоге, получаем преобразование вида $a'_j = \left\lfloor \frac{a_j}{i} + 0{,}5 \right\rfloor \cdot i$. При использовании последнего достигаются гораздо лучшие результаты K>1,9 , которые лежат в двух диапазонах: $i \in [26;33]$ и $i \in [36;41]$. Оптимальным является значение K=1,939 при i = 39.

Метод линейных преобразований

В предыдущем методе коэффициенты сжимались в i раз, подвергались усечению и восстанавливались обратно, а потом уже сохранялись в памяти. В отличие от предыдущего метода в этом они будут сохраняться сразу же после усечения, но так как они сохраняются в дискретную память ЭВМ, необходимо использование функции «целая часть», то есть $a'_j = \left\lfloor \frac{a_j}{i} \right\rfloor$. Таким образом, значения коэффициентов будут значительно меньше (по абсолютной величине), чем в предыдущем подходе, и их сохранение требует выделения меньшего числа бит памяти. За счет этого происходит выигрыш в объеме памяти. В процедуре синтеза изображения преобразованные коэффициенты a'_j восстанавливаются увеличением в i раз: $a''_j = a'_j \cdot i$, и в даль-

нейшем используется именно a_j''. В [8] было показано, что использование линейных преобразований приводит к меньшим потерям по сравнению с использованием операции прореживания значений.

Как говорилось выше, применение функции округления должно снизить «ущерб» от усиления дискретизации коэффициентов таким методом, то есть $a_j' = \left\lfloor \frac{a_j}{i} + 0{,}5 \right\rfloor$. Напомним, что значения коэффициентов a_j могут принимать и отрицательные значения. Для сохранения в память ЭВМ всегда рекомендуется иметь положительные значения. Эту дилемму можно решить, добавив перед сохранением к значениям a_j некоторое положительное число *m*, где *m* может быть $m = \left|\min\left(a_j\right)\right|$, или для ускорения вычислений можно заметить, что наиболее возможное значение $a_j = -128$, следовательно, $m = \left\lfloor \frac{128}{i} \right\rfloor$.

Таким образом, мы получаем преобразование в случае анализа $a_j' = \left\lfloor \frac{a_j}{i} \right\rfloor + m$ и в случае синтеза $a_j'' = \left(a_j' - m\right) \cdot i$. Также имеет место аналогичная версия с применением округления. При этом преобразовании критерий качества *K* приближается к 2. При обработке изображения стоит обратить внимание на значения *K*>1,8, когда $i \in [14;21]$, для преобразований, не использующих округление (наибольшие значения *K*=1,838 при *i* = 15). Преобразования с использованием округления дают наибольшие результаты в диапазоне $i \in [16;41]$, в которых *K*>1,91 (оптимальное значение *K*=1,974 при *i* = 24). Из графика (см. рис. 2) можно увидеть, что перевод значений коэффициентов в положительную область дает выигрыш в качестве и делает их использование на ЭВМ более благоприятным, так как на их хранение можно отводить от 4 до 5 бит на каждую из компонент.

Модальный метод

В [5] было продемонстрировано, насколько использование метода медианной дискретизации палитры цветов оказывается более выигрышным по сравнению с методом равномерных интервалов (которыми в частном случае являются методы, описанные выше). Дальнейшим развитием этого метода стал модальный метод [7], обобщенный на многомерный случай. Этот метод можно применить и над набором всплесковых коэффициентов, так как они какой-то мере также образуют изображение. Стоит только абстрагировать данный подход на множество рациональных чисел. В таком случае необходимо построить дискретный ряд распределения, частоты которого будут играть роль весовых коэффициентов δ_j для чисел a_j, и отсортировать его по убыванию этой частоты. На следующем этапе применяем итерационный подход модального метода, описанный в [7].

При реализации этого подхода в процедуру модального преобразования подавались все 3 компоненты в совокупности, и значения всплесковых коэффициентов рассматривались как трехмерные величины, что позволило достичь результата K > 2 и распределения в 12 бит на весь трехкомпонентный цветовой набор. В итоге это позволило убрать статистически редко встречающиеся коэффициенты и заменить их на более близкие и часто встречающиеся.

В итоге мы получаем раскоррелированный дискретный ряд с уже вычисленными частотами для величин, что дает нам дополнительный выигрыш в производительности при кодировании методом Хаффмана.

За счет этого метода получен алгоритм, который автоматически подсказывает пользователю оптимальное соотношение качества и коэффициента сжатия.

Список литературы

1. Cohen A., Daubechies I., Feauveau J.-C. Biorthogonal bases of compactly supported wavelets // Comm. Pure Appl. Math. 1992. Vol. 45, № 5. P. 485–560.

2. Mallat S., Falzon F. Understanding Image Transform Code // Proceedings of the SPIE Aerospace Conference. Orlando, 1997.

3. Tian Jun. The Mathematical Theory and Applications of Biorthogonal Coifman Wavelet Systems. Texas: Houston, 1996. 104 p.

4. Wei D., Pai H.-T., Bovik A.C. Antisymmetric biorthogonal coiflets for image coding. Preprint, 1998.

5. Крыжевич Л.С. Снижение спектральной избыточности в изображении // Современные методы теории функций и смежные проблемы: материалы Воронежской зимней математической школы. Дополнительный выпуск. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2011. С. 26–27.

6. Крыжевич Л.С. Использование пакетов всплесков в теории сжатия изображений // Математика и ее приложения в современной науке и практике: сб. науч. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов, 5–6 апреля 2012 г. / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2012. С. 139–144.

7. Крыжевич Л. С. Адаптивный метод многомерной группировки для снижения спектральной избыточности в изображении // Воронежская зимняя математическая школа С. Г. Крейна – 2012: матер. междунар. конф. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2012. С. 119–121.

8. Крыжевич Л.С. Оптимизация уровня потерь при преобразовании пространств // Современные проблемы теории функций и их приложения: матер. 16-й Сарат. зимней школы. Саратов: ООО «Изд-во «Научная книга», 2012. С. 102–103.

Получено 19.07.12.

L.S. Kryzhevich, Teacher of department of mathematical analysis and applied mathematics, Kursk State University (e-mail: leonid@programist.ru)

V.G. Dovbnya, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: vit_georg@mail.ru)

APPROACHES TO IMAGE PROCESSING OF COMPACTLY SUPPORTED BIORTHOGONAL WAVELET

This article deals with criteria of estimations of quality of compressed image depending on compression coefficient. Different methods of thresholding of wavelet coefficients.

Key words: *quality, compression, wavelet, coefficient.*

УДК: 681.518; 004.896.

В.С. Титов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: titov-kstu@rambler.ru)

А.Л. Беломестная, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: SonYa84anna@yandex.ru)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННЫМ СОСТОЯНИЕМ СТАНКА

Рассмотрена проблема увеличения температурных деформаций при высокоскоростной обработке деталей. Приведены алгоритмы нечетко-логического вывода и обучения автоматизированной системы управления термодеформационным состоянием станка, использование которых позволяет существенно увеличить точность и надежность обработки заготовок.

Ключевые слова: *нечеткая логика, нечётко-логический вывод, термодеформация.*

***

Введение

Современные темпы производства требуют от промышленного оборудования постоянного увеличения объема выпускаемой продукции, что становится возможно за счет использования методов высокоскоростной обработки. Данное решение, как показали исследования, приводит к увеличению температурных деформаций, вызывающих нежелательное перемещение исполнительных механизмов прецизионного оборудования с ЧПУ до 90-100 мкм. Это составляет до 70% общей погрешности при обработке деталей, приводящей к отклонению геометрической формы заготовок от заданной: появлению шероховатостей, конусности, бочкообразности, седлообразности и т.д. [1].

Для достижения заданной точности при механообработке необходимо оснащать станки автоматизированными системами управления температурными деформациями, важным фактором при разработке которых является то, что в процессе её разработки возникает задача поддержания величины смещения исполнительных механизмов оборудования с ЧПУ на заданном уровне с учетом варьирования динамических характеристик станка в режиме реального времени.

Величина температурных деформаций (ΔT) напрямую связана с временем работы станка t и температурной характеристикой T в диапазоне начальных температур станка от 20ºС до 25ºС (рис. 1).

В существующих системах управления температурными деформациями при изменении режимов работы станка на фиксированной температуре T происходит варьирование температурных перемещений δ на 25%. То есть традиционные системы по показаниям только одних термосенсоров не способны обеспечить требуемую точность обрабатываемых изделий [2].

Перспективным решением данной проблемы является использование теории нечеткой логики, позволяющей для каждой технологической операции оценить температурные деформации в виде нечетких величин. При этом основными параметрами термостабилизации являются подача, скорость и сила резания [3, 4].

Нечетко-логический вывод в автоматизированной системе управления термодеформационным состоянием станка

Для компенсации температурных деформаций и увеличения точности обработки деталей разработана автоматизированная система управления станком с функцией обучения.

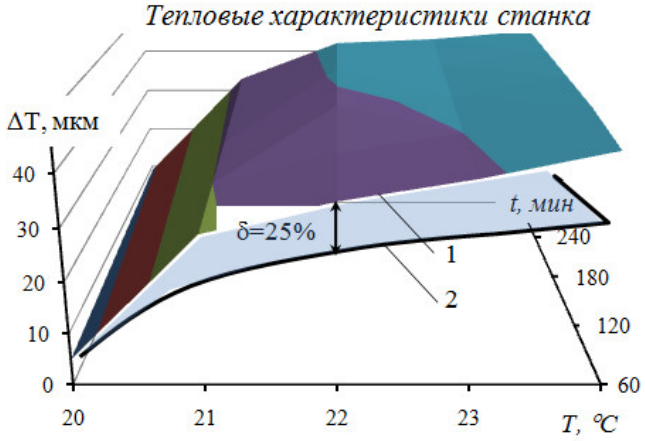


Рис. 1. Динамика изменения температурных деформаций станка:
1 – непрерывный; 2 – ступенчатое изменение частоты

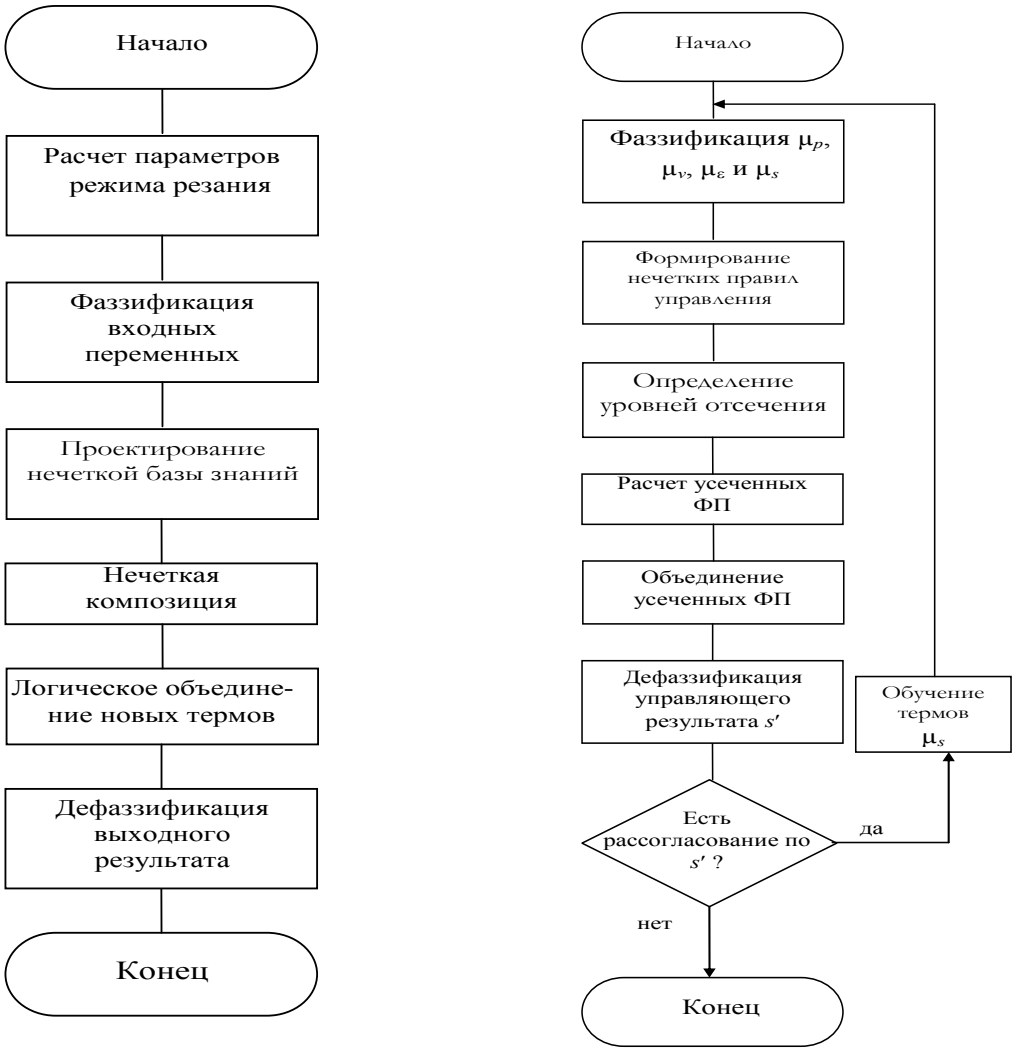
Принцип работы следующий. При вращении детали и прохождении резца по её поверхности возникают тепловые процессы, при этом величина температурной погрешности ΔT контролируется датчиком температуры, а также наблюдается смещение шпинделя на величину ΔT.

Для стабилизации тепловых режимов, то есть перемещения режущего инструмента на величину температурной деформации ΔT, предлагается использовать нечеткий контроллер (НК), преобразующий входные данные с датчиков в выходной сигнал коррекции на основе нечеткого-логического вывода (НЛВ) по алгоритму, представленному на рисунке 2, *а*.

При этом фаззификация входных переменных описывается выражением [5]

$$\begin{aligned} P &= \{< p,\ \mu(p) >\}, \\ V &= \{< v,\ \mu(v) >\}, \\ \varepsilon &= \{< \varepsilon,\ \mu(\varepsilon) >\}, \\ S &= \{< s,\ \mu(s) >\}, \end{aligned} \qquad (1)$$

где $\mu(p) \rightarrow [0, 1]$ – степень истинности ФП силы резания; $\mu(v) \rightarrow [0, 1]$ – степень истинности ФП скорости резания; $\mu(\varepsilon) \rightarrow \rightarrow [0, 1]$ – степень истинности ФП суммарного значения возмущающих воздействий; $\mu(s) \rightarrow [0, 1]$ – степень истинности ФП подачи.



а) *б)*

Рис. 2. Алгоритмы работы АСУТС станка

Нечеткая композиция представлена в виде

$$\begin{aligned}
&\mu'(s)_1 = \min\{\max(b_{10}); \mu(s)_1\},\\
&\mu'(s)_2 = \min\{\max(b_{11}, b_{13}, b_{17}, b_{24}); \mu(s)_2\}\ ,\\
&\mu'(s)_3 = \min\{\max(b_9, b_{12}, b_{14}, b_{21}, b_{23}, b_{27}); \mu(s)_3\},\\
&\mu'(s)_4 = \\
&= \min\{\max(b_6, b_8, b_{15}, b_{16}, b_{18}, b_{19}, b_{22}, b_{26}); \mu(s)_4\},\\
&\mu'(s)_5 = \min\{\max(b_3, b_5\ , b_7,\ b_{17}, b_{20}, b_{25}); \mu(s)_5\},\\
&\mu'(s)_6 = \min\{\max(b_2, b_4); \mu(s)_6\},\\
&\mu'(s)_7 = \min\{\max(b_1);\ \mu(s)_7\},
\end{aligned} \tag{2}$$

где $b_{i=1..n}$ – вектор алгебраического произведения фаззифицированных входных величин, n = 27 – количество правил управления (ПУ).

Логическое объединение новых термов

$$\begin{aligned}
&S' = \{< s_{1..7},\ \mu'(s)_{1..7} >\} =\\
&= \{< s_1, \mu'(s)_1 >\} \cup \{< s_2, \mu'(s)_2 >\} \cup\\
&\cup \{< s_3, \mu'(s)_3 >\} \cup \{< s_4, \mu'(s)_4 >\} \cup\\
&\cup \{< s_5, \mu'(s)_5 > \cup \{< s_6, \mu'(s)_6 >\} \cup\\
&\cup \{< s_7, \mu'(s)_7 >\}\ .
\end{aligned} \tag{3}$$

Дефаззификация выходного результата [6]

$$y^* = \frac{\sum_{j=1}^{m} M_j}{\sum_{j=1}^{m} П_j}.$$

Обучение автоматизированной системы управления термодеформационным состоянием станка

Из-за наличия случайных факторов, влияющих на технологическую систему СПИД, автоматизированная система управления термодеформационным состоянием станка нуждается в обучении [7]. В качестве алгоритма обучения используется градиентный метод, основанный на минимизации среднего квадратического отклонения текущего значения. Алгоритм обучения системы представлен на рисунке 2, *б*.

Пусть система управления задана двумя НПУ:

НПУ1: ЕСЛИ «а есть A_1» И «б есть $Б_1$» И «в есть B_1»ТО «z есть Z_1»,

НПУ2: ЕСЛИ «а есть A_2» И «б есть $Б_2$» И «в есть B_2»ТО «z есть Z_2».

Степени истинности для каждой из предпосылки НПУ определятся

$\alpha_1 = \min(\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13})$;

$\alpha_2 = \min(\alpha_{21}, \alpha_{22}, \alpha_{23})$.

В упрощенном алгоритме НЛВ частные выходы имеют четкие численные значения. При этом выходное значение определится

$$y = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}{\alpha_1 + \alpha_2}. \tag{6}$$

Для обучения системы используется формула [9, 10]

$$z_{i+1} := z_i - \nu(y - y_{зад}). \tag{7}$$

В процессе обучения АСУТС станка происходит формирования новых термов функции принадлежности выходного параметра, до тех пор пока получаемое значение не будет равно заданному числу $y = y_{зад}$.

Использование данных алгоритмов в системе управления позволяет увеличить точность и надежность обработки. Была проведена обработка детали без использования и с использованием вышеописанных алгоритмов. Этот эксперимент показал, что абсолютная погрешность при обработке без использованием вышеописанных математических моделей составит 0,004548, а с использованием - 0,001082, то есть точность обработки увеличивается на 18%.

Надежность обработки тоже существенно увеличивается, так как при обычной обработке вероятность отказа равна 0,04, а при обработке с автоматизирован-

ной системой управления термодеформационным состоянием станка – 0,02.

Заключение

В статье рассмотрены алгоритмы нечетко-логического вывода и его обучения, использование которых позволяет сделать вывод о том, что автоматизированная система управления термодеформационным состоянием станка существенно повышает качество обработки деталей.

Список литературы

1. Бобырь М.В., Титов В.С., Анциферов А.В. Алгоритм высокоскоростной обработки деталей на основе нечеткой логики // Мехатроника, Автоматизация, Управление. 2012. № 6. С. 21–26.

2. Алферов В.И. Температурные поля, деформации и температуроустойчивость систем СПИД и металлорежущих станков // Инженерный журнал (с приложением). 2006. № 10. С. 11–14.

3. Кайнер Г.Б. Проблемы повышения точности оценки температурных деформаций прецизионных деталей и соединений // Измерительная техника. 2008. № 3. С. 15–18.

4. Пат. 2458773 Рос. Федерация, МПК7 B23Q 15/013. Устройство управления подачей при токарной обработке деталей на оборудовании с ЧПУ / Титов В.С., Бобырь М.В., Локтионов А.П., Беломестная А.Л.; заявитель и патентообладатель Юго-Зап. гос. ун-т. № 2010143053/02; заявл. 20.10.10; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 23. 18 с.

5. Стародубов В.С. Температурные деформации станков с ЧПУ, способы их снижения и коррекции // Вестник машиностроения. 2008. № 2. С. 48–53.

6. Оценка достоверности при моделировании нечетко-логических систем / М.В. Бобырь, В.С. Титов, П.В. Глобин, Н.А. Милостная // Промышленные АСУ и контроллеры. 2012. № 7. С. 32–38.

7. Бабанин В.В. Алгоритм нахождения температурного состояния поршня и его термоупругих деформаций // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технические науки». 2010. № 1. С. 246–253.

8. Бобырь М.В., Титов В.С., Беломестная А.Л. Интеллектуальная система управления температурными деформациями при резании // Автоматизация и современные технологии. 2011. № 5. С. 3–7.

9. Бобырь М.В. Методы построения функций принадлежностей для нечетких баз знаний // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 2. С. 27–33.

10. Серков Н.А. Основные направления повышения точности металлорежущих станков // Проблемы и автоматизация машиностроения. 2010. № 2. С. 26–35.

Получено 20.07.12.

V.S. Titov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: titov-kstu@rambler.ru)

A.L.Belomestnaya, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: SonYa84anna@yandex.ru)

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE THERMODEFORMATION CONDITION OF THE MACHINE

The algorithm of formalization of mathematical model of an indistinct and logic conclusion and mathematical model of the training which use in an automated control system for a thermodeformation condition of the machine allows to increase accuracy of processing of preparations is given.

Key words: *indistinct logic, indistinct and logic conclusion, training.*

УДК 621

В.В. Серебровский, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: sv1111@mail.ru)

В.И. Серебровский, д-р техн. наук, профессор, Курская государственнная сельскохозяйственная академия

Е.В. Павлова, инженер, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712) 52-38-29; e-mail: arheya@mail.ru)

С.А. Богомолов, системный администратор, центр интерактивного дистанционного образования, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712) 75-28-25)

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА ЛЕГИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ МОЛИБДЕНА

Приведены экспериментальные данные по твердости, усталостной прочности и износостойкости двухкомпонентного железомолибденового гальванического покрытия. Показано, что введение в электролитическое железо 1% Mo повышает его твердость и износостойкость в 1,5–2 раза, что приближает железные покрытия по эксплуатационным характеристикам к закаленным среднеуглеродистым сталям.

Ключевые слова: *гальваническое покрытие, электроосаждение, асимметричный ток.*

***

Нанесение гальванических покрытий на поверхности стальных деталей является одним из эффективных методов устранения износа. Этот метод весьма экономичен, так как гальванические покрытия получаются из водных растворов дешевых солей металлов, минуя дорогостоящие и длительные пирометаллургические процессы. Кроме того, покрытие непосредственно во время процесса электролиза приобретает необходимые эксплуатационные свойства и по большей части не требует дополнительной упрочняющей обработки. При гальваническом методе имеется возможность точно регулировать толщину покрытий и в широком диапазоне изменять их свойства.

В этой связи значительный интерес представляет осаждение не только чистого железа, но и сплавов на его основе. Одними из наиболее эффективных элементов с точки зрения повышения прочности гальванических осадков является молибден [1]. Однако исследованию условий электроосаждения, а также исследованию механических и служебных свойств электролитических сплавов *железо–молибден* посвящено очень небольшое количество работ, причем сведения, имеющиеся в этих работах, зачастую носят противоречивый характер.

Нами исследованы особенности электроосаждения двухкомпонентных сплавов *железо–молибден* на переменном асимметричном токе из хлоридных электролитов. Основу этих электролитов составлял раствор хлорида железа 300 г/л и соляной кислоты 1,0–1,5 г/л. Для получения легированных осадков в основной раствор добавляли молибдат аммония, а также комплексообразующую добавку – лимонную кислоту [2].

При определении условий электролиза, обеспечивающих получение износостойких покрытий, применяли планирование эксперимента по методу латинского квадрата. В качестве независимых факторов были приняты: показатель асимметрии тока (β), плотность катодного тока ($Д_к$), концентрация легирующей соли ($C_{л.с.}$), температура электролита (t). Эти факторы, согласно плану эксперимента, варьировались на пяти уровнях (табл.).

Значения уровней первичных факторов

Название факторам	Обозначение фактора	Уровни первичных факторов				
		1	2	3	4	5
1. Коэффициент асимметрии	β	3	4	5	6	7
2. Плотность катодного тока	$Д_к$	20	30	40	50	60
3. Концентрация молибдата аммония, г/л	$C_{л.с.}$	0,2	0,5	0,8	1,1	1,4
4. Кислотность электролита	*pH*	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
5. Концентрация лимонной кислоты, г/л	$C_л$	2	3	4	5	6
6. Температура электролита, °С	*t*	20	30	40	50	60

В качестве критерия оптимизации при исследовании принята износостойкость покрытия, которая является одной из наиболее важных при оценке качества восстановленных деталей.

Испытания по определению величины износа образцов с двухкомпонентными гальваническими покрытиями производились на машине трения СМЦ-2 по схеме «вращающийся ролик–колодка» в условиях граничного трения (в зону трения подавалось моторное масло М10Ги с помощью фитиля). Контрольными образцами служили колодки из серого чугуна СЧ18 и бронзы БрС30. Площадь контакта составляла 2 $см^2$, приработка производилась до стабилизации момента трения и температуры. Длительность испытания составляла 20 мин (2000 циклов), износ определялся по потере массы образца (ролика). Обработка результатов эксперимента проводилась путем группировки данных по значениям каждого фактора, причем все прочие факторы усреднялись. Таким образом, результаты опыта обусловливались изменением только одного фактора при средних значениях остальных.

Наиболее износостойкие железомолибденовые покрытия получены при следующих условиях электроосаждения: показатель асимметрии – 6; катодная плотность тока – 40 $А/дм^2$; температура электролита – +40°С, кислотность электролита pH – 0,8–1,0; концентрация лимонной кислоты – 4,5 $кг/м^3$; концентрация молибдата аммония – 0,6–1,0 $кг/м^3$. Оптимальная концентрация хлорида железа 350–400 $кг/м^3$ [2].

Результаты сравнительных испытаний показали, что износостойкость железомолибденовых покрытий к стали 45 составила 176 % при трении в паре с чугуном и 194 % в паре с бронзой.

При трении без смазки железомолибденовые покрытия превосходят износостойкость железных покрытий в 1,87–1,95 раза.

Металлографические исследования выявили, что электролитические железомолибденовые покрытия имеют ярко выраженную слоистую структуру (рис.). Толщина слоев достигает нескольких десятков и даже сотен микрометров. Причиной образования слоистой структуры покрытий, по-видимому, является периодическое защелачивание прикатодного пространства и, соответственно, периодическая кристаллизация гидрооксида железа.

Термообработка сплавов до температуры 400°С приводит к практическому исчезновению слоистости, но на микротвердость и износостойкость покрытий заметного влияния не оказывает.

Mo = 0,5% Mo = 1,0% Mo = 1,5%

Рис. Микроструктуры электроосажденных сплавов железо-молибден (× 450)

Таким образом, приведенный эксперимент показывает, что двухкомпонентные железомолибденовые сплавы вполне могут быть использованы для восстановления изношенных деталей, тем более, что они обладают более высокой износостойкостью, чем электролитическое железо.

2. Пат. 2174163 Российская Федерация, МПК[7] C25D 3/56, C25D 5/18. Способ электролитического осаждения сплава железо-молибден / Серебровский В.И. [и др.]; заявитель и патентообладатель Курск. гос. сельскохоз. академия им. проф. И.И. Иванова. № 20001044387/02; заявл. 22.02.2000; опубл. 27.09.2001.

---

1. Гудремон Э. Специальные стали. М.: Металлургия, 1966. Т. 1. 376 с.

Получено 20.07.12.

V.V. Serebrovskii, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 52-38-29)

V.I. Serebrovskii, Doctor of Sciences, Professor, Kursk Agricultural Academy

E.V. Pavlova, Engineer of chair of informatics and applied mathematics, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 52-38-29; e-mail: arheya@mail.ru)

S.A. Bogomolov, System Administrator, Center of interactive remote education, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 75-28-25)

INCREASE OF DURABILITY OF ELECTROLYTIC IRON BY ALLOYING ADDITIVES OF MOLYBDENUM

Experimental data on hardness, fatigue durability and wear resistance of a two-componental iron-molybdenum galvanic covering are given. It is shown, what introduction in electrolytic iron of 1% of Mo increases its hardness and wear resistance in 1,5–2 times that approaches iron coverings according to operational characteristics to tempered medium-carbon steels.

Key words: *galvanic covering, electrosedimentation, asymmetric current.*

УДК 004.932.2

С.Ю. Мирошниченко, канд. техн. наук, старший преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: oldguy7@rambler.ru)

ВЫДЕЛЕНИЕ ТЕНЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТ ОБЪЕКТОВ МЕСТНОСТИ НА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ (ЧАСТЬ 1)

Разработан метод выделения теней объектов местности, позволяющий повысить точность формирования тематических слоев электронных карт ГИС на основе аэрокосмических изображений и обеспечивающий автоматическое определение высот соответствующих объектов.

Ключевые слова: *геоинформационные системы, аэрокосмические изображения, автоматическая векторизация, тени объектов, пространственное дифференцирование, функция Гаусса, кластеризация.*

***

Современный этап развития технологий геоинформационных систем (ГИС) характеризуется возможностью решения широкого спектра задач, возникающих в различных сферах деятельности человека [1], что обусловливает необходимость поддержания в актуальном состоянии их информационной основы – банка электронных карт (ЭК) местности. Решение данной задачи предполагает как создание новых ЭК, так и обновление существующих с использованием различных источников информации: географических и топографических карт, кадастровых документов, а также наземных, авиационных и космических снимков [2]. Очевидно, что последние содержат наиболее актуальную и полную информацию об изображенном участке местности, достаточную для построения основных тематических слоев ЭК.

Автоматизированное построение тематических слоев ЭК по цифровому авиационному или космическому изображению земной поверхности основано на использовании различных методов обработки растровых изображений (контурных, кластерных, частотных), обеспечивающих локализацию и построение векторных представлений объектов местности [3]. Однако применение указанных методов на аэрокосмических изображениях сопряжено с трудностями, вызванными их избыточной информативностью и, в частности, наличием теней объектов. При использовании контурных, кластерных или частотных методов обработки тени формируют ложные объекты за счет значительного различия яркости тени и окружающего фона и, как следствие, присутствия резкого перепада яркости на границе тени с фоном и объектом. Однако, несмотря на негативную роль при автоматизированной векторизации, тени при известном азимуте и угле места Солнца позволяют определить высоты соответствующих им объектов местности.

Следовательно, актуальной является задача локализации теней объектов местности на аэрокосмическом изображении для устранения их негативного влияния на точность формируемых тематических слоев ЭК и автоматического определения высот объектов местности.

В первой части статьи рассмотрены свойства теней антропогенных и естественных объектов, для оценки положений которых предложена модификация первой производной функции Гаусса, ориентированная в направлении солнечного освещения участка местности на изображении.

Тень объекта на аэрокосмическом изображении $I = f(x, y)$, $x = \overline{1, M}$, $y = \overline{1, N}$ представляет собой область $S_i^{(s)}$, примыкающую к объекту местности (рис. 1, *а*, *б*) и обладающую однородной внутренней структурой (изменения яркости в ее пределах, как правило, незначительны)

$$S_i^{(s)} = s_i^{(s)}(x, y),\ S_i^{(s)} \in I. \qquad (1)$$

Как видно из рис. 1, *а,* область тени искусственного объекта $S_i^{(s)}$ обладает меньшей средней яркостью по сравнению с самим объектом S_i и окружающим фоном:

$$\overline{f\left(S_i^{(s)}\right)} < \overline{f\left(S_i\right)},\ \overline{f\left(S_i^{(s)}\right)} < \overline{f\left(S_i^{(b)}\right)}, \qquad (2)$$

где $S_i^{(b)}$ – область фона, непосредственно примыкающая к области тени $S_i^{(s)}$.

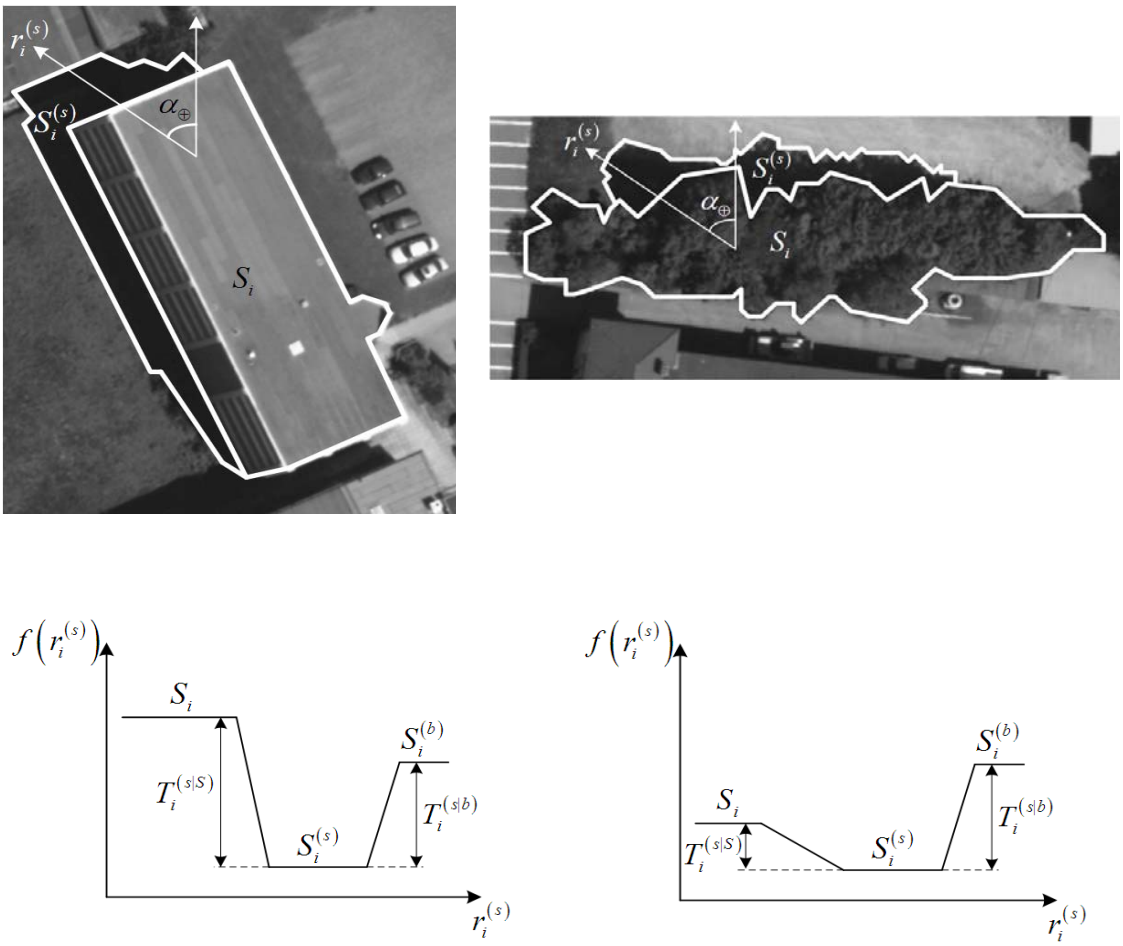


Рис. 1. Тени искусственных и природных объектов

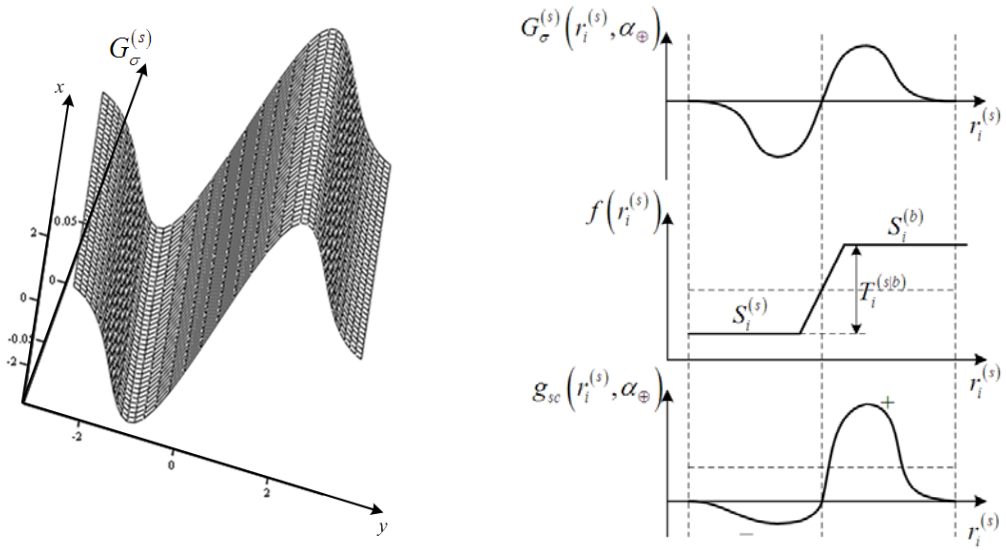


Рис. 2. Двумерная дифференциальная функция Гаусса
для оценки положений теней объектов местности

Модули разностей средних яркостей тени и объекта $T_i^{(s|S)}$, а также тени и фона $T_i^{(s|b)}$ для искусственного объекта эквивалентны, и их соотношение для конкретного объекта зависит от отражательных свойств объекта и фона:

$$T_i^{(s|S)} \equiv T_i^{(s|b)},$$
$$T_i^{(s|S)} = \left| \overline{f\left(S_i^{(s)}\right)} - \overline{f\left(S_i\right)} \right|, \quad (3)$$
$$T_i^{(s|b)} = \left| \overline{f\left(S_i^{(s)}\right)} - \overline{f\left(S_i^{(b)}\right)} \right|.$$

Срез функции яркости изображения I яркости вдоль вектора $r_i^{(s)}$ (рис. 1, *а*), проведенного под углом $\alpha_\oplus$ к нулевому азимуту и пересекающего границы объекта с тенью и тени с фоном, представлен на рис. 1, *в*.

Для природных объектов (например, группы деревьев на рис. 1, *б*) также выполняется условие (2), однако значения $T_i^{(s|S)}$ и $T_i^{(s|b)}$ неэквивалентны (условие (3) не выполняется), поскольку среднее значение яркости объекта S_i незначительно превосходит яркость тени $S_i^{(s)}$ (рис. 1, *г*). Из рис. 1, *г* видно, что перепад яркости на границе природного объекта с его тенью является плавным и обладает меньшим значением модуля градиента по сравнению с границей тени с фоном.

Следовательно, характерным признаком наличия тени объекта любого типа является перепад яркости на границе тени с фоном. Используя данный признак, производится оценка положений теней объектов местности с использованием направленной двумерной дифференциальной функции Гаусса $G_\sigma^{(s)}(\bullet)$ (рис. 2, *а*), повернутой на угол, равный азимуту Солнца $\alpha_\oplus$:

$$G_\sigma^{(s)}\left(x, y, \alpha_\oplus\right) = \frac{-\left(x\sin\left(\alpha_\oplus - \frac{\pi}{2}\right) - y\cos\left(\alpha_\oplus - \frac{\pi}{2}\right)\right)}{2\pi\sigma_s^{\,4}} \times$$
$$\times e^{\frac{\left(y\cos\left(\alpha_\oplus - \frac{\pi}{2}\right)\right)^2 - \left(x\sin\left(\alpha_\oplus - \frac{\pi}{2}\right)\right)^2}{2\sigma_s^{\,2}}} \quad (4)$$

где σ_s – полуширина функции Гаусса $G_\sigma^{(s)}(\bullet)$, которая определяет протяженность перепада функции яркости, производящего наибольший по модулю отклик функции $G_\sigma^{(s)}(\bullet)$.

Для оценки положения теней объектов исходное аэрокосмическое изображение I подвергается свертке с функцией (4), в результате чего формируется дифференциальное изображение $G_{sc}(\alpha_\oplus)$ (рис. 3), на котором локальные максимумы отклика функции $G_\sigma^{(s)}(\bullet)$ в направлении солнечного освещения соответствуют границам теней объектов с фоном:

$$G_{sc}(\alpha_\oplus) = \sum_{y^{(i)}=1}^{N}\sum_{y^{(i)}=1}^{M} G_\sigma^{(s)}\left(x^{(i)} - x, y^{(i)} - y, \alpha_\oplus\right) \cdot f\left(x^{(i)}, y^{(i)}\right),$$
$$x = [1, K],\ y = [1, N]. \quad (5)$$

Применение функции (4) обусловлено тем, что она обеспечивает локальный максимальный положительный отклик при положении центра оси симметрии $G_\sigma^{(s)}(\bullet)$ (одномерный пример приведен на рис. 2, *б*) на границе тени с фоном (рис. 2, *в*) за счет ослабления влияния на отклик ее отрицательной части низким значением яркости в области тени (рис. 2, *г*).

В случае если азимут Солнца $\alpha_\oplus$ неизвестен, его определение производится с помощью преобразования Радона [4], которое заключается в построении фазовой развертки в диапазоне $[0, 2\pi]$ интегральных откликов $R^{(s)}(\varphi)$ функции (4) по всему изображению I:

$$R^{(s)}(\varphi) = \sum_{y=1}^{N}\sum_{x=1}^{M} g_{sc}(x, y, \varphi),\ \varphi \in [0, 2\pi]. \quad (6)$$

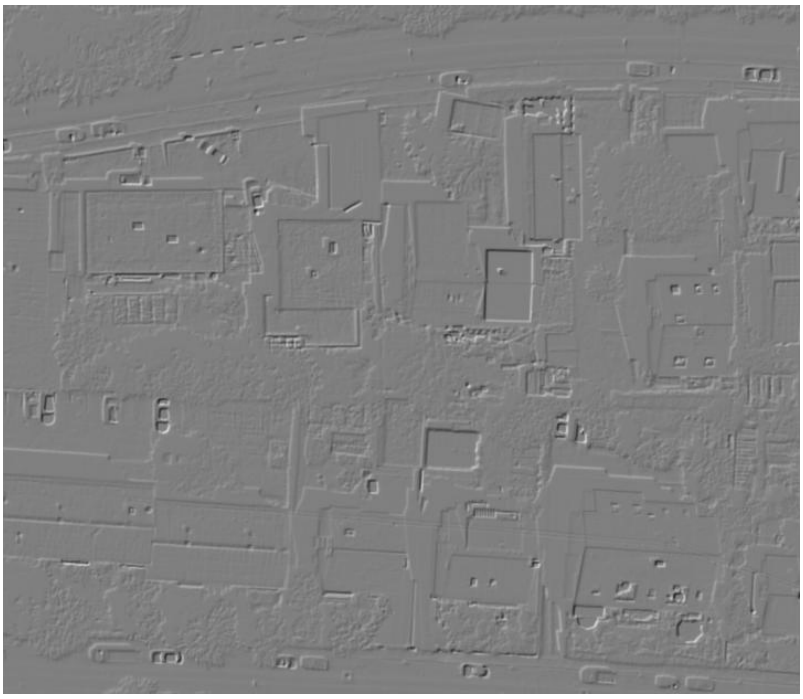


Рис. 3. Результат оценки положений теней объектов

За счет присутствия большого количества теней на аэрокосмическом изображении максимальный интегральный положительный отклик $R^{(s)}(\varphi)$ (6) будет получен в направлении отбрасывания тенями объектами, т.е. при $\varphi = \alpha_{\oplus}$.

Список литературы

1. Андрианов Д. Е. Геоинформационные системы: исследование, анализ и разработка. М.: Государственный научный центр Российской Федерации. ВНИИгеосистем, 2004. 184 с.

2. Мартыненко А.И. Информатика и электронная Земля: фундаментальные научные проблемы // Системы и средства информатики. Вып. 11. М.: ИПИ РАН, 2001. С. 94–112.

3. Miroshnichenko S.Yu. Buildings and Structures Preliminary Identification on Aerospace Images Using Edges Detection with Local Scale Estimation // Proceedings of the 9-th International Conference «Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies» (Nizhni Novgorod) 2008. Vol. 2. P. 51–52.

4. Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.:Техносфера, 2006. 1072 с.

Получено 24.07.12.

S.Yu. Miroshnichenko, Candidate of Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: oldguy7@rambler.ru)

DETECTION OF SHADES FOR GEOSPATIAL OBJECTS' HEIGHTS DETERMINATION ON AEROSPACE IMAGES

The method for geospatial objects' shades detection is developed. The method allows to increase a precision of GIS digital maps' thematic layers creation process using aerospace images and provides automatic heights definition of corresponding objects.

Key words: *geographic information systems, aerospace images, automatic vectorization, objects' shades, spatial differentiation, Gauss function, clustering.*

УДК 681.3

А.Ф. Рыбочкин, д-р техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: Anat_ryboch@mail.ru),

Мохсен Шамсан, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: Shamsan84@mail.ru)

ДВОИЧНОЕ КОДИРОВАНИЕ ОБРАЗОВ СПЕКТРОВ ПРИ АНАЛИЗЕ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ

Показана возможность кодировать двоичными кодами образы спектров, приведены выражения перевода двоичных кодов в уровни образов спектров, а также две возможности кодирования. Первая: уровни образов спектров различаются и могут быть одинаковыми в различных сочетаниях. При втором варианте кодирования показана возможность выделить пропорциональные десятичные числа, что позволяет при диагностических кодовых сообщениях вычислять средний код, который может характеризовать состояние пчелиной семьи.

Ключевые слова: *акустический шум, образы спектров, двоичные коды, узкополосные фильтры.*

***

В ходе исследований акустического шума пчелиных семей с использованием спектрального анализа установлено, что спектр характеризуется общими формами, т.е. образами, которые можно кодировать. Такой вариант кодирования образов спектров существенно повышает устойчивость выдаваемой информации, так как не приходится анализировать бесчисленные вариации спектров [1, 2, 3].

Возможны варианты формирования образов спектров, когда интенсивные составляющие отличаются друг от друга по величине и когда интенсивные составляющие образа спектра могут быть равными в различных сочетаниях.

Рассмотрим вариант, когда интенсивные составляющие образов спектров имеют разные уровни. Используем четыре интенсивные составляющие n=4, которые можно выделить с применением четырёх узкополосных фильтров, установленных на наиболее информативных частотах анализируемого частотного диапазона. Кодирование осуществляется путём сочетательного сравнения уровней образа спектра по правилу: «Если уровень первой интенсивной составляющей больше уровня второй интенсивной составляющей, то кодируется двоичной единицей, если наоборот, то ноль и т.д., аналогично анализируются остальные интенсивные составляющие образа спектра».

При сочетательном попарном сравнении этих интенсивных составляющих на выходе кодирующего устройства наблюдаются шестиразрядные коды $C_4^2 = 6$:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 & a_6 \end{pmatrix}, \qquad (1)$$

где верхняя строка – номера разрядов наблюдаемого кода; $a_1 - a_6$ – двоичные числа.

Для определения уровней образов спектров по наблюдаемым шестиразрядным двоичным кодам из пространства $n!$ применим следующее выражение:

$$\begin{aligned} i_1 &= (a_1 + a_2 + a_3) + 1; \\ i_2 &= (a_4 + a_5) + 2 \ \text{при} \ a_1 = 0, \\ &\quad (a_4 + a_5) + 1 \ \text{при} \ a_1 = 1; \\ i_3 &= (\overline{a_4} + a_6) + 2 \ \text{при} \ a_2 = 0, \\ &\quad (\overline{a_4} + a_6) + 1 \ \text{при} \ a_2 = 1; \\ i_4 &= (\overline{a_5} + \overline{a_6}) + 2 \ \text{при} \ a_3 = 0, \\ &\quad (\overline{a_5} + \overline{a_6}) + 1 \ \text{при} \ a_3 = 1. \end{aligned} \qquad (2)$$

Любое число образов спектров для любого количества интенсивных составляющих n можно определить согласно выражению

$$i_1 = \left(\sum_{j=1}^{n-1} a_j \right) + 1;$$

$$i_2 = \begin{cases} \left(\sum_{j=n}^{2(n-1)-1} a_j \right) + 2, & a_1 = 0, \\ \left(\sum_{j=n}^{2(n-1)-1} a_j \right) + 1, & a_1 = 1; \end{cases} \qquad (3)$$

$$i_3 = \begin{cases} \left(\overline{a_n} + \sum_{j=2(n-1)}^{3(n-2)} a_j \right) + 2, & a_2 = 0, \\ \left(\overline{a_n} + \sum_{j=2(n-1)}^{3(n-2)} a_j \right) + 1, & a_2 = 1; \end{cases}$$

$$\textit{при} \quad n = 4 \quad i_4 = \begin{cases} \left(\overline{a_{n+1}} + \overline{a_{2(n-1)}} \right), & a_3 = 0, \\ \left(\overline{a_{n+1}} + \overline{a_{2(n-1)}} \right), & a_3 = 1; \end{cases}$$

$$\textit{при} \quad n \rhd 4 \quad i_4 = \begin{cases} \left(\overline{a_{n+1}} + \overline{a_{2(n-1)}} + \sum_{j=3(n-2)+1}^{4(n-2)-2} a_j \right), & a_3 = 0, \\ \left(\overline{a_{n+1}} + \overline{a_{2(n-1)}} + \sum_{j=3(n-2)+1}^{4(n-2)-2} a_j \right), & a_3 = 1; \end{cases}$$

.....

$$i_{n-2} = \begin{cases} \overline{a_{2(n-1)-3}} + \overline{a_{3(n-2)-2}} + ... + \overline{a_{(C_n^2)-8}} + \overline{a_{(C_n^2)-5}} + ... + \sum_{(C_n^2)-2}^{(C_n^2)-1} a_j, & a_{n-3} = 0, \\ \overline{a_{2(n-1)-3}} + \overline{a_{3(n-2)-2}} + ... + \overline{a_{(C_n^2)-8}} + \overline{a_{(C_n^2)-5}} + ... + \sum_{(C_n^2)-2}^{(C_n^2)-1} a_j, & a_{n-3} = 1; \end{cases}$$

$$i_{n-1} = \begin{cases} \overline{a_{2(n-1)-2}} + \overline{a_{3(n-2)-1}} + ... + \overline{a_{(C_n^2)-4}} + \overline{a_{(C_n^2)-2}} + ... + a_{C_n^2}, & a_{n-2} = 0, \\ \overline{a_{2(n-1)-2}} + \overline{a_{3(n-2)-1}} + ... + \overline{a_{(C_n^2)-4}} + \overline{a_{(C_n^2)-2}} + ... + a_{C_n^2}, & a_{n-2} = 1; \end{cases}$$

$$i_n = \begin{cases} \left(\overline{a_{2(n-1)-1}} + \overline{a_{3(n-2)}} + ... + \overline{a_{(C_n^2)-1}} + \overline{a_{C_n^2}} \right), & a_{n-1} = 0, \\ \left(\overline{a_{2(n-1)-1}} + \overline{a_{3(n-2)}} + ... + \overline{a_{(C_n^2)-1}} + \overline{a_{C_n^2}} \right), & a_{n-1} = 1. \end{cases}$$

Из пространства $2^{C_n^2} - n!$ уровни образов спектров с применением выражений (2) и (3) определить нельзя.

При втором варианте кодирования уровни образов спектров при использовании четырёх интенсивных составляющих (4) определяем по считанным восьмиразрядным двоичным кодам с использованием выражения:

$$\begin{pmatrix} 1\,2\,3\,4 \\ i_1 i_2 i_3 i_4 \end{pmatrix}, \qquad (4)$$

где верхний ряд чисел в скобке представляет номера интенсивностей образа спектра или номера узкополосных частотных

фильтров, а $i_1 - i_4$ показывают номера уровней:

$$\begin{gathered} i_1 = (a_1 + a_2) + 1,\ при\ \ a_2 = 0, \\ (a_1 + a_2) + 2,\ при\ \ a_2 = 1; \\ i_2 = (a_3 + a_4) + 1,\ при\ \ a_4 = 0, \\ (a_3 + a_4) + 2,\ при\ \ a_4 = 1; \\ i_3 = (a_5 + a_6) + 1,\ при\ \ a_6 = 0, \\ (a_5 + a_6) + 2,\ при\ \ a_6 = 1; \\ i_4 = (a_7 + a_8) + 1,\ при\ \ a_8 = 0, \\ (a_{71} + a_8) + 2,\ при\ \ a_8 = 1. \end{gathered} \quad (5)$$

Для анализа акустического шума пчелиных семей можно применить образы спектров из пространств.

Образы спектров для различных размерностей:

$$4^4 = (2^2)^4 = 2^8,\ 8^8 = (2^3)^8 = 2^{24},$$
$$16^{16} = (2^4)^{16} = 2^{64},\ 32^{32} = (2^5)^{32} = 2^{160},$$
$$64^{64} = (2^6)^{64} = 2^{384},\ 128^{128} = (2^7)^{128} = 2^{896}.$$

При практической реализации акустический шум регистрируется микрофоном, затем усиливается в выбранном частотном диапазоне, фильтруется 4-мя, 8-ю, и т.д. (кратным двум) узкополосными частотными фильтрами. Отфильтрованные сигналы детектируются, величины их оцифровываются с применением АЦП. Для четырёх узкополосных частотных фильтров количество образов спектров составит 4^4 =256, что соответствует 2^8 количеству восьмиразрядных двоичных кодов.

Для восьми узкополосных частотных фильтров количество образов спектров составит 8^8, уровни их определяются с использованием выражения (6).

Набор кодовых сообщений характеризует состояние диагностируемой пчелиной семьи. Чтобы характеризовать состояние пчелиной семьи, в процессе анализа кодовых сообщений требуется вычислять среднее значение кода. Образы спектров с четырьмя интенсивными составляющими имеют кодовые аналоги, полученные как при сочетательном сравнении уровней, при шестиразрядном двоичном кодировании из пространства 4! Также эти образы спектров имеют кодовые аналоги, входящие в пространство двоичных кодов 2^8 при восьмиразрядном двоичном кодировании. При первоначальном кодировании вычислять средний код с прежней кодировкой десятичных чисел некорректно, так как наблюдается их непропорциональность.

$$\begin{gathered} i_1 = (a_1 + a_2 + a_3) + 1,\ a_1 = 0;\ a_2 = 0, \\ (a_1 + a_2 + a_3) + 2,\ a_1 = 0;\ a_2 = 1, \\ (a_1 + a_2 + a_3) + 4,\ a_1 = 1;\ a_2 = 0, \\ (a_1 + a_2 + a_3) + 5,\ a_1 = 1;\ a_2 = 1; \\ i_2 = (a_4 + a_5 + a_6) + 1,\ a_4 = 0;\ a_5 = 0, \\ (a_4 + a_5 + a_6) + 2,\ a_4 = 0;\ a_5 = 1, \\ (a_4 + a_5 + a_6) + 4,\ a_4 = 1;\ a_5 = 0, \\ (a_4 + a_5 + a_6) + 5,\ a_4 = 1;\ a_5 = 1; \\ i_3 = (a_7 + a_8 + a_9) + 1,\ a_7 = 0;\ a_8 = 0, \\ (a_7 + a_8 + a_9) + 2,\ a_7 = 0;\ a_8 = 1, \\ (a_7 + a_8 + a_9) + 4,\ a_7 = 1;\ a_8 = 0, \\ (a_7 + a_8 + a_9) + 5,\ a_7 = 1;\ a_8 = 1; \\ i_4 = (a_{10} + a_{11} + a_{12}) + 1,\ a_{10} = 0;\ a_{11} = 0, \\ (a_{10} + a_{11} + a_{12}) + 2,\ a_{10} = 0;\ a_{11} = 1, \\ (a_{10} + a_{11} + a_{12}) + 4,\ a_{10} = 1;\ a_{11} = 0, \\ (a_{10} + a_{11} + a_{12}) + 5,\ a_{10} = 1;\ a_{11} = 1; \\ i_5 = (a_{13} + a_{14} + a_{15}) + 1,\ a_{13} = 0;\ a_{14} = 0, \\ (a_{13} + a_{14} + a_{15}) + 2,\ a_{13} = 0;\ a_{14} = 1, \\ (a_{13} + a_{14} + a_{15}) + 4,\ a_{13} = 1;\ a_{14} = 0, \\ (a_{13} + a_{14} + a_{15}) + 5,\ a_{13} = 1;\ a_{14} = 1; \\ i_6 = (a_{16} + a_{17} + a_{18}) + 1,\ a_{16} = 0;\ a_{17} = 0, \\ (a_{16} + a_{17} + a_{18}) + 2,\ a_{16} = 0;\ a_{17} = 1, \\ (a_{16} + a_{17} + a_{18}) + 4,\ a_{16} = 1;\ a_{17} = 0, \\ (a_{16} + a_{17} + a_{18}) + 5,\ a_{16} = 1;\ a_{17} = 1; \\ i_7 = (a_{19} + a_{20} + a_{21}) + 1,\ a_{19} = 0;\ a_{20} = 0, \\ (a_{19} + a_{20} + a_{21}) + 2,\ a_{19} = 0;\ a_{20} = 1, \\ (a_{19} + a_{20} + a_{21}) + 4,\ a_{19} = 1;\ a_{20} = 0, \\ (a_{19} + a_{20} + a_{21}) + 5,\ a_{19} = 1;\ a_{20} = 1; \end{gathered}$$

$$
\begin{aligned}
i_8 = (a_{22} + a_{23} + a_{24}) + 1,\ a_{22} = 0;\ a_{23} = 0,\\
(a_{22} + a_{23} + a_{24}) + 2,\ a_{22} = 0;\ a_{23} = 1,\\
(a_{22} + a_{23} + a_{24}) + 4,\ a_{22} = 1;\ a_{23} = 0,\\
(a_{22} + a_{23} + a_{24}) + 5,\ a_{22} = 1;\ a_{23} = 1.
\end{aligned} \quad (6)
$$

Пропорциональность соблюдается при втором варианте кодирования, в котором помимо образов спектров, имеющих одинаковые уровни, имеются образы спектров с разными уровнями в количестве 4!, которые ранжируем в порядке возрастания.

Такое упорядочивание кодов и их числовых десятичных значений позволит применять пропорциональный код для вычисления среднего кода, получаемых кодовых сообщений при первом варианте кодирования.

Ранжируемые десятичные числа, образы спектров, взятые из пространства 4^4, и их двоичные коды из пространства 4! при первоначальном кодировании:

$27 \to 1234 \to 000000,\ 75 \to 2134 \to 100000,$

$135 \to 3124 \to 110000,\ 198 \to 4123 \to 111000,$

$30 \to 1243 \to 000001,\ 78 \to 2143 \to 100001,$

$141 \to 3142 \to 101001,\ 201 \to 4132 \to 111991,$

$39 \to 1324 \to 000100,\ 99 \to 2314 \to 010100,$

$147 \to 3214 \to 110100,\ 210 \to 4213 \to 111100,$

$45 \to 1342 \to 000011,\ 108 \to 2341 \to 001011,$

$156 \to 3241 \to 101011,\ 216 \to 4231 \to 111011,$

$54 \to 1423 \to 000110,\ 114 \to 2413 \to 010110,$

$177 \to 3412 \to 011110,\ 225 \to 4312 \to 111110,$

$57 \to 1432 \to 000111,\ 120 \to 2431 \to 001111,$

$180 \to 3421 \to 011111,\ 228 \to 4321 \to 111111.$

Таким образом, использование различных вариантов кодирования образов спектров при анализе акустического шума (на примере пчелиных семей) позволяет использовать различные аппаратные и программные реализации, что позволяет расширить информационные возможности систем диагностирования по акустическому шуму.

Список литературы

1. Рыбочкин А.Ф., Захаров И.С. Системный анализ акустических сигналов с использованием кодовых сообщений. Курск, 2009. 400 с.

2. Рыбочкин А.Ф., Яковлев А.И., Мохсен Шамсан. Повышение информативности сообщения при анализе акустических сигналов пчелиных семей // Биотехносфера. 2011. № 5–6. С. 17–18.

3. Пат. 2443982 Рос. Федерация. Способ диагностики состояний пчелиных семей по их акустическому шуму / Рыбочкин А.Ф., Праведникова С.В. Опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.

Получено 24.07.12.

A.F. Rybochkin, Doctor of Sciences, Lecturer, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Anat_ryboch@mail.ru),

Mohsen Shamsan, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Shamsan84@mail.ru)

BINARY CODING OF SPECTRA IMAGES AT THE ANALYSIS OF ACOUSTIC NOISE

There are possibility to code of spectra images by binary codes is shown, translation expressions of binary codes in levels of spectra images are resulted, two coding possibilities are resulted: levels of spectra images differ, levels of spectra images can be identical in various combinations. At the second coding case possibility to allocate proportional decimal numbers that allows to calculate at diagnostic code messages an average code which can characterise a condition of a bee family is shown.

Key words: *acoustic noise, spectra images, binary codes, narrow-band filters.*

УДК 002.338 004.056

М.О. Таныгин, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: kzis@kzis.org)

А.А. Липунов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: lipunov@lenta.ru)

Е.С. Савенкова, студентка, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: savenkova230891@yandex.ru)

СИСТЕМЫ УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ КАК ЧАСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ УНИВЕРСИТЕТА

В статье освещаются вопросы возможности реализации инноваций в образовании посредством активного использования современных информационных технологий. Уделяется внимание проблемам информатизации университетов, рассматриваются системы учета рабочего времени в контексте комплексных систем информатизации.

Ключевые слова: *комплексные системы защиты информации, информатизация университета, системы учета рабочего времени.*

***

Современный мир – мир информационных технологий. На данном этапе развития нашего общества многие традиционные ресурсы утрачивают свое первоначальное значение. На смену им приходит новый ресурс, называемый информацией. Жизнь любой структуры, будь то предприятие, государственное учреждение, учебное заведение, банк, фирма, компания и.т.д. – в значительной степени зависит от того, насколько эффективно функционируют автоматизированные системы и системы передачи информации, насколько надежно защищены ее информационные ресурсы.

Во всем мире серьезные организации уделяют особое внимание системам автоматизации и управления. Сегодня просто невозможно представить работу большинства успешных российских предприятий без комплексной информационной системы поддержки. Но как ни странно, в список организаций, имеющих единые информационные комплексы, почти не попадают наши университеты и ВУЗы. Очевидно, что реализация инноваций в образовании сегодня невозможна без самого активного использования информационных технологий. Решение проблемы управления является комплексной задачей, а одна из существенных ее составляющих — наличие единой интегрированной информационной системы безопасности и управления учебным заведением, когда принятие решений строится на основе полной и достоверной информации [2].

Между тем подготовка высококвалифицированных специалистов является необходимым условием развития современной экономики – экономики технологий и знаний. В таком контексте существует острая необходимость создания единой интегрированной информационной системы университета.

Университеты, высшие учебные заведения во многих странах мира были и остаются научными центрами, где разрабатываются и внедряются самые передовые, инновационные технологии. Студенты, будучи наиболее активной частью молодежи, с энтузиазмом участвуют в инновационных проектах. Многие из широко используемых в настоящее время телекоммуникационных и информационных технологий, программных продуктов, аппаратных решений, прототипов стандартов и протоколов были разработаны, впервые испытаны и внедрены именно в университетских лабораториях и научных центрах. В связи с этим можно отметить, что разработка информационной системы университета, и в частности системы защиты объектов информатиза-

ции для высших учебных заведений, направлена на решение таких важнейших целевых задач, как:

- повышение качества и эффективности образовательных услуг;
- достижение «прозрачности» управления учебным процессом, в том числе административно-хозяйственного управления;
- поддержка научно-исследовательской деятельности ВУЗа;
- организация системы адресной социальной помощи.

В основе системного подхода к автоматизации учебных заведений лежит:

- применение комплексных решений, обеспечивающих сквозную автоматизацию деятельности ВУЗа и наиболее эффективное вложение средств на этапе построения информационной системы и гарантирующих минимизацию стоимости владения на этапе эксплуатации и развития системы;
- использование тех инновационных технологий и решений, которые прошли апробацию на практике, стали фактически стандартными при реализации различных приложений;
- открытость и адаптивность решения, возможность его расширения, развития новых прикладных систем на базе различных технологий;
- надежность работы системы, безопасность, защита конфиденциальной информации [3].

Преимущества комплексной информационной системы для ВУЗов выражаются в следующих положениях: ВУЗ функционирует в рамках жестких регламентов, определяемых министерством. Государственному ВУЗу устанавливается план приема по специальностям, определяется в лицензии предельная численность студентов и утверждаются государственные образовательные стандарты (образовательные программы и др.). Все виды деятельности подлежат обязательной государственной сертификации. Можно выделить следующие основные процессы деятельности ВУЗа:

- управление учебным процессом;
- управление персоналом;
- управление научными исследованиями и грантами;
- организационное управление;
- финансовое планирование и бухгалтерский учет;
- административно-хозяйственная деятельность.

С помощью единой информационной системы можно автоматизировать все перечисленные процессы, а также:

- управленческий документооборот и делопроизводство;
- контроль и управление доступом на территорию и в помещения ВУЗа;
- безналичные расчеты за товары и услуги и учет предоставленных услуг;
- контроль, учет, прием и выдачу литературы в библиотеке и многие другие функции.

Пользователями комплексной информационной системы являются студенты, преподаватели, администрация и все сотрудники ВУЗа.

Основные преимущества системы:

- использование многофункциональных смарт-карт, причем решение может быть интегрировано с системами банковских и социальных карт, реализованных или находящихся в процессе реализации на территории России;
- возможность интеграции с другим программным обеспечением и системами, уже используемыми в ВУЗе;
- большая гибкость решения в целом и его компонент, позволяющая адаптировать их под требования ВУЗа.

Таким образом, реализация данной интегрированной информационной системы позволит значительно повысить эффективность управления учебным заведением и ускорить обмен информацией в современных условиях, когда от скоро-

сти реагирования на изменяющиеся события и времени принятия решений зависит успешное развитие любого проекта.

ВУЗ является обладателем значительных информационных ресурсов различных видов и типов. Значимость этих ресурсов чрезвычайно высока, и поэтому существует необходимость постоянно удерживать их в сохранности, т.е. возрастает потребность защиты этих ресурсов от влияния всевозможных непредсказуемых факторов. Проблема обеспечения информационной безопасности на всех уровнях может быть решена успешно только в том случае, если создана и функционирует комплексная система защиты информации. Концепция комплексного обеспечения защиты информации на объекте представляет собой сложную систему [1]. В данной работе остановимся подробнее на системах учета рабочего времени (СУРВ) применительно к комплексной системе защиты ВУЗа.

СУРВ – это программно-аппаратный комплекс, для учета, контроля и оценки эффективности и качества работы в рабочее время персонала организации. СУРВ – необходимый инструмент для построения максимально эффективной работы всех сотрудников организации, данная система применяется для быстрой регистрации времени прихода и ухода сотрудников с работы. Система ведет учет общего количества отработанных часов каждым сотрудником, также проводит учет командировок, отгулов, больничных, отпусков. В любой момент система позволяет получать отчеты по всем перечисленным параметрам и составлять табель рабочего времени.

Реализация СУРВ достигается несколькими вариантами. Существует карточная СУРВ. Устанавливаются специальные считывающие устройства и котроллеры управления. При этом карты могут быть самых различных типов и форматов, на них наносится индивидуальный ID-код или графическая информация об истинном владельце карточки с атрибутикой организации (по желанию клиента). Бесконтактная карта доступа выдается каждому работнику индивидуально, владельцем каждой карты может быть только один человек, область считывания доходит до 50 см в зависимости от считывателя и типа карт. Карточки всего персонала записываются и хранятся в специальном контроллере. Для исключения возможности обмена и передачи карт в персонале среди сотрудников считыватели устанавливаются по обе стороны двери. Запоминание события (в котором часу сотрудник прошел и куда направляется) и считывание карты происходит при поднесении бесконтактной карты к считывателю. Электрический сигнал подается на электромеханический замок в момент считывания, и проход открывается, затем закрывается через пару секунд, таким образом доступ получает только один обладатель карточки. Электронная проходная или турникет также может служить исполнительным устройством. Как правило, ПО учета рабочего времени разрабатывается и поставляется вместе с устройством считывания, оно содержит базовые функции, которые позволяют просмотреть рабочую историю, проследить за передвижением конкретных работников за определённый промежуток времени. Установка дополнительного программного пакета обычно требуется для создания бухгалтерской документации и отчетности учета рабочего времени персонала организации. Также существует биометрическая СУРВ, на которую стоит обратить внимание и которая имеет такие же функции карточной СУРВ, но отличается в способе идентификации пользователя. В биометрической системе идентификация сотрудника происходит при помощи индивидуальных биометри-

ческих особенностей каждого человека (сетчатка глаза, отпечаток пальца), поэтому практически полностью исключается возможность подмены (воспользовавшись картой коллеги, пользователь не сможет выдать себя за него). Таким образом, абсолютно исключается доступ в ВУЗ посторонних лиц по чужим электронным картам, положительным моментом также является снятие данной функции контроля со службы охраны ВУЗа, рациональность данного процесса не вызывает сомнений, т.к., еще раз подчеркнем, автоматический контроль позволяет исключить человеческий фактор [4].

СУРВ решает следующие задачи:

- возможность ведения подробной документации и отчетности по каждому работнику;
- автоматический учет времени прихода и ухода работников;
- заработная плата начисляется с учетом рабочего времени персонала;
- формирование отчетности по разным параметрам;
- оценка качества и эффективности персонала;
- упрощается ведение рабочей документации и отчетности.

В любой момент по запросу система предоставляет отчет по всем вышеперечисленным параметрам. Внедрение СУРВ позволит минимизировать потери, которые связаны с прогулами, опозданиями, несанкционированными уходами, а полученная таким образом экономия позволит достаточно быстро покрыть затраты на установку соответствующего оборудования и программного обеспечения. Эта система позволит вести контроль сотрудников и студентов университета, обеспечит руководство учебного заведения оперативной информацией о наличии или отсутствии на рабочем месте сотрудников, а также студентов на занятиях, учет будет вестись автоматически, что в разы позволит повысить эффективность контроля учебного процесса. Таким образом, с помощью СУРВ ВУЗ в данном случае имеет возможность полностью контролировать безопасность своей структуры.

Руководство всех ВУЗов заинтересовано в повышении эффективности учебного процесса, а также дисциплинированности своих студентов, аспирантов и всех сотрудников университета, в этом случае люди будут максимально вовлечены в учебный и трудовой процесс и будут использовать весь свой интеллектуальный ресурс. Это поможет существенно повысить эффективность и престиж учебного заведения. Внедрение проекта позволит в значительной мере ускорить обмен информацией в университете, снизить затраты рабочего времени на действия, напрямую не относящиеся к должностным обязанностям. При использовании приложения для защиты информации и разграничения доступа средств операционной системы и дополнительных программно-аппаратных средств возможно в значительной мере повысить уровень безопасности информации, то есть сократить число людей, способных нанести ущерб информационной структуре ВУЗа.

Таким образом, реализовав проект, можно значительно уменьшить затраты рабочего времени на организационные вопросы, а следовательно, повысить эффективность образовательной и научно-исследовательской деятельности университета.

Список литературы

1. Липунов А.А., Савенкова Е.С. Разработка системы комплексной защиты объектов информатизации в ГОУ ВПО «ЮЗГУ» // Региональные проблемы обеспечения информационной безопасности и защиты персональных данных:

матер. IV регион. науч.-практ. конф. / под ред. В.И. Аверченкова. Брянск: Изд-во БГТУ, 2012. С. 33–36.

2. Стрельцов А.А. Обеспечение информационной безопасности России. Теоретические и методологические основы: учебник. М.: МЦНМО, 2002. 230 с.

3. Завгородний В.И. Комплексная защита информации в компьютерных системах: учеб. пособие. М.: Логос, 2001. 264 с.: ил.

4. Безбогов А.А., Яковлев А.В., Шамкин В.Н. Методы и средства защиты компьютерной информации: учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2006. 196 с.

Получено 25.07.12

M.O. Tanygin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kzis@kzis.org)

A.A. Lipunov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: lipunov@lenta.ru)

Y.S. Savenkova, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: savenkova230891@yandex.ru)

THE SYSTEM OF ACCOUNTING OF WORKING TIME AS PART OF A COMPREHENSIVE SYSTEM OF UNIVERSITY INFORMATIZATION

The article highlights the issues of possibility of implementation of innovations in education through the active use of modern information technologies. Attention is paid to the problems of Informatization of the University, discusses the system of accounting of working time in the context of complex systems of informatization.

Key words: *complex systems of protection of the information, Informatization of the University, a system of accounting of working time.*

УДК 681.5.01

Р.А. Томакова, канд. техн. наук, доцент, докторант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail tomakova@rambler.ru)

МЕТОД ОБРАБОТКИ СЛОЖНОСЕГМЕНТИРУЕМЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСЛОЙНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРОВ

В статье предложен новый способ выделения границ сложносегментируемых изображений посредством многослойных морфологических операторов. Приведен вывод решающих правил для формирования многослойных изображений.

Ключевые слова: *сегментация изображений, морфологические операторы, решающие правила, составной структурообразующий элемент, многослойные морфологические операторы.*

***

Реальные растровые изображения, получаемые с ПЗС-матриц видеокамер, могут содержать затененные и засвеченные участки. В результате получаются плохо структурируемые изображения, разбиение которого на сегменты является неоднозначной задачей. В этом случае для повышения качества сегментации целесообразно использовать технологии выделения сегментов, основанные на моделировании процессов сегментации, реализующихся в зрительном анализаторе человека.

Основной задачей при классификации изображений и принятия решений на ее основе является сегментация. Наиболее распространенными способами сегментации являются пороговая обработка [1], которая может проводиться над исходным полутоновым изображением или над изображением, полученным после градиентной обработки.

Несмотря на простоту технической реализации таких способов обработки, при их практической реализации возникает проблема выбора порога (порогов) дискриминации, на основе которого полутоновое изображение преобразуется в бинарное [2, 3].

Эта проблема акцентируется в случае сегментации изображений, когда на границе двух сегментов осуществляется не резкий переход от одного распределения яркостей к другому, а постепенный переход. В этом случае в образовавшейся переходной области характер яркостных характеристик пикселей не является стационарным, поэтому переходную область весьма сложно представить в виде дополнительного сегмента. В связи с этим целесообразно ввести локальный оператор обработки изображения, работа которого была бы аналогична фильтрующей маске-свертке, позволяющей ликвидировать переходную область за счет присоединения ее пикселей к смежным сегментам или значительно сократить ее размеры. Так как на результаты обработки большое влияние оказывает структура переходной области и вид распределения яркостей пикселей в ней, то целесообразно использовать морфологические операторы.

Для принятия решения по присоединению пикселя переходной области к одной из пограничных областей необходимо руководствоваться определенными решающими правилами. Если решающие правила основаны на моделировании интеллекта человека, то операторы локальной обработки, в которых заложены эти решающие правила, называют интеллектуальными.

Поставленную задачу решаем, используя новый класс морфологических операторов. Как принято в морфологическом анализе, сначала введем морфологический оператор этого класса на бинарном изображении.

Сформируем линейный структурообразующий элемент *B,* характеризующийся тремя параметрами p, θ, N, то есть $B(p,\theta,N)$, где p – координаты центрального элемента структурообразующего элемента, θ – ориентация оси линейного структурообразующего элемента относительно растра изображения, N – число элементов в линейном структурообразующем элементе (N – нечетное число). Отметим, что параметр p является составным параметром и определяет не только координаты центра структурообразующего элемента относительно растра обрабатываемого изображения, но и правило определения центра структурного элемента.

В результате наложения структурообразующего элемента B_θ^p с центром в пикселе, определяемом параметром p, на изображение F получим множество

$$D_\theta{}^p = F \bigcup B_\theta^p \mid \forall d_i \in D_\theta^p, \quad d_i = \sup D_\theta^p, \;\; i = 1,\ldots,N. \tag{1}$$

На рисунке 1, *в* показано изображение, представленное на рисунке 1, *а*, после обработки морфологическим оператором (1) при $\theta = 1$ (рис. 1, *б*).

Символом □ отмечены элементы исходного изображения, которые переходят из состояния 0 в состояние 1. Особенность преобразования (1) состоит в том, что переходы из 0 в 1 могут быть многократными. На рисунке 1, *г* имеются элементы, которые перешли из состояния 0 в состояние 1 в результате морфологической обработки, помеченные символом ▣. Это обозначение соответствует двукратному переходу элемента из состояния 0 в состояние 1, то есть операцию перехода этого элемента реализовали два оператора B_p, имеющие различное значение параметра p.

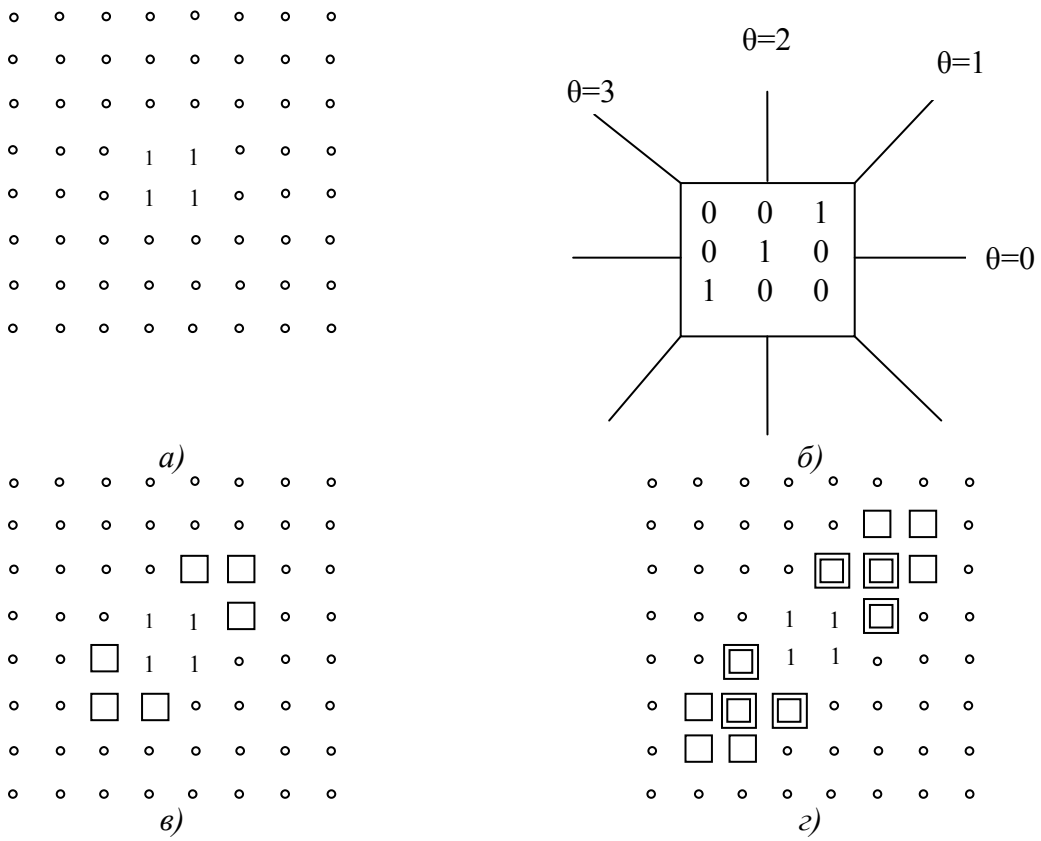


Рис. 1. Примеры изображений, полученные с помощью оператора (1) и оператора «дилатация», имеющего такой же структурообразующий элемент, что и оператор (1): *а* – исходное изображение *F*; *б* – структурообразующий элемент B (p, 1, 3); *в* – результат операции дилатации со структурообразующим элементом Bp; *г* – результат работы морфологического оператора (1): □ – элементы, перемещенные из состояния 0 в состояние 1 в результате работы морфологического оператора (1)

Таким образом, вводится новый атрибут пикселя, а именно кратность перехода из состояния 0 в состояние 1 или наоборот. Очевидно, что этот атрибут будут иметь только те пиксели, состояние (атрибут яркости) которых изменилось в результате морфологической обработки. Кратность перехода будем указывать в показателе степени состояния (числа), в которое был выполнен переход в результате морфологической обработки, например 1^1; 1^3; 0^2 и т.п. Чтобы различать кратность перехода в 0 и 1, будем кратности переходов в 0 записывать как отрицательное число, а кратности перехода в 1 как положительные, то есть 1^3, 1^4, 0^{-1}, 0^{-3} и т.д.

Ведем понятие составного структурообразующего элемента.

Определение 1. Составным структурообразующим элементом назовем структурообразующий элемент $\overline{B}$, результат взаимодействия которого с бинарным изображением F вычисляется как

$$F \blacksquare \overline{B} = \bigcup_{\theta}^{R=2} F \blacksquare B(\theta), \quad \theta = 1,\ldots,\Theta; \quad (2)$$

где $\blacksquare$ – символ морфологической операции; θ – параметр линейного структурообразующего оператора; $B(\theta)$ – линейный структурообразующий оператор; Θ – число линейных структурообразующих операторов, входящих в составной структурообразующий оператор, $\bigcup^{R=2}$ – многослойная операция объединения множеств, R – число слоев в многослойной операции объединения множеств.

Определение 2. Многослойным множеством назовем множество, каждый элемент которого имеет несколько атрибутов, над множеством которых могут выполняться морфологические или алгебраические операции как над отдельными множествами.

Определение 3. Многослойную операцию объединения множеств $\bigcup^{R=2}$ определим как операцию над двухслойными множествами типа $\{c_{ij}^m\}$, где $c = 1$ или 0, m – кратность перехода, при этом в слое m осуществляется операция алгебраического сложения $m_{ij} = m_{ij1} + m_{ij2}$, а в слое c осуществляется следующая логическая операция:

$$\begin{cases} \hat{c}_{ij} = 1, \ \textit{если} \ \ m > 1; \\ \hat{c}_{ij} = 0, \ \textit{если} \ \ m < 0; \\ \hat{c}_{ij} = c_{ij} \vee c_{ij2}, \ \textit{если} \ \ m = 0, \end{cases} \qquad (3)$$

где $\hat{c}_{ij}$ – новое значение атрибута яркости; c_{ij} – старое значение атрибута яркости.

Аналогично оператору (1) можем ввести морфологический оператор

$$\begin{aligned} &D^p = F \bigcap B^p \mid \forall \ \ d_i \in D^p \\ &d_i = \inf D^p, \ i = 1, \ldots, N. \end{aligned} \qquad (4)$$

Если оператор (4) применить к изображению рис. 1, *а*, то получим двухслойное множество, представленное на рисунке 2, *а*.

Если применить многослойную операцию объединения $\bigcup^{R=2}$ к результатам работы морфологических операторов (1) и (4), представленным на рисунке 1 и рисунке 2, *а*; то получим изображение, показанное на рисунке 2, *б*.

В данном случае значение «1» приняли только те элементы исходного изображения (см. рис. 1, *а*), которые являются участком границы сегментов вдоль направления θ линейного структурообразующего элемента. Нетрудно показать, что если вместо одного структурообразующего элемента $B(\theta)$ использовать четыре ($\theta = 0, \ \theta = 1, \ \theta = 2$ и $\theta = 3$), а затем применить к результатам морфологических операций с этими структурообразующими элементами многослойную операцию объединения, то получим границу сегмента в виде прямоугольника, представленного на рисунке 2, *в*.

Граница описывается множеством G, полученным в результате многослойной операции объединения результатов многослойной операции

$$\begin{aligned} G = \bigcup^{R=4} \Big(&\bigcup^{R=2} G^2(\theta_0); \bigcup^{R=2} G^2(\theta_1); \\ &\bigcup^{R=2} G(\theta_2); \bigcup^{R=2} G(\theta_3) \Big), \end{aligned} \qquad (5)$$

где $G^2(\theta = 0), \ G^2(\theta = 1), \ G^2(\theta = 2), \ G^2(\theta = 3)$ – двухслойные множества, получаемые в результате обработки изображения F морфологическими операторами $B(\theta)$.

Определение 4. Многослойным морфологическим оператором назовем морфологический оператор, в основе которого положен составной структурообразующий элемент и операция многослойного объединения множеств.

Таким образом, составной морфологический оператор включает некоторую последовательность морфологических операций над изображением, причем, вначале эта последовательность морфологических операций осуществляется над одним и тем же исходным изображением. В результате получаем изображения, которые назовем слоями, а затем осуществляются морфологические операции над полученными слоями.

При этом изображения, полученные в результате многослойной морфологической операции, могут использоваться как слои в последующей многослойной морфологической операции.

Приведенный пример выделения границ сегментов на бинарном изображении посредством многослойных морфологических операторов не является наглядным примером эффективности их применения, так как приблизительно такие же результаты могут быть получены посредством градиентных методов.

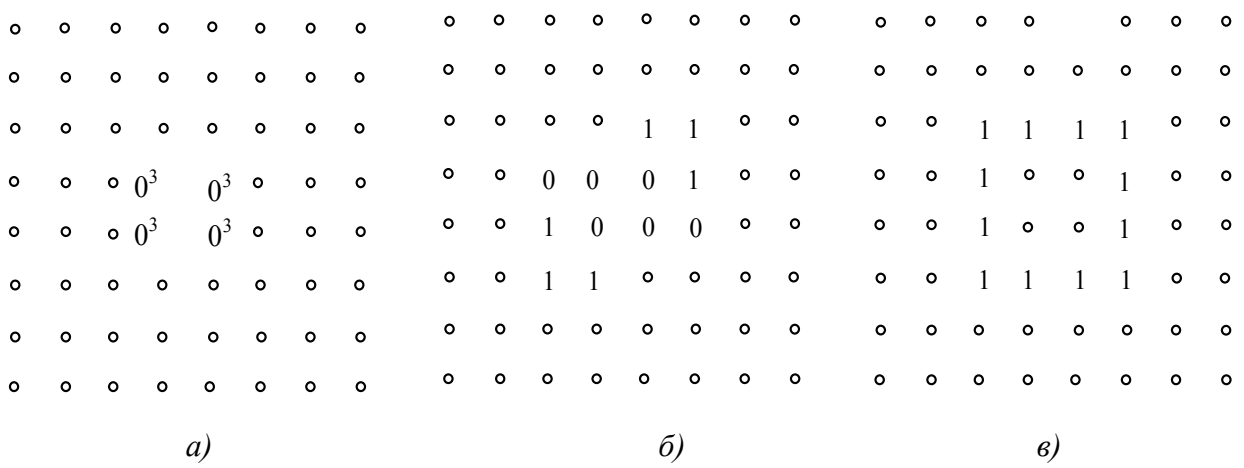


Рис. 2. Двухслойное множество, полученное путем применения к множеству рис. 1, *а* морфологического оператора (4) (*а*); результат морфологической операции $\bigcup^{R=2}$ над множествами рис.1, *г* и рис. 2 (*а*, *б*); граница сегмента (множество G), полученная посредством использования морфологических операторов (1) и (2) и многослойной операции объединения (*в*)

Для решения задачи сегментации изображений с нечеткими границами сегментов используем многослойный морфологический оператор, слои в котором формируются следующим образом. Составной структурообразующий элемент многослойного морфологического оператора формируется из линейных структурообразующих элементов, а в качестве его простейшей реализации может использоваться составной структурообразующий элемент, представленный на рисунке 1, *б*.

При помещении структурообразующего элемента $\overline{B}$ в пиксель бинарного изображения F линейный структурообразующий элемент $B_p(\theta)$, $\theta = \overline{0,\ 3}$ разбивает множество пикселей F на три подмножества:

$$\begin{cases} A1_p^{\theta} = \{F \bigcap B_p(\theta)\ \}; \\ A2_p^{\theta} = \{F \bigcap \{\overline{B_p} \setminus A1_p^{\theta} \bigcup \{\overline{b_p^{qs}}\}\}\}; \\ A3_p^{\theta} = \{F \bigcap \{\overline{B_p} \setminus A1_p^{\theta} \bigcup \{\overline{b_p^{\ell\ k}}\}\}\}, \end{cases} \quad (6)$$

где $N > q,\ s > 1;\ \ s < q;\ \ \ N > \ell,\ k > 1;;$ $k > \ell$.

Подмножество $A1$ – это множество элементов F, которые лежат на структурообразующем элементе $B(\theta)$. Подмножество $A2$ – это множество элементов F, которые лежат выше или левее структурообразующего элемента $B(\theta)$. Подмножество $A3$ – это множество элементов F, которые лежат ниже или правее структурообразующего элемента $B(\theta)$.

Каждый составной структурообразующий элемент дает триаду подмножеств $A1$, $A2$ и $A3$ для каждого значения параметра θ. Таким образом, для каждого значения параметра θ получаем двухслойное множество типа $\{c_{ij}^m\}_\theta$. При этом множество $\{c_{ij}^m\}_\theta$ получают из исходного множества (бинарного изображения F) путем заполнения нулями или единицами подмножеств $A2$ и $A3$. Подмножество $A2$ заполняется нулями, если число нулей в подмножестве $A2$ больше числа единиц, или единицами – в противном случае. Аналогичное правило действует для подмножества $A3$.

Здесь необходимо более подробно остановиться на формировании второго слоя, то есть определения кратности m. В исходном изображении $m = 1$ у всех пикселей, значение которых равно 1, и $m = -1$ у всех пикселей, значение которых равно нулю. При инверсии нуля в единицу или единицы в нуль m прини-

мает значение, равное алгебраической сумме показателей кратности в подмножестве $A2$ или $A3$. Понятно, что если эта сумма равна нулю, то инверсии не происходит. Показатель кратности является атрибутом всех элементов, независимо, инвертируются они или нет. Если пиксель не инвертируется, то его показатель равен единице, если его значение 1, и (-1), если его значение 0. Пиксель может инвертироваться из множеств на одном двухслойном изображении, но не инвертироваться на другом. В этом случае может возникнуть ситуация, когда показатель кратности степеней равен нулю. В этом случае следует придерживаться правила, при котором пиксель остается в исходном состоянии, если его показатель кратности равен нулю. Это соответствует следующим уравнениям:

$$\begin{cases} c_{i\,j} = 1, \ \textit{если} \ \ m > 0; \\ c_{i\,j} = 0, \ \textit{если} \ \ m < 0; \\ c_{i\,j} = c_{i\,j}, \ \textit{если} \ \ m = 0. \end{cases} \qquad (7)$$

Таким образом, каждому линейному структурообразующему элементу θ ставится в соответствие двухслойное множество $\{c_{ij}^m\}_\theta$, размерность которого совпадает с размерностью исходного изображения F.

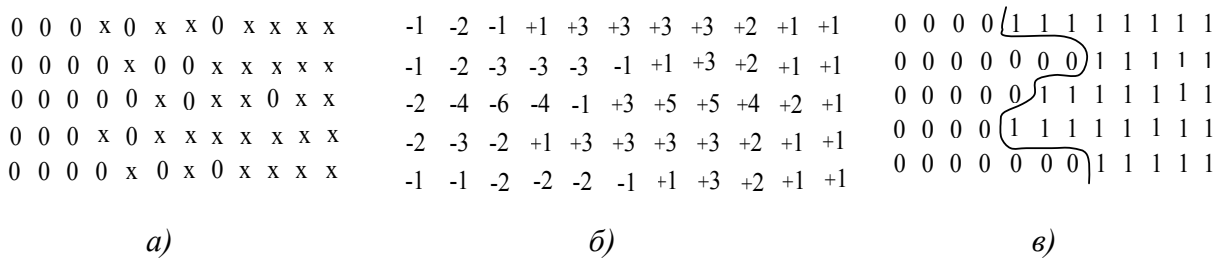
В качестве примера работы предложенных морфологических операторов рассмотрим преобразование сложноструктурируемого бинарного изображения, представленного на рисунке 3, *а*. На рисунке 3, *б* показано два слоя многослойного изображения, полученного в результате использования морфологического оператора, работа которого основана на вышеописанном алгоритме и решающем правиле (5).

Так как изображение бинарное, то это позволяет представить многослойное (двухслойное) изображение в виде одного слоя, используя знак у показателя кратности: если нуль, то показатель кратности – отрицательный; если единица – положительный.

На рисунке 4, *а* показано многослойное изображение, полученное аналогично изображению рисунка 3, *б*, но используя в линейном структурообразующем элементе параметр $\theta = 1$.

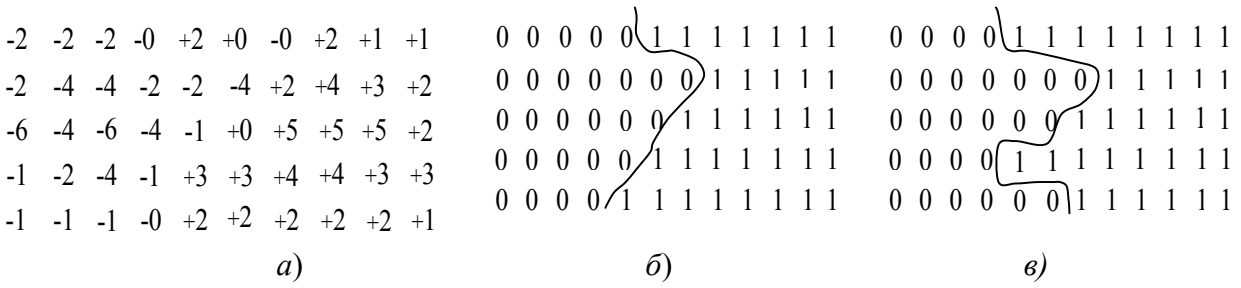
Исследуя модификации границ сегментов, в результате морфологического объединения (они показаны на рис. 3, *в* и рис. 4, *б*) приходим к выводу, что граница сегментов стала четкой.

На рисунке 4, *в* показан результат многослойной операции объединения этих изображений. Критерием четкости границы является выраженность двух мод на гистограмме распределения полутонового изображения. Для бинарного изображения четкость границы определим как отношение пикселей со значением «1», попавших в сегмент «1», к общему числу пикселей в сегменте «1» и отношение пикселей со значением «0», попавших в сегмент «0», к общему числу пикселей в сегменте «0».



а) *б)* *в)*

Рис. 3. Двухслойное изображение, полученное посредством обработки исходного изображения (*а*) морфологическим оператором с линейным структурообразующим элементом $\theta = 0$ (*б*) и его первый слой (*в*) с выделенной границей сегмента



а) *б*) *в)*

Рис. 4. Двухслойное изображение $\{c_{ij}^m\}_0$ (*а*), его сегментация (*б*) согласно решающему правилу (7), изображение, полученное в результате морфологической операции объединения изображений рис. 3, *в* и рис. 4, *б–в*

Таким образом, предложен новый способ сегментации сложносегментируемых изображений, который заключается в выборе составного структурообразующего элемента, а также выводе решающих правил для формирования многослойных изображений. Отличительная особенность предложенного способа заключается в обработке исходного изображения морфологическими операторами, основанными на структурообразующих элементах, которые формируют составной структурообразующий элемент, и в последующем использовании морфологической операции многослойного объединения полученных многослойных изображений.

Дальнейшее усложнение многослойного морфологического оператора ведет к переходу к рекуррентным нейросетевым структурам и распределенным вычислительным сетям.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (контракт № 424).

Список литературы

1. Жук С.В. Обзор современных методов сегментации растровых изображений // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2009. № 6. С. 115–118.

2. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде Matlab. М.: Техносфера, 2006. 616 с.

3. Филист С.А., Томакова Р.А., Горбатенко С.А. Анализ гистологических изображений посредством морфологических операторов, синтезированных на основе преобразования Фурье и нейросетевого моделирования // Биотехносфера. 2010. № 3 (9). С. 54–60.

Получено 25.07.12.

R.A. Tomakova, Candidate of Sciences, Associate Professor, Doctoral Candidate, Southwest State University (Kursk) (e-mail tomakova@rambler.ru)

METHOD OF COMPLEX-STRUCTURED IMAGES PROCESSING WITH THE USE OF MULTI-LAYER MORPHOLOGICAL OPERATORS

The article suggests a new way of allocation of borders of complex-structured images by means of multilayer morphological operators. Shows the output of decision rules for the formation of a multi-layer image.

Key words: *segmentation of images, morphological operators, decision rules, integral structural element of the, multilayer morphological operator.*

УДК 004.272.26

В.П. Добрица, д-р физ.-мат. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: dobritsa@mail.ru)

С.С. Волокитин, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: volokitinss@gmail.com)

П.А. Сапельченков, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: eveyinihiko@gmail.com)

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА НАХОЖДЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ПОДМАТРИЦЫ

В статье представлена параллельная реализация алгоритма нахождения прямоугольной подматрицы с максимальной суммой элементов. Приведены характеристики разработанной программы.

***Ключевые слова**: максимальная подматрица, параллельная программа, Cilk+.*

***

На данный момент в мире существует проблема эффективного нахождения подматрицы с максимальной суммой элементов. Существует много способов решения данной задачи, но все они упираются в ограниченность возможностей ЭВМ. В статье описана возможность реализации параллельного алгоритма как одной из возможностей повышения эффективности программ.

Наиболее очевидный способ нахождения максимальной подматрицы заключается в переборе всевозможных подматриц исходной матрицы, вычислении их сумм и выборе максимальной из них. Сложность такого алгоритма $O(M^2N^2)$, но существуют более эффективные алгоритмы.

Для одномерного случая – поиска максимальной подстроки, наиболее оптимальным является алгоритм Кадане (рис. 1).

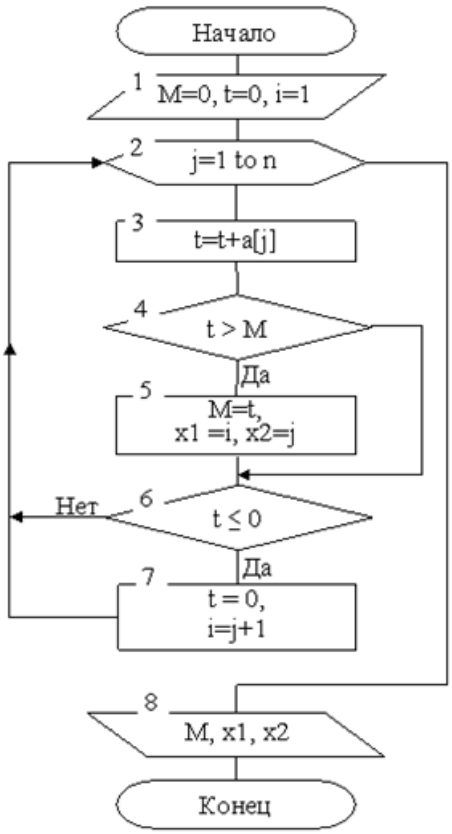


Рис. 1. Блок-схема алгоритма Кадане для одномерного массива

Сложность представленного выше алгоритма – O(N), т.к. выполняется один проход массива в процессе подсчитывания частичных сумм и запоминая границы текущей максимальной подстроки.

Для нахождения максимальной подматрицы в данной работе производился полный перебор всех возможных диапазонов строк (1, 1÷2, 1÷3,…, 1÷m, 2, 2÷3,…, (M-1) ÷M, M). Для каждого диапазона вычислялась сумма элементов в каждом столбце и в полученной строке сумм при помощи алгоритма Кадане определялась максимальная подстрока. Если *n* – это количество столбцов, а *m*-количество строк, то описанный алгоритм имеет сложность $O(M^2N)$.

Как следует из сложности алгоритма $O(M^2N)$, для матриц M×N и N×M время нахождения максимальной подматрицы будет различным. Из чего следует, что широкие низкие матрицы обрабатываются быстрее, чем узкие и высокие, при одинаковом количестве элементов. Данную проблему можно решить «поворотом» или транспонированием матрицы.

Окончательно оптимизированный алгоритм представлен на рис. 2, где функция PRNG() заполняет матрицу A псевдослучайными значениями, а функция Solve(z,A[]), принимающая в качестве параметров номер строки и саму матрицу, находит максимальную подматрицу в диапазоне строк от z до M. Экземпляры функции Solve(z,A[]) выполняются параллельно для всех z от 1 до M. После завершения их работы выбирается максимальное значение суммы элементов подматрицы, которое и является результатом работы программы.

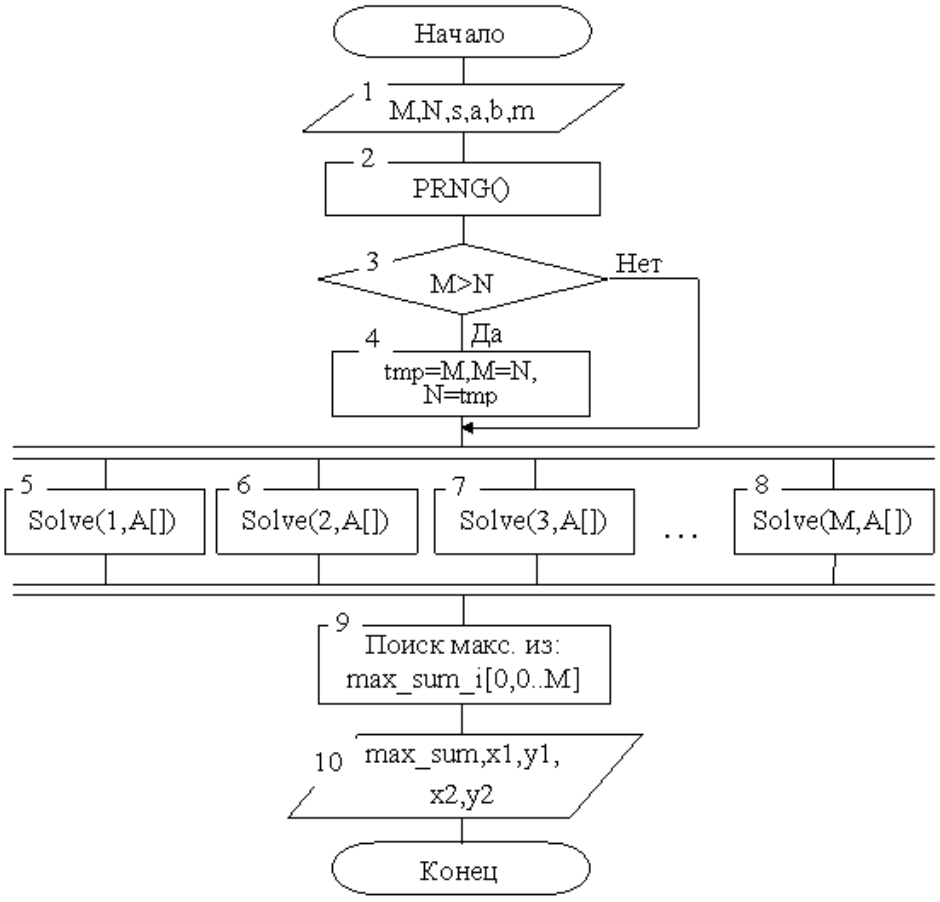


Рис. 2. Блок-схема параллельного алгоритма поиска максимальной подматрицы

Разработанный алгоритм был реализован в программе, написанной на языке программирования C++, для распараллеливания применялся Intel Cilk+. Благодаря более эффективному алгоритму, даже без применения распараллеливания, приложение с применением алгоритма Кадане заметно превосходит по скорости приложение, осуществляющее полный перебор.

На рис. 3 изображена зависимость времени выполнения от порядка входной матрицы.

Несмотря на то, что разработанное приложение работает заметно быстрее в сравнении с полным перебором всех подматриц, с увеличением размерности входной матрицы время нахождения результата возрастает пропорционально M^2N и для матрицы размером 20000×20000 превышает десятки часов. Применяя распараллеливание, можно заметно сократить время вычислений. Представленные ниже измерения проводились для параллельной реализации разработанного приложения на 40-ядерной ЭВМ (табл. 1).

На рис. 4 изображена зависимость времени нахождения максимальной подматрицы от количества ядер.

Ускорение параллельного алгоритма находим по формуле

$$S_p = \frac{T_1}{T_p}, \qquad (1)$$

где T_p – время вычисления задачи на p процессорах.

Ускорение разработанного параллельного алгоритма представлено в таблице 2.

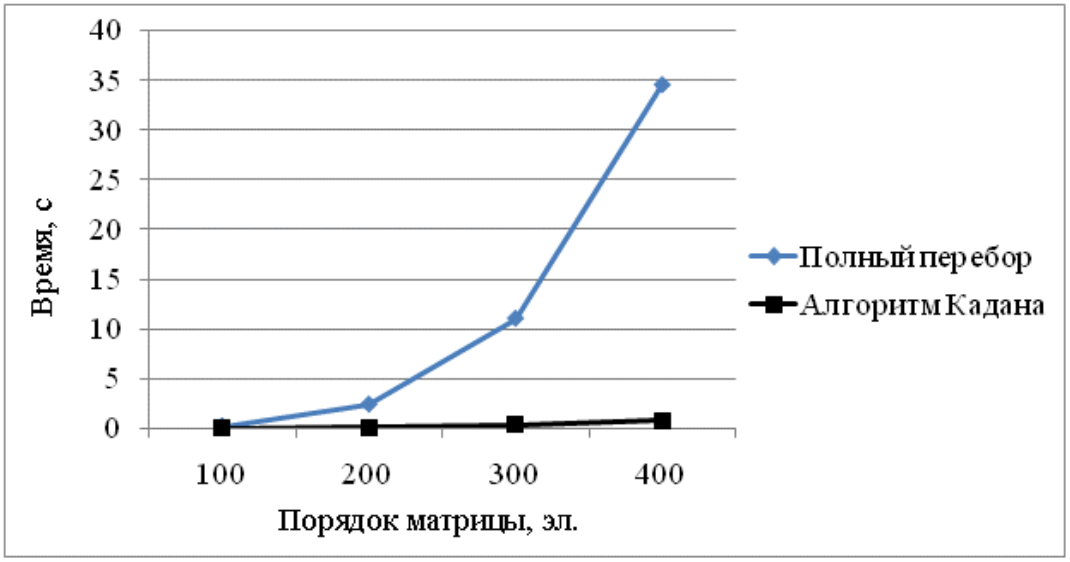


Рис. 3. Зависимость времени нахождения максимальной подматрицы от порядка матрицы

Таблица 1

Зависимость времени выполнения параллельной программы от количества используемых потоков

Число потоков	1	2	4	8	10	20	30	40
Время выполнения, мс	295358	151861	81619	41787	32499	17027	12078	9391

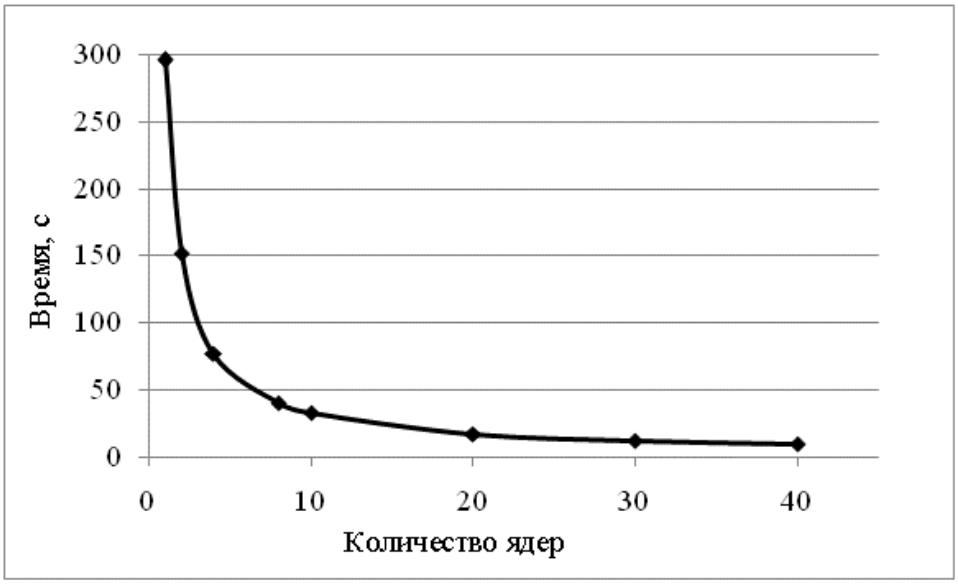


Рис. 4. Зависимость времени нахождения максимальной подматрицы от количества ядер

Таблица 2

Ускорение параллельного алгоритма

Число потоков	2	4	8	10	20	30	40
Ускорение	1,94	3,82	7,31	9,08	17,34	24,46	31,57

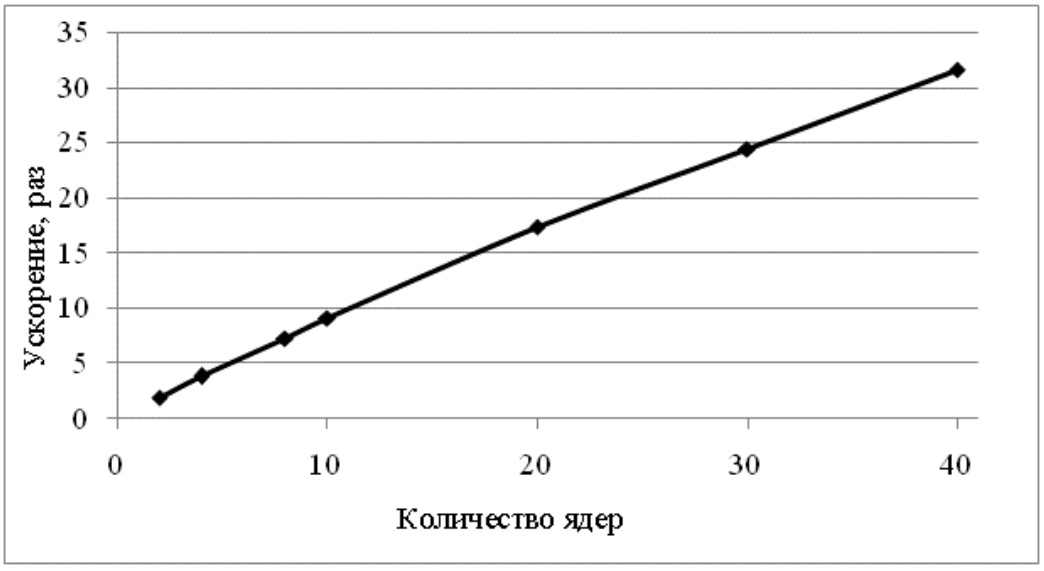


Рис. 5. Зависимость ускорения от количества вычислителей

На представленном графике (рис. 5) видно, что ускорение близко к линейному, что говорит о масштабируемости алгоритма.

Эффективность параллельного алгоритма – отношение ускорения к количеству вычислителей (рис. 6). Эффективность отражает количество времени, которое вычислитель затратил на решение задачи по отношению ко всему времени его работы.

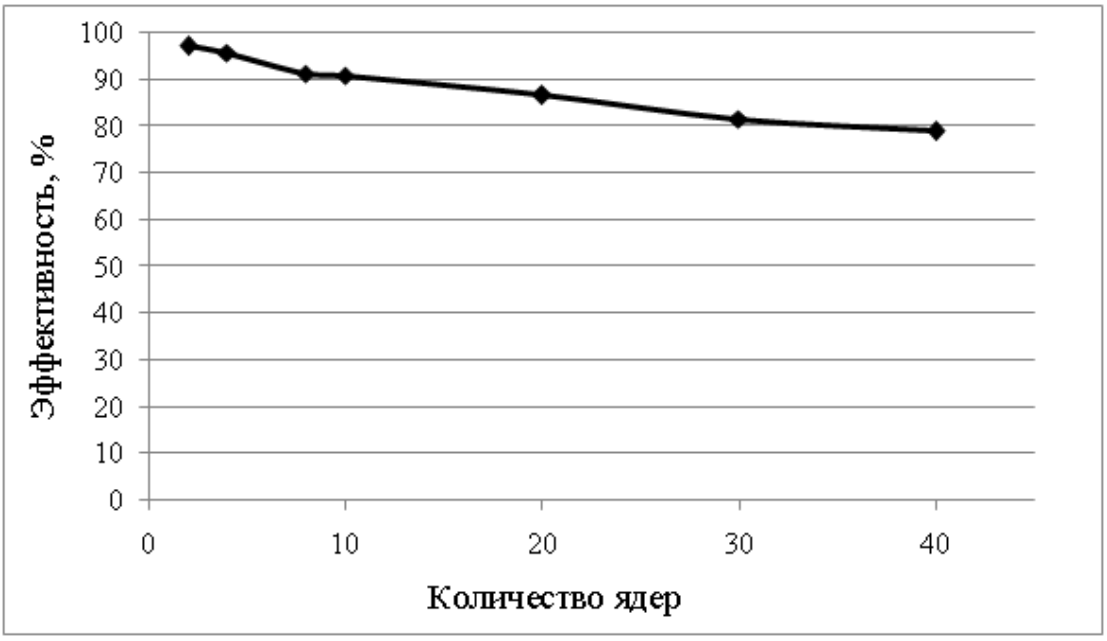


Рис. 6. Зависимость эффективности от количества вычислителей (ядер)

Развитие параллельных технологий и распространение многоядерных систем привело к необходимости разработки эффективных параллельных программ для трудоемких математических задач. Представленная в данной статье реализация решения задачи поиска максимальной подматрицы подтверждает эффективность применения параллельных технологий и необходимость применения его для высокопроизводительных приложений.

Список литературы

1. Бентли Дж. Жемчужины программирования. 2-е изд. СПб.: Питер, 2002. 272 с.: ил.

2. John Wang. Data Warehousing and Mining: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications // Information Science Reference, 2008. 4092 p.

3. Kadane's Algorithm // Algorithmist: сайт. URL: http://www.algorithmist.com/index.php/ Kadane's_ Algorithm (дата обращения: 20.02.2012).

Получено 27.07.12.

V.P. Dobritsa, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: dobritsa@mail.ru)

S.S. Volokitin, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: volokitinss@gmail.com)

P.A. Supelchenkov, Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: eveyinihiko@gmail.com)

PARALLEL ALGORITHM FINDING THE MAXIMUM OF THE SUBMATRIX

The article presents a parallel algorithm for finding the maximum rectangular submatrix. It contains the characteristics of the developed program.

Key words: *maximum submatrix, parallel program, Cilk+.*

УДК 004.932.2

С.Ю. Мирошниченко, канд. техн. наук, старший преподаватель,
Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: oldguy7@rambler.ru)

ВЫДЕЛЕНИЕ ТЕНЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТ ОБЪЕКТОВ МЕСТНОСТИ НА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ (ЧАСТЬ 2)

Разработан метод выделения теней объектов местности, позволяющий повысить точность формирования тематических слоев электронных карт ГИС на основе аэрокосмических изображений и обеспечивающий автоматическое определение высот соответствующих объектов.

Ключевые слова: *геоинформационные системы, аэрокосмические изображения, автоматическая векторизация, тени объектов, пространственное дифференцирование, функция Гаусса, кластеризация.*

***

В первой части статьи были рассмотрены свойства теней антропогенных и естественных объектов, для оценки положений которых предложена модификация первой производной функции Гаусса, ориентированная в направлении солнечного освещения участка местности на изображении.

При цифровой обработке функция (4) заменяется дискретной аппроксимацией, что обеспечивает более высокую производительность операции свертки (5) [2, 3]. Маска свертки $\mathbf{G}_\sigma^{(\varphi)} = \left\| g_{ij}^{(\varphi)} \right\|_{i,j=\overline{1,2N_\mathbf{G}+1}}$ для функции (4) представляет собой фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр) [3], который предполагает, что функция ограничена размерами маски и за ее пределами не существует (равна нулю). Исходя из функций (5), (6) маска свертки $\mathbf{G}_\sigma^{(\varphi)}$ должна обладать следующими свойствами:

1. Обеспечивать возможность построения аппроксимации функции (4) при любом значении угла φ, что необходимо для построения фазовой развертки (6).

2. При различных значениях угла φ иметь незначительно отличающуюся сумму модулей элементов матрицы $\mathbf{G}_\sigma^{(\varphi)}$ (сумма модулей элементов может различаться не более чем на $\varepsilon_\mathbf{G} = 0.5\%$) для обеспечения возможности сравнения откликов фильтра при определении максимума функции (6).

С точки зрения рассмотренных свойств наиболее подходящей является аппроксимация, имеющая форму круга, что достигается путем ограничения области определения функции (4) окружностью с центром в начале координат и радиусом $N_\mathbf{G}$, что позволяет построить аппроксимацию требуемой формы внутри классической квадратной маски (элементы маски, лежащие за пределами области определения, принимают нулевые значения).

Значение параметра σ_s зависит от четкости теней (формы перепада функции яркости в области перехода тень-фон) и определяется эмпирически. Размер маски свертки, а следовательно, и радиус области определения функции (4) рассчитываются на основании средней длины тени на аэрокосмическом изображении, зависящей от пространственного разрешения изображения I.

Вычисление элементов маски свертки $\mathbf{G}_\sigma^{(\varphi)}$ для соблюдения условия постоянства суммы их модулей производится таким образом, чтобы минимизировать влияние перемещения функции (4) относительно узлов дискретной сетки при изменении угла φ. Для этого расчет каждого ее элемента $g_{ij}^{(\varphi)}$ на основании значения функции (4) производится не только в соответствующем узле дискретной сетки, но и по квадратной области $R_{ij}^{(s)}$ с центром в данном узле:

$$g_{ij}^{(\varphi)} = \frac{1}{\left(2N_h+1\right)^2} \times \\ \times \sum_{n=-N_h}^{N_h} \sum_{m=-N_h}^{N_h} G_\sigma^{(s)}\left(i+\frac{m}{2N_h}, j+\frac{n}{2N_h}, \varphi\right), \quad (7)$$

где $\left(2N_h+1\right)^2$ – количество узлов в пределах области $R_{ij}^{(s)}$, используемых для вычисления значения элемента $g_{ij}^{(\varphi)}$.

Метод распознавания объектов дорожной сети на космических снимках позволяет распознавать объекты дорожной сети, в том числе на зашумленных изображениях и на изображениях с недостаточной яркостью. Предложенный метод основан на поиске объектов, обладающих необходимыми свойствами и характеристиками. Данное решение позволяет использовать метод для автоматизации построения карт дорожной сети.

Рассчитанная маска свертки $\mathbf{G}_\sigma^{(\varphi)}$ применяется для построения карты откликов $G_{sc}(\varphi)$ (5) на исходном аэрокосмическом изображении $I^{(d)}$ при определенном значении угла поворота φ:

$$G_{sc}(\varphi) = \sum_{i=-N_\mathbf{G}}^{N_\mathbf{G}} \sum_{j=-N_\mathbf{G}}^{N_\mathbf{G}} g_{ij}^{(\varphi)} \cdot f\left(x+i, y+j\right), \quad (8)$$
$$x = \overline{1, M},\ y = \overline{1, N}.$$

Сформированное дифференциальное изображение $G_{sc}(\alpha_\oplus)$ представляет собой карту, отражающую оценочное положение теней объектов. Локальный максимум (8) свидетельствует о возможном присутствии в данной точке границы тени некоторого объекта с фоном. Область тени $S_i^{(s)}$ является замкнутой, в ее пределах функция яркости является однородной, следовательно, для реализации локализации теней наилучшим образом подходит кластерная функция [1]. В качестве признака кластерной функции выбрано яркостное расстояние $d_C^{(s)}\left(p_{ij}^{(s)}, C_i^{(s)}\right)$ добавляемой точки изображения $p_{ij}^{(s)} = \left(x_{ij}^{(s)}, y_{ij}^{(s)}\right), p_{ij}^{(s)} \in I$ от текущего среднего значения яркости кластера $C_i^{(s)}$:

$$d_C^{(s)}\left(p_{ij}^{(s)}, C_i^{(s)}\right) = \left| f\left(p_{ij}^{(s)}\right) - \overline{f\left(C_i^{(s)}\right)} \right|. \quad (9)$$

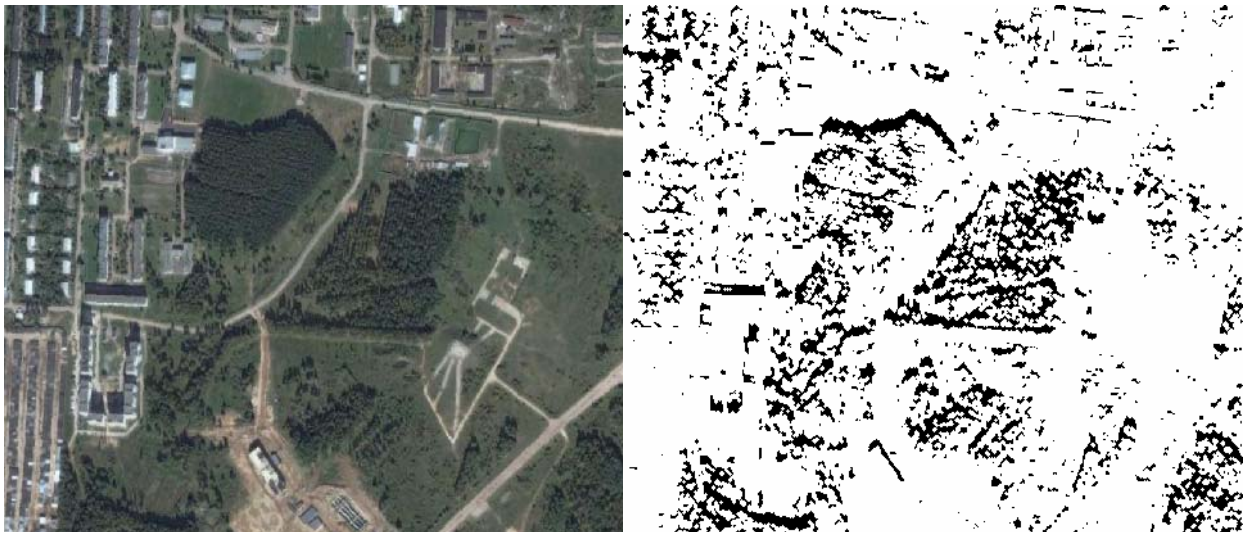
Начальное положение, форма и среднее значение яркости кластера $C_i^{(s)}$ определяются линией, проходящей внутри области тени $S_i^{(s)}$ вдоль ее границы с фоном.

Для того чтобы кластер $C_i^{(s)}$ принял форму тени $S_i^{(s)}$, производится его наращивание за счет точек изображения, непосредственно прилегающих к границе кластера. Некоторая точка $p_{ij}^{(s)}$, находящаяся на границе кластера $C_i^{(s)}$, присоединяется к нему в случае, если ее яркость $f\left(p_{ij}^{(s)}\right)$ незначительно отличается от средней яркости кластера $\overline{f\left(C_i^{(s)}\right)}$:

$$C_i^{(s)} = C_i^{(s)} \cup p_{ij}^{(s)} : d_C^{(s)}\left(p_{ij}^{(s)}, C_i^{(s)}\right) < T_i^{(C)}, \quad (10)$$

где $T_i^{(C)}$ – максимальное яркостное расстояние, вычисляемое как половина модуля разности яркости тени и фона.

Наращивание кластера тени выполняется следующим образом. Начальное положение кластера определяется линией, расположенной на расстоянии одной точки от границы тени с фоном. Далее производится итеративное наращивание кластера за счет точек изображения, расположенных на его текущей границе. Наращивание кластера $C_i^{(s)}$ прекращается, если ни одна точка $p_{ij}^{(s)}$ изображения I, находящаяся на его границе, не может быть присоединена, поскольку не удовлетворяет условию (8).



а) *б)*

Рис. Результат выделения теней объектов (*б*) на исходном космическом снимке (*а*)

В результате формируется множество кластеров $C^{(s)} = \left\{C_i^{(s)}\right\}_{i=\overline{1,N_{C^{(s)}}}}$, однако не все его элементы представляют собой тени объектов, т.к. кластеры создавались без учета их яркостных характеристик теней (средние яркости теней отличаются друг от друга крайне незначительно, и данной разницей можно пренебречь). Для удаления кластеров, не являющихся тенями объектов местности, из множества кластеров $C^{(s)}$ исключаются те элементы $C_i^{(s)}$, средние значения яркости которых лежат вне диапазона допустимых значений соответствующего параметра для теней объектов:

$$C^{(s)} = C^{(s)} \setminus \left\{C_i^{(s)}\right\} : \overline{f\left(C_i^{(s)}\right)} \notin \notin \left[M\left(S^{(s)}\right) \pm \sigma\left(S^{(s)}\right)\right], \quad i = \overline{1, N_C}. \tag{11}$$

Поскольку возможна ситуация, когда кластеры множества $C^{(s)}$ являются частично пересекающимися, необходимо выполнить их объединение путем добавления в один из них недостающих точек второго кластера:

$$C_i^{(s)} = C_i^{(s)} \cup C_m^{(s)},\ C^{(s)} = C^{(s)} \setminus \left\{C_m^{(s)}\right\}. \tag{12}$$

Результат построения кластеров теней представлен на рисунке.

Каждый из сформированных кластеров $C_i^{(s)}$ преобразуется в контурное представление $V_i^{(s)}$ путем кодирования векторной последовательностью его границ и применяется для исключения ложных объектов при контурной, кластерной или частотной обработке, а также при известном угле места Солнца для определения высот соответствующих объектов местности [4].

Таким образом, предложенный метод предназначен для устройств и систем автоматизированной векторизации аэрокосмических изображений [5] и позволяет определить положения теней объектов местности при полном отсутствии априорной информации об условиях получения изображения. Метод обеспечивает повышение точности локализации и векторизации геопространственных объектов за счет устранения ложных объектов, присутствие которых обусловлено наличием теней, а также позволяет в автоматическом режиме определять высоты соответствующих объектов местности.

Список литературы

1. Miroshnichenko S.Yu. Buildings and Structures Preliminary Identification on Aerospace Images Using Edges Detection with Local Scale Estimation // Proceedings of the 9-th International Conference «Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies». Nizhni Novgorod, 2008. Vol. 2. P. 51–52.

2. Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.

3. Сойфер В.А. Методы компьютерной обработки изображений / под ред. В.А. Сойфера. 2-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 784 с.

4. Методы и системы цифровой обработки аэрокосмических изображений / С.Г. Емельянов, Е.А. Кудряшов, С.Ю. Мирошниченко, В.С. Титов. Новосибирск: Наука, 2012. 175 с.

5. Мирошниченко С.Ю., Титов В.С. Параллельно-конвейерное устройство для векторизации аэрокосмических изображений земной поверхности // Изв. ВУЗов. Серия «Приборостроение». 2009. Т. 52, № 2. С. 45–51.

Получено 27.07.12.

S.Yu. Miroshnichenko, Candidate of Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: oldguy7@rambler.ru)

DETECTION OF SHADES FOR GEOSPATIAL OBJECTS' HEIGHTS DETERMINATION ON AEROSPACE IMAGES

The method for geospatial objects' shades detection is developed. The method allows to increase a precision of GIS digital maps' thematic layers creation process using aerospace images and provides automatic heights definition of corresponding objects.

Key words: *geographic information systems, aerospace images, automatic vectorization, objects' shades, spatial differentiation, Gauss function, clustering.*

УДК 004.056

И.В. Калуцкий, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: kalutsky_igor@mail.ru)

А.А. Агафонов, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail:mr_agafonov@mail.ru)

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БИЗНЕСА

Рассмотрены трактовки понятия «человеческий фактор», выявлены его составляющие: характеристики человека, возможности и причины возникновения следствий (утечек конфиденциальной информации), а также их взаимосвязь. Представлены меры и средства, направленные на предотвращение, выявление и пресечение проявления каждой составляющей человеческого фактора.

Ключевые слова: *человеческий фактор, информационная безопасность, угрозы бизнесу, характеристики сотрудника, профайлинг, детектор лжи.*

***

Ни для кого не секрет, что человеку отведена главная роль в процессах становления, развития и функционирования бизнеса – деятельности, осуществляемой с целью получения прибыли. Несмотря на юридическую форму бизнеса (индивидуальное или коллективное предпринимательство), ведущим субъектом деятельности выступает человек, действующий от своего имени или как доверенное лицо организации. При этом он располагает совокупностью ресурсов фирмы, включая информацию, обладающую определёнными свойствами (материальность, социальность, превращение в товар, процессуальность) и средствами её обработки. Очевидно, что данные такого рода имеют определённый интерес не

только для их правообладателя, но и для третьих лиц: конкурентных фирм, поисковых агентств и частных лиц, занимающихся поиском информации, имеющей высокую релевантность на рынке информационных услуг. То есть основная угроза исходит от сотрудников организации (как постоянных, так нанимаемых по контракту) [1].

В связи с активной ролью человека при работе с материальными активами и коммерческой тайной, а также при использовании средств обработки информации (при форме деятельности: человек-машина) важнейшей причиной угроз информационной безопасности бизнеса являются проявления человеческого фактора. Существует следующая точка зрения относительно этого понятия: человеческий фактор – многозначный термин, описывающий возможность принятия человеком ошибочных или алогичных решений в конкретных ситуациях. С другой стороны, словарь МЧС России раскрывает значение этого понятия как психологические и другие характеристики человека, его возможности и ограничения, определяемые в конкретных условиях его деятельности, а также как причину несчастных случаев, аварий, происшествий в результате неправильных действий человека. Известно, например, что человеческий фактор отразился в авариях на АЭС «Три-Майл-Айленд», в Чернобыле, на Саяно-Шушенской ГЭС. На наш взгляд, человеческий фактор характеризуется также присутствием или отсутствием в психической реальности человека представлений об определённых (специфических) факторах риска, свойственных его профессиональной деятельности, проявление которых несёт пагубные последствия для него, трудового коллектива, руководства и организации в целом.

Таким образом, синтезируя вышеуказанные определения, выделим три ключевых слова, определяющих понятие человеческого фактора: 1) характеристика, 2) возможность, 3) причина.

Данные, составляющие понятие «человеческий фактор», имеют свои значения и примеры.

Характеристика – это оценка деловых и личных качеств человека. Характеристике поддаются моральные качества, черты характера и другие психологические и социальные качества. Например, сотрудник организации может характеризоваться как эмоционально неустойчивый, забывчивый, склонный к зависимостям либо как компетентный, коммуникабельный, способный при этом сохранять тайну. Таким образом, индивидуально-психологические особенности сотрудника соответствуют либо не соответствуют требованиям, предъявляемым к специальности, профессии, должности.

Возможность – определяет осуществимость, допустимость каких-либо действий. Например, сотрудник бухгалтерии, проводящий «скрытые» финансовые операции, расценит осуществимость перевода определённой суммы со счёта фирмы на свой как возможность обогатиться. Также сотрудница, работающая уборщицей, внедрённая конкурентной организацией, при очередной уборке, найдя на столе директора планы развития на следующий год, получит возможность улучшить своё материальное положение, продав найденную информацию своим первым работодателям. Программист, закладывая в программу недекларированные функции, имеет возможность скомпрометировать конечного пользователя в будущем.

Причина – обстоятельство, вызывающее какие-либо следствия. При этом последние могут быть весьма плачевными. Например, конкуренты могут выпустить продукт, аналогичный тому, состав которого был украден. В результате будет не оправдана рекламная компания, провозглашающая уникальность товара. Попавшая в открытый доступ или опре-

делённому кругу третьих лиц информация о неудовлетворительном финансовом положении фирмы не только повлечёт за собой отток инвестиций и партнёров, но и может стать причиной рейдерского захвата организации конкурентом.

На рисунке изображены характеристики, возможности и причины, которые взаимодействуя друг с другом, определяют силу проявления человеческого фактора. Причём, находясь в любом положении из трёх, двигаясь по/против часовой стрелки, можно предположить, что произойдёт/происходило. Например, в расположении имеются следующие характеристики сотрудника – начальника склада: склонность к риску, непостоянность, алкоголизм. Имея полный доступ к базе данных склада, содержащей некоторое количество наименований товара, он может изменить число выбранного вида товара в меньшую сторону, а имеющийся товар присвоить себе, иными словами, воспользоваться возможностью совершения материального хищения. Отсюда следуют нехватки товара и убытки фирмы. В данном случае движение происходит по следующей траектории: характеристики – возможности – причины.

Приняв во внимание такой факт, как появление аналогичного товара у конкурентной фирмы, можно сделать вывод о том, что у сотрудника организации, имеющего доступ в силу служебных обязанностей к параметрам и составам продуктов, появилась возможность продать данные сведения конкурентам. Первоисточник этого – характеристики сотрудника с присущей болтливостью, непостоянностью и прочими отрицательными качествами. При этом траектория движения меняется на обратную: причины – возможности – характеристики.

Для обеспечения должного уровня информационной безопасности бизнеса необходимо для каждого компонента, составляющего понятие «человеческий фактор», определить комплекс мер, направленный на минимизацию вероятности пагубных последствий, возникших вследствие проявления того или иного фактора риска.

Характеристики сотрудника фирмы проверяются и оцениваются на этапе приёма его на работу либо при периодических аттестациях. Безусловно, для этого недостаточно привычных собеседований при приёме на работу, включающих беседы и анкетирование. Мы рекомендуем использовать максимально возможные средства на сегодняшний день – как программно-аппаратного рода, так и нетехнического.

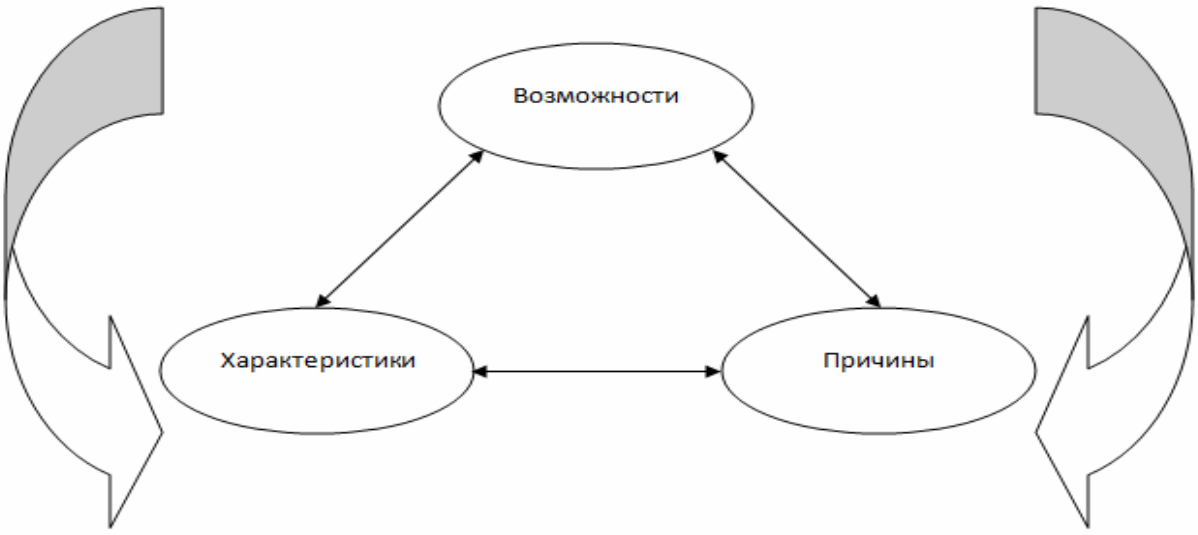


Рис. Взаимосвязь составляющих человеческого фактора

Из программно-аппаратных средств, проверенных временем, следует выделить полиграф («детектор лжи») и анализаторы голоса.

Полиграф (например, модификации «ПИК-02») является устройством сбора информации в виде фиксации психофизиологических параметров человека. Представляет собой «коробку» небольшого размера, имеющую множество проводов и датчиков, подключаемых к опрашиваемому лицу с одной стороны и к компьютеру для визуализации и обработки полученных сигналов, с другой. Датчики анализируют малейшие изменения пульса, дыхания, артериального давления, тремора, кожно-гальванических реакций и пр. Задавая подготовленные вопросы опрашиваемому лицу с определённой периодичностью, полиграфолог (специалист, проводящий опросы на полиграфе и анализирующий их результаты) в конечном итоге определит, на какие вопросы человек отвечал истинно, а на какие ложно. Опрашиваемые лица могут пытаться обмануть полиграф, используя различные методы и средства (употребление психотропных, фармакологических или наркотических веществ и пр.). Однако опытный полиграфолог определит факты противодействия опросу на полиграфе, так как все приведённые выше обходные приёмы имеют характерные для них полиграммы – карты опроса. И при близком сходстве полиграммы опрашиваемого с полиграммой из «чёрного списка» специалист заподозрит сам факт противодействия опросу. А раз есть факт, значит, был и умысел. Наконец, применение полиграфа имеет свои трудности в случаях массовых проверок, т.к. необходимо вручную анализировать большой объём данных (полиграмм), а также корректировать списки задаваемых вопросов для каждого сотрудника либо должности.

Анализаторы голоса («К-Фактор», «Лореан») представляют собой программно-аппаратные комплексы, подключаемые к персональному компьютеру. Сам процесс проходит в интерактивном режиме: проходящий тестирование, сидя перед монитором, получает вопросы одновременно через монитор и наушники. Вопросы построены так, что ответ на них подразумевает развёрнутые высказывания опрашиваемого. Ввод голоса осуществляется через обычную телефонную трубку, после чего его обрабатывает программа по специализированным алгоритмам, анализируя каждую характеристику голоса. На основании пройденного теста программа формирует отчёт, в котором содержатся определённые факторы риска, свойственные опрашиваемому, и вероятность их проявления (представляется в цветовой гамме из зелёного, жёлтого и красного цветов, от самой низкой к самой высокой соответственно). Например, если вероятность фактора «лояльность к организации» находится на жёлтом уровне, «конфиденциальность и секретность» – на красном, то уже можно сделать определённые выводы о целях опрашиваемого. Заметим, данный способ, в отличие от полиграфа, позволяет проводить проверки «на потоке»: имеется широкий охват факторов риска, и программа позволяет автоматизировать процессы анализа, обеспечивая объективные результаты.

Однако комплекс программно-аппаратных средств, направленный на предупреждение (выявление отрицательных характеристик человека), несмотря на высокую вероятность истинных результатов, может быть затратным для проверки абсолютно всего персонала, поступающего на работу, или при аттестации сотрудников. Поэтому руководству бизнеса выгоднее иметь в своей организации компетентных специалистов, на которых возлагаются функции по проверке кандидатов на работу, или действующих сотрудников, чем пользоваться такими же услугами компетентных коммерческих фирм.

Из результативных нетехнических методов следует выделить профайлинг. Профайлинг – специально созданная технология выявления тривиальной лжи (в реальном режиме времени, на текущий момент, в конкретной коммуникативной ситуации) по вербальным и невербальным сигналам: мимике лица человека, телодвижениям, интонации голоса и другим признакам. Дело в том, что в процессе разговора собеседник не видит собственного лица. При этом не все человеческие мысли транслируются в речи, иначе говоря – сознание контролирует речь. Микродвижения лица и тела достаточно трудно контролировать при разговоре. Вот и получается, что слова говорят одно, а тело – другое. Например, если на вопрос «Вы имеете корыстные цели в отношении распоряжения информацией, с которой будете работать?» кандидат ответит «Нет», а сам станет неосознанно трогать пальцами свой нос («признак Пиноккио»), то, вероятно, истинный ответ противоположен. Нельзя не сказать об одном из направлений данной технологии – кадровом профайлинге.

Кадровый профайлинг – разновидность профайлинга, направленная на установление соответствия кандидатов на предполагаемую должность. Вдобавок данное направление ставит своей задачей установление у кандидата на должность (либо действующего сотрудника) связей с криминалом, наличия долгов (непогашенных кредитов), пристрастия к азартным играм, алкоголизму и наркотикам. Таким образом, кадровый профайлинг позволяет выявить факторы риска, присущие человеку, не используя полиграф или другие технические средства. Однако число опытных специалистов и школ профайлинга в России невелико. Ведущей является Международная академия исследования лжи под руководством Е. Спирица. Наконец, нельзя не упомянуть, что применение специалистов-профайлеров находится на потенциально опасных в плане террористических угроз объектах: аэропортах, вокзалах и границах.

Возможности или попытки осуществления несанкционированных деяний появляются, если характеристикам человека не было уделено должного внимания на первом этапе, при выяснении факторов риска принимаемого на работу человека (с помощью технических и нетехнических методов). Выявляются специализированными средствами мониторинга информации как на офисных персональных компьютерах, так и на объединяющих их серверах. Некоторую часть этой работы выполняют DLP-системы (Data Loss/Leak Prevention), позволяющие предотвращать утечки конфиденциальной информации через локальные и мировые сети. По сути, DLP-система – перехватчик данных, передаваемых в сеть, при этом, анализируя полученные данные на предмет конфиденциальности, система решает: заблокировать передачу данных или пропустить. Однако ввиду больших ресурсных затрат на анализ каждого пакета данных, используя при этом контентный и/или контекстный анализ, DLP внедрение DLP-систем требует значительных временных материальных затрат. Из распространённых систем можно выделить: «InfoWatch», «McAfee Host DLP», «Perimetrix SafeSpace», «Symantec-Vontu», «Websense Data Protection Suite». Несмотря на разнообразие, алгоритмы, методы анализа данных и архитектура продуктов различаются, поэтому для внедрения необходимо проводить сравнение и поиск иных аналогов, максимально удовлетворяющих потребностям.

Также существуют аналогичные программы-снифферы («SearchInform NetworkSniffer»), но функционал их направлен на перехват IM-сообщений, переписки по почте с последующим накоплением. Контролирующее лицо может в любой момент времени обратиться к материалам переписки, обычно представ-

ленным в виде таблиц базы данных. Не без внимания остаются программы-блокираторы непристойных сайтов, социальных сетей и прочих сайтов, никак не связанных с ведением бизнеса (исключения могут составлять случаи работы в самих социальных сетях, например «Вконтакте»). Чрезвычайно важно, что с целью повышения производительности труда программа будет блокировать попытки посещения социальных сетей, отнимающих большое количество времени, и повышать дисциплинированность на работе.

Грамотно установленное видеонаблюдение поможет накапливать и просматривать действия сотрудников как из единого центра, так и удалённо. Современные системы видеорегистрации позволяют хранить данные максимально долго, предоставлять доступ к видеозаписям удалённо, а также могут периодически делать резервное копирование на удалённый сервер и оповещать о нарушениях в работе системы посредством SMS-сообщений. В случае проявления человеческого фактора в работе персонала все действия будут зафиксированы и применены в служебном расследовании.

Причины, наконец, нейтрализуются методами пресечения незаконных действий сотрудников. Наказания могут варьироваться от мер, определённых внутренним регламентом фирмы (штрафные санкции, увольнение), до административной или уголовной ответственности.

В заключение следует сделать вывод о том, что роль человеческого фактора в информационной безопасности организации не перестаёт быть на переднем плане. При этом составляющая понятия – характеристика сотрудника фирмы (кандидата на работу) – может подвергаться объективной оценке и проверке. При этом, используя как технические, так и нетехнические средства комплексно, можно увеличить достоверность результатов. Очевидно, что обеспечив должный отбор кандидатов на работу с помощью вышесказанных средств, можно минимизировать проявления факторов риска, а также пагубных последствий для бизнеса в целом.

Список литературы

1. Методика информационной безопасность / Ю.С. Уфимцев, В.П. Буянов, Е.А. Ерофеев [и др.]. М.: Экзамен, 2004. 544 с.

2. Доронин А.И. Бизнес-разведка. 2-е изд. М.: Ось 89, 2003. 243 с.

3. Информационная безопасность в государственных и негосударственных структурах «Информтех – 2012»: сб. матер. II Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием / редкол.: В.П. Добрица (отв. редактор), И.В. Калуцкий, М.О. Таныгин, А.Г. Спеваков; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2012. С. 115–123.

Получено 27.07.12.

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

A.A. Agafonov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: mr_agafonov@mail.ru)

THE ROLE OF HUMAN FACTORS IN ENSURING BUSINESS INFORMATION SECURITY

Considered interpretation of the term "human factor", identified its components: human characteristics, capabilities, and the causes of effects (leakage of confidential information), as well as their relationship. Presented measures and tools for the prevention, detection and suppression of manifestations of each component of the human factor.

***Key words**: human factors, information safety, threats to business, to the employee, profiling, lie detector.*

УДК 004:002

М.О. Таныгин, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tanygin@yandex.ru)

РАСЧЁТ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОЛЛИЗИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛГОРИТМАКОНТРОЛЯ ПОДЛИННОСТИ СООБЩЕНИЙ

Описываются математические модели и полученные на их основании вероятности возникновения ошибок при обработке сообщений с использованием адаптивного алгоритма контроля подлинности и целостности сообщений ограниченной длины.

Ключевые слова: *расчет вероятности, сообщения ограниченной длины, контроль подлинности.*

***

Предметом настоящей работы является рассмотрение адаптивного алгоритма контроля подлинности и целостности сообщений (командных слов) ограниченной длины (от нескольких битов до нескольких байтов). Сам алгоритм подробно описан в работах [0, 0]. В основе его лежит комбинация необратимых и обратимых преобразований над информационной частью сообщения и формируемой из неё хэш–последовательности. Передаваемые командные слова (КС) буферизируются, а затем проходят проверку, в результате которой отсеиваются сообщения, выданные посторонними источниками, формируя таким образом цепочку легальных командных слов (ЛКС).

Коллизией мы будем называть ситуацию, при которой помимо цепочки из таких легальных КС будет сформирована альтернативная, «ложная» цепочка, в которой от 1 до M слов будут посторонними командными словами (ПКС), то есть выданы посторонним источником.

Коллизии могут быть двух типов: первый – когда ПКС образуют полную цепочку вместе с частью ЛКС (рис. 1, *а*, ПКС, образовавшее дополнительную цепочку, выделено усиленным тоном), и второй – когда из ПКС формируется одна или несколько цепочек КС, хэш-последоваетльности и содержимое информационных частей которых полностью проходят проверку.

Первая ситуация менее интересна, так как в протоколе формирования командных слов можно предусмотреть итоговый контроль целостности, формируемый по алгоритмам, независимым от рассматриваемого алгоритма контроля целостности и подлинности, который бы позволил свести риск от подобного вида коллизии в минимуму.

Теперь обратимся ко второй ситуации, когда из ПКС формируется одна или несколько независимых цепочек. Рассмотрим ПКС, записанные в буфер на соответствующие ярусы (рис. 2, где $S_{i,j}$ – записанное j-м на i-й ярус ПКС, $S^{\text{инф}}_{i,j}$, $S^{\text{хэш}}_{i,j}$– его информационная часть и хэш–последовательность соответственно).

Предположим, в результате анализа была построена цепочка ПКС, оканчивающаяся словом $S_{i-1,j-1}$. Для того чтобы слово $S_{i,j}$ могло войти в данную цепочку, необходимо выполнение следующего условия [0, 0]:

$$S^{\text{хэш}}_{i,j} = F_{\text{хэш}}\,(S_{i,j}, S_{i-1,j-1}, \ldots S_{1,1}), \qquad (1)$$

где $F_{\text{хэш}}\,(S_{i,j}, S_{i-1,j\,-1}, \ldots S_{1,1})$ – сформированный из информационных слов цепочки хэш.

Так как мы рассматриваем случайное формирование ПКС, то вероятность выполнения равенства (1) $p_{\text{хэш}}$ равна 2^{-Lh}, где Lh – разрядность хэш–последовательности. Вероятность $p_{\text{хэш}}$ того, что из $n_{\text{П}}^{(\text{i})}$ – количества ПКС на i-м ярусе, хотя бы удовлетворят условию (1), определится как

$$p_{\text{усл}} = 1 - (1 - 2^{-Lh})^{n_{\text{п}}^{(i)}}. \qquad (2)$$

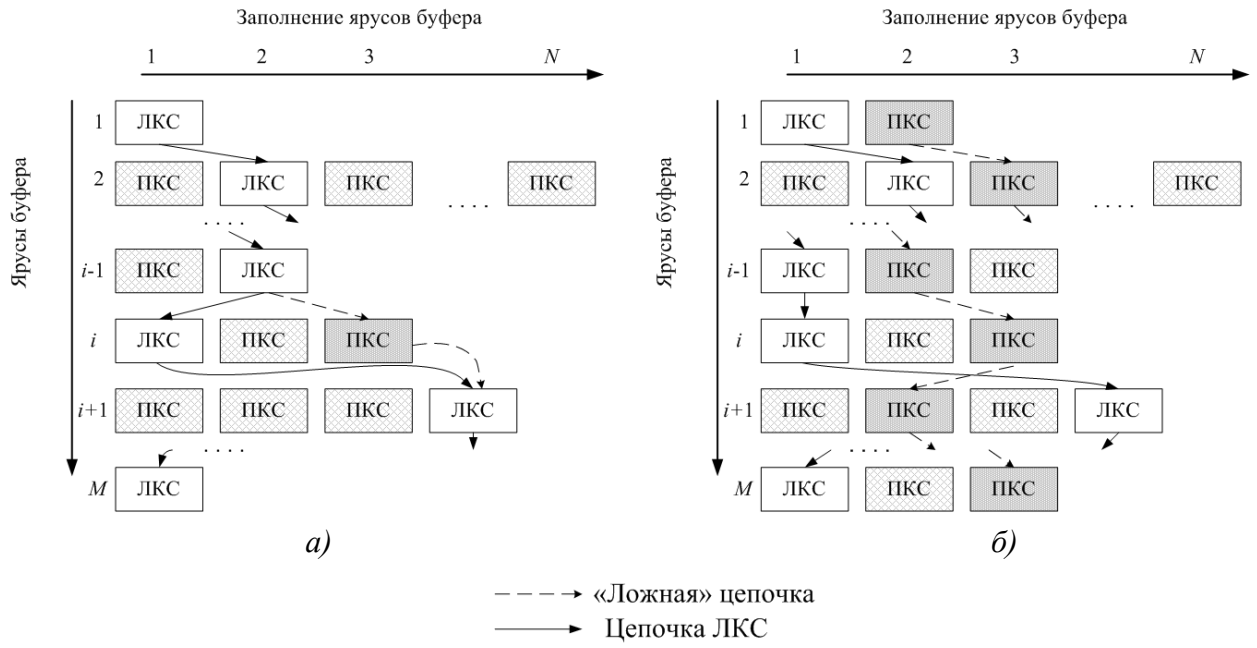


Рис. 1. Примеры образования «ложных» цепочек:
а – цепочка вместе с ЛКС; *б* – цепочка полностью из ПКС

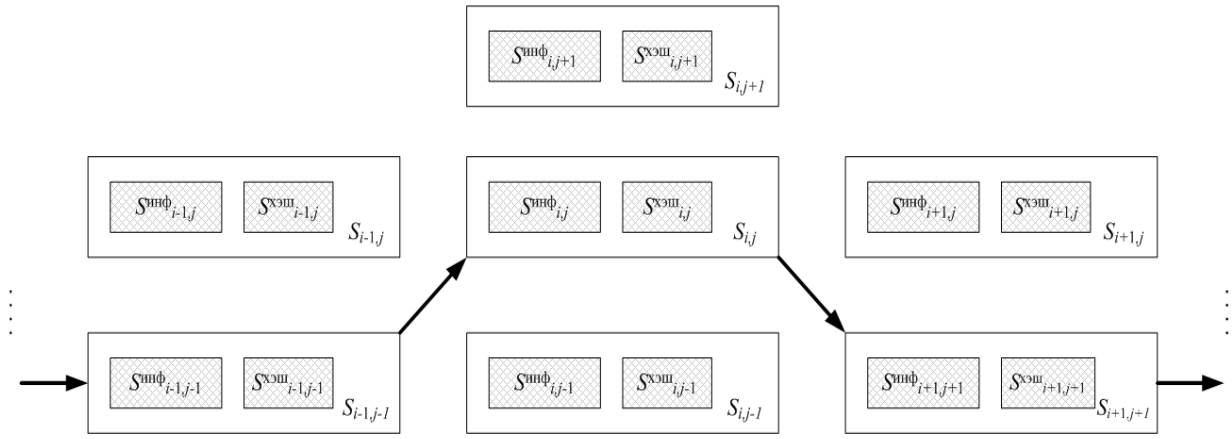


Рис. 2. Участок «ложной» цепочки ПКС

Вероятность записи на ярус ровно $n_{\text{П}}^{(i)}$ слов получим исходя из следующих соображений. Представим выдачу посторонних командных слов (ПКС) как случайный пуассоновский процесс, то есть процесс без предыстории, в котором вероятность получения очередного ПКС не зависит от того, сколько и за какой период было получено ПКС до него. Аналогично представим и процесс получения приёмником ЛКС. Пусть вероятность $P_{\text{ПКС}}$ получения ПКС в K раз больше вероятности $P_{\text{ЛС}}$ получения ЛКС:

$$P_{\text{ПКС}} = K \times P_{\text{ЛКС}}. \qquad (3)$$

Если к определённому моменту времени приёмник получил $n_{\text{ЛКС}}$ ЛКС, тогда количество полученных $N_{\text{ПКС}}$ ПКС будет распределено по пуассоновскому закону:

$$p(N_{\text{ПКС}}) = \frac{(K \cdot n_{ЛКС}) n_{ПКС} \times e^{-K \cdot n_{ЛКС}}}{n_{ПКС}!}, \qquad (4)$$

где $K \times n_{\text{ЛКС}}$ – математическое ожидание числа полученных ПКС;

$p(n_{\text{ПКС}})$ – вероятность получения ровно $N_{\text{ПКС}}$ ПКС.

Вероятность записи каждого случайно сформированного ПКС в буфер на какой-либо ярус определится длиной поля

синхронизации: $p_{зап} = 2^{-L}$, где L – длина поля синхронизации в битах.

При размещении $n_{ПКС}$ ПКС по ярусам буфера часть из них будет отсеяна посредством проверки содержимого поля синхронизации. Так как число $n_П$ посторонних командных слов, попавших на определённый ярус ПКС, распределится по биномиальному закону, то вероятность того, что на определённый ярус запишется ровно $n_П$ ПКС, находим в виде

$$p(n_П) = \sum_{i=n_П}^{\infty} \left[C_i^{n_П} \cdot (p_{зап})^{n_П} \cdot (1-p_{зап})^{i-n_П} \right] \times \times \frac{(K \cdot n_{ЛКС})^i \times e^{-K \cdot n_{ЛКС}}}{i!}. \quad (5)$$

Объединяя выражение (2) с выражением (5) для вероятности записи на ярус ровно $n_П^{(i)}$ слов, а также учтя, что после заполнения буфера $n_{ЛКС} = M$, получим

$$p_{усл} = 1-(1-2^{-Lh})^{n_П^{(i)}} \times \times \left[\sum_{k=n_П^{(i)}}^{\infty} \left(C_k^{n_П^{(i)}} \cdot (p_{зап})^{n_П^{(i)}} \cdot (1-p_{зап})^{k-n_П^{(i)}} \right) \right] \times \quad (6)$$
$$\times \frac{(K \cdot M)^k \times e^{-K \cdot M}}{k\ !}.$$

Количество ПКС на одном ярусе может меняться от 1 до N, поэтому вероятность того, что на текущем ярусе окажется хотя бы одно ПКС, которое может дополнить текущую цепочку, находим по формуле

$$p_{ярус} = \sum_{l=1}^{N} \left\{ \begin{array}{l} \left[1-\left(1-2^{-Lh}\right)^l \right] \times \\ \times \left[\sum_{k=l}^{\infty} \left(C_k^l \cdot (p_{зап})^l \cdot (1-p_{зап})^{k-l} \right) \right] \times \\ \times \frac{(K \cdot M)^k \times e^{-K \cdot M}}{k\ !} \end{array} \right\} \quad (7)$$

Цепочки простраиваются со второго по M-й ярус. Изначально количество цепочек равно количеству слов на первом ярусе. Тогда вероятность построения хотя бы одной полной цепочки ПКС с учётом того, что $p_{зап} = 2^{-L}$, равна

$$p_{цеп} = \sum_{k=1}^{N} \left\{ \begin{array}{l} \left[\sum_{k=l}^{\infty} \left(C_k^l \cdot \left(2^{-L}\right)^l \cdot \left(1-2^{-L}\right)^{k-l} \right) \right] \times \\ \times \frac{(K \cdot M)^k \times e^{-K \cdot M}}{k\ !} \end{array} \right\} \times \quad (8)$$
$$\times \left(p_{ярус} \right)^{M-1}.$$

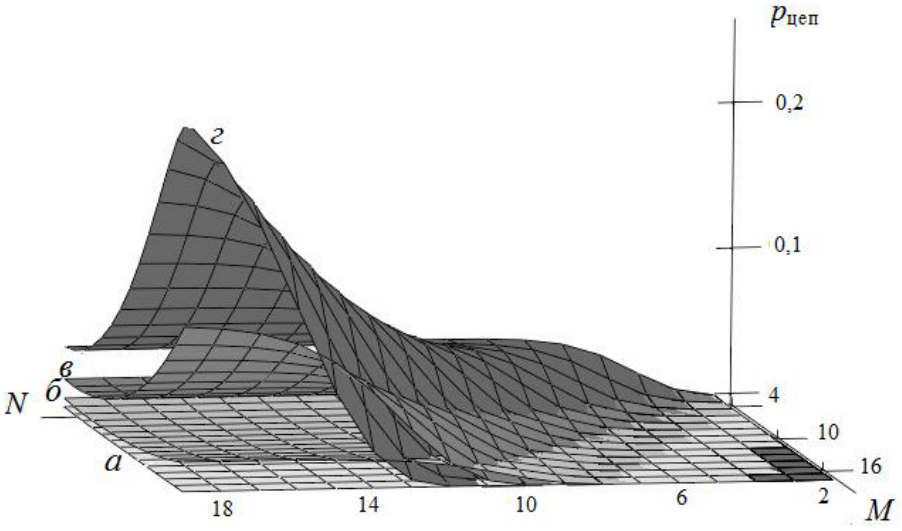


Рис. 3. Зависимость вероятности $p_{цеп}$ построения хотя бы одной полной цепочки от длины буфера M и ширины N: *а* – K=2, L = 3, Lh = 2; *б* – K =2, L = 3, Lh = 2; *в* – K=4, L = 3, Lh = 2; *г* – K=5, L = 3, Lh = 2

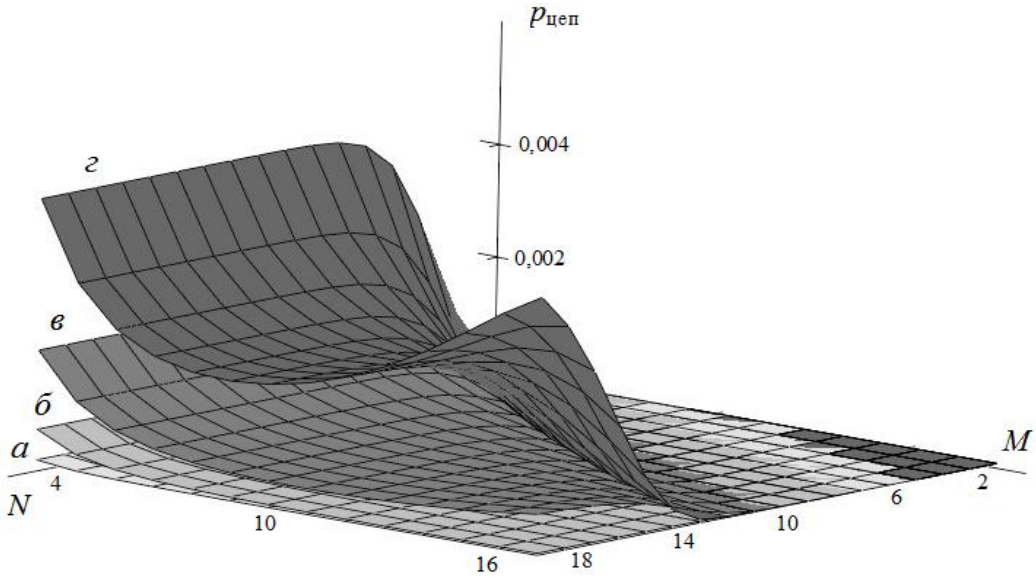


Рис. 4. Зависимость вероятности $p_{цеп}$ построения хотя бы одной полной цепочки от длины буфера M и ширины N: *а* – K=2, L = 3, Lh = 3; *б* – K =2, L = 3, Lh = 3; *в* – K=4, L = 3, Lh = 3; *г* – K=5, L = 3, Lh = 3

На рисунках 3 и 4 приведены графики функции $p_{цеп} = f(K, L, Lh, N, M)$. Видно, что длина поля хэш-последовательности очень сильно влияет на вероятность построения цепочки ПКС: увеличение её всего лишь на 1 бит снижает вероятность на 2 порядка. В то же время интенсивность выдачи ПКС (переменная K) оказывает значительное влияние на значение вероятности. Кроме того, из анализа графиков видно, что при $N<M$ вероятность $p_{цеп}$ практически нулевая, при $N \approx M$ происходи рост вероятности, а затем с ростом N значение вероятности растёт незначительно. Объясняется это тем, что при малых N велика вероятность переполнения буфера по ширине, при которой построения цепочек вообще не происходит. Это объясняет наличие локальных максимумов у графиков вероятности в области $N \approx M$ (см. рис. 3), которые настолько значительны, что намного превышают значения вероятности в области небольших значений длины буфера M и которые выше значений вероятности при больших M, что видно из рисунка 4.

1. Таныгин М.О. Методика маскирования и контроля подлинности информации, передаваемой по открытым каналам с ограниченной длинной сообщения // Научные стремления – 2010: сб. матер. республ. науч.-практ. молодёж. конф. с междунар. участием. Минск: Изд-во БГТУ, 2010. С. 401–404.

2. Tanygin M.O. Methodof Controlof Data Transmitted Between Softwareand-Hardware // Комп'ютерні науки та інженерія: материали IV Міжнародної конференції молодих вчених CSE–2010. Львів: Видавництво Львівскої політехніки, 2010. С. 344–345.

Получено 27.07.2012.

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

THE CALCULATION OF COLLISIONS PROBABILITY IN SYSTEMS USING THE MESSAGES AUTHENTICITY CONTROL ALGORITHM

The article deals with the mathematic models of messages authenticity and correctness control adaptive algorithmusing. Moreover errorsprobabilities obtained by these modelsare given.

Key words: *probability calculation, messageslimitedinlength, authenticitycontrol.*

УДК 532.595

В.В. Апальков, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: POVT55@mail.ru)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В ПЕРФОРИРОВАННОЙ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДА С ГАСИТЕЛЕМ

В статье приведена конструкция гасителя гидравлического удара, выполненного в виде демпфирующей надстройки над перфорированной частью трубопровода. Предложена методика расчета, позволяющая исследовать влияние гасителя на волну давления в момент прохождения её через гаситель.

Ключевые слова: *трубопровод, гаситель, демпфирующие трубки, гидравлический удар, сжимаемая жидкость.*

***

На рисунке 1 изображена схема гасителя гидравлического удара и колебаний давления жидкости в трубопроводных системах, выполненного в виде демпфирующей надстройки над перфорированной частью трубопровода [4]. Гаситель состоит из участка центрального трубопровода 1 с перфорацией 5, равномерно распределенной по длине гасителя и соединяющей магистраль через предкамеру 4 цилиндрической формы и коллекторы 2 с демпфирующими трубками 3, расположенными соосно с участком перфорированного трубопровода и корпусом предкамеры. Количество демпфирующих элементов и их геометрические параметры определяют на основе конкретных требований к динамике трубопровода и режимов работы нагнетательных установок.

Во время прохождения пульсации давления в гидросистеме волна, проходя через перфорации 5 центральной трубы 1 в предкамеру 4, коллекторы 2 и упругие демпфирующие трубки 3, деформирует последние.

Отличительной особенностью гасителей данной конструкции является высокая способность рассеивания энергии давления жидкости в центральном трубопроводе за счет потерь давления на перфорациях.

Предположим, что в момент времени $t = 0$ произошло мгновенное закрытие задвижки 6 (см. рис. 1). Начало координат поместим у задвижки, а ось X направим против течения. Рассмотрим процессы, связанные с распространением волны давления через гаситель.

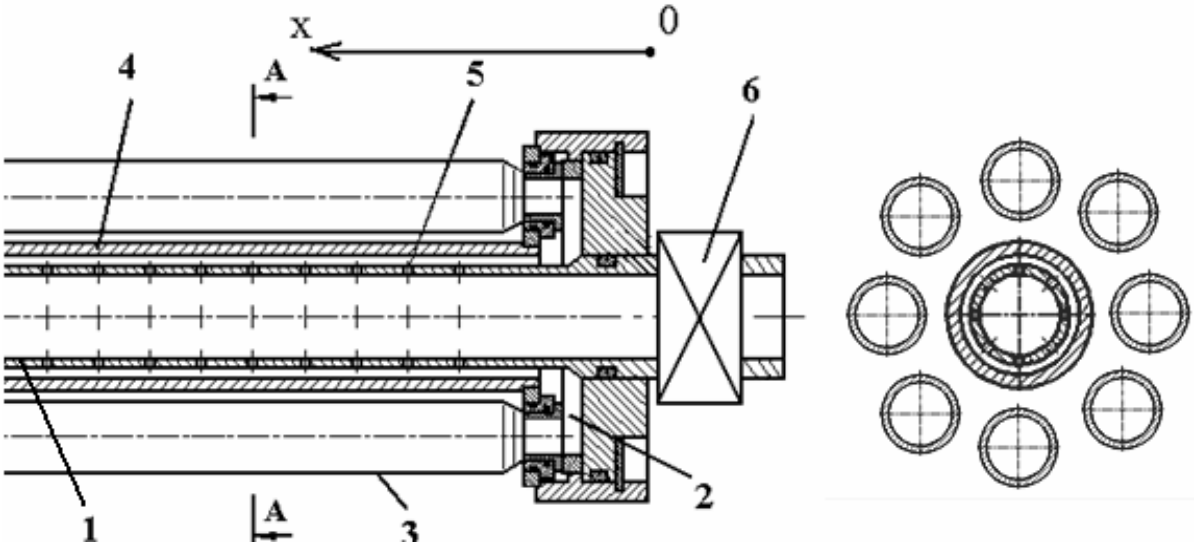


Рис. 1. Схема гасителя гидравлического удара

Напишем систему уравнений движения сжимаемой жидкости в системе трубопровод–гаситель без учета гидравлических сопротивлений, при этом не будем учитывать деформации стенок предкамеры и перфорированной трубы. Пренебрежение деформациями предкамеры и перфорированной трубы связано с тем, что гаситель как специальное включение в трубопроводную систему рассчитывается на значительно большие давления, к тому же перфорированная труба находится под действием как внутреннего, так и внешнего давлений.

Уравнение неразрывности в перфорированной трубе имеет следующий вид:

$$\frac{\partial\left(r^2 v\rho\right)}{\partial x} + 2rv_n\rho = -\frac{\partial\left(r^2\rho\right)}{\partial t}, \qquad (1)$$

где r – внутренний радиус трубопровода;

$\rho(x,t)$ – плотность жидкости;

$v(x,t)$ – средняя в сечении скорость жидкости;

$v_n(x,t)$ – средняя скорость перетекания через боковую поверхность трубы;

x – координата произвольного сечения;

t – время.

Зависимость перепада давлений на перфорациях от средней скорости перетекания с учетом потерь напора может быть представлена как сумма линейной и нелинейной частей [3]:

$$P - P_k = Av_n + Bv_n|v_n|, \qquad (2)$$

где $P(x,t)$ – среднее давление в сечении перфорированной трубы;

$P_k(x,t)$ – среднее давление в сечении предкамеры;

A и B – соответственно линейный и квадратичный коэффициенты сопротивления перфорации.

Уравнение движения сжимаемой жидкости в перфорированном трубопроводе без учета гидравлических сопротивлений представим в виде

$$\rho\frac{dv}{dt} = -\frac{\partial P}{\partial x}. \qquad (3)$$

Примем, что жидкость подчиняется закону Гука:

$$P - P_0 = E\left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1\right), \qquad (4)$$

где ρ_0 – плотность при давлении P_0;

E – модуль объемного сжатия жидкости.

Справедливы аналогичные соотношения, описывающие движение жидкости в предкамере и демпфирующих трубках:

$$\frac{\partial\left[\left(rh_k + \frac{h_k^2}{2}\right)v_k\rho_k\right]}{\partial x} - rv_n\rho = -\frac{\partial\left[\left(rh_k + \frac{h_k^2}{2}\right)\rho_k\right]}{\partial t}; \qquad (5)$$

$$\rho_k\frac{dv_k}{dt} = -\frac{\partial P_k}{\partial x}, \qquad (6)$$

$$P_k - P_0 = E\left(\frac{\rho_k}{\rho_0} - 1\right), \qquad (7)$$

$$\frac{\partial(f\rho_Д v_Д)}{\partial x} = -\frac{\partial(f\rho_Д)}{\partial t}, \qquad (8)$$

$$f\rho_Д\frac{dv_Д}{dt} = -\frac{\partial(P_Д f)}{\partial x}, \qquad (9)$$

$$P_Д - P_0 = E\left(\frac{\rho_Д}{\rho_0} - 1\right), \qquad (10)$$

где h_k – высота предкамеры;

$\rho_k(x,t)$, $v_k(x,t)$ – плотность и средняя в сечении скорость жидкости в предкамере;

f – площадь поперечного сечения демпфирующей трубки;

$\rho_Д(x,t), v_Д(x,t), P_Д(x,t)$ – соответственно плотность, средние в сечении скорость и давление жидкости в демпфирующей трубке.

Предположим, что площадь демпфирующей трубки зависит от давления жидкости согласно закону Гука [5]:

$$P_Д - P_0 = \frac{E_Д}{a}\left(\frac{f}{f_0} - 1\right), \qquad (11)$$

где a – некоторый безразмерный коэффициент, зависящий от формы сечения и толщины стенок демпфирующей трубки;

f_0 – её площадь поперечного сечения при давлении P_0;

$E_Д = \frac{E_M}{1-\mu^2}$ – модуль упругости 1-го рода материала демпфирующей трубки;

$E_М$ – модуль Юнга;

μ – коэффициент Пуассона материала трубы.

Заметим, что для тонкостенных труб круглого поперечного сечения $a = \frac{2R_0}{\delta_0}$, где R_0 – радиус трубы при давлении P_0; ρ_0 – толщина стенки трубы.

Н.Е. Жуковским [2], рассматривавшим движение идеальной жидкости с равномерным распределением скоростей в сечении, было установлено, что для малых дозвуковых скоростей в уравнениях движения можно пренебречь конвективными членами $v\frac{\partial v}{\partial x}$ и $v\frac{\partial \rho}{\partial x}$.

Учитывая лишь линейные потери давления на перфорациях, линеаризуем полученную систему уравнений.

Предположим, что до момента времени $t = 0$ движение жидкости было стационарным. Отсюда следует, что в силу линейности нашей системы мы можем под $v, P, v_k, P_k, v_Д, P_Д$ для $t \geq 0$ подразумевать их избыточные значения над стационарными, существовавшими в момент $t \leq 0$. Таким образом, начальные условия будут следующие:

$$t = 0,\ v = 0,\ P = 0,\ v_k = 0,$$
$$P_k = 0,\ v_Д = 0,\ P_Д = 0. \qquad (12)$$

Задачу о гидравлическом ударе в перфорированной части трубопровода будем решать, используя граничные условия в сечении $x = 0$ и условия постоянства параметров набегающего потока на бесконечности.

Граничные условия в сечении $x = 0$ имеют следующий вид:

$$v(0,t) = v_0 \qquad (13)$$

– условие полного торможения потока жидкости на задвижке, где v_0 – абсолютная величина скорости набегающего потока;

$$P_k(0,t) = P_Д(0,t), \qquad (14)$$

– условие непрерывности давления;

$$n \cdot f(0,t)v_Д(0,t) = -\pi(2rh_k + h_k^2)v_k(0,t) \qquad (15)$$

– условие баланса расходов, где n – число демпфирующих трубок, $t > 0$.

При этом последнее условие баланса расходов линеаризуем.

Из предельных условий на бесконечности будем иметь

$$v(\infty,t) = 0,\ P(\infty,t) = 0,\ v_k(\infty,t) = 0,$$
$$P_k(\infty,t) = 0,\ v_Д(\infty,t) = 0,\ P_Д(\infty,t) = 0, \qquad (16)$$

где $t > 0$.

В рамках линеаризованной системы уравнений движения жидкости в трубопроводе с гасителем операционным методом было получено решение задачи в изображениях.

Численное обращение решения на ЭВМ осуществлялось путем представления полученных решений в виде сумм произведений некоторых экспоненциальных функций на функции, разлагаемые в

ряд Лорана в окрестности бесконечно удаленной точки [1].

Головные значения волны давления в перфорированной части магистрального трубопровода в случае демпфирующих трубок круглого поперечного сечения при средней скорости стационарного течения воды v_0 = 2 м/с, r = 0,05 м изображены на рисунке 2. Меньший скачок давления на фронте волны достигается при большей высоте предкамеры h_k, при этом длина гасителя, начиная с которой головное значение волны давления уменьшается незначительно, определяется коэффициентом сопротивления перфорации. Головное значение волны давления в случае мгновенного закрытия задвижки в трубопроводе оказалось мало зависящим от количества, формы поперечного сечения и материала демпфирующих трубок, так как демпфирующее влияние ввиду инерции трубок сказывается больше на параметры потока за фронтом и меньше на сам уходящий фронт.

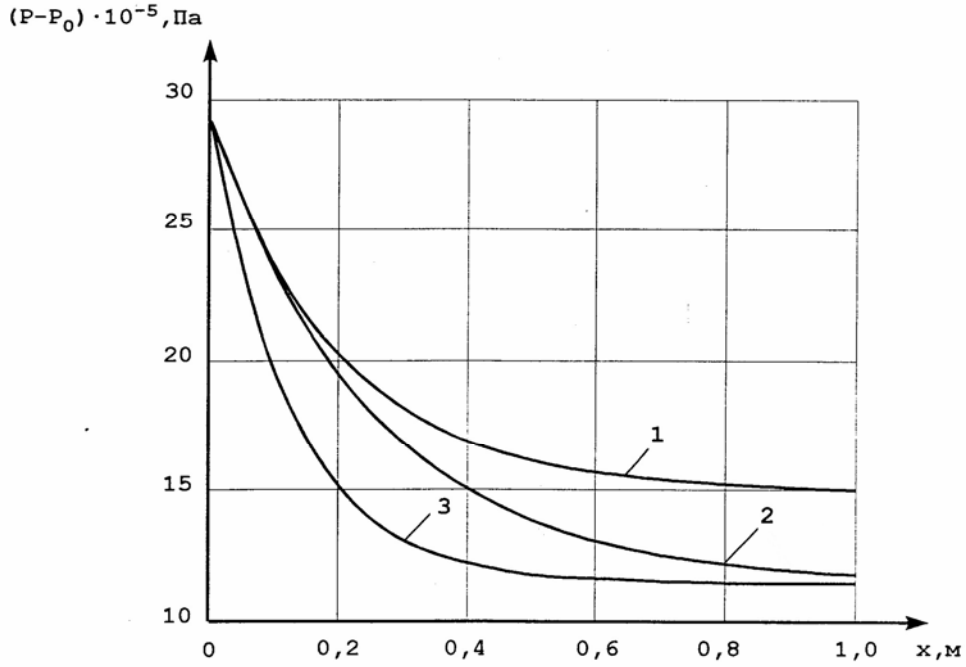


Рис. 2. Головное значение волны давления: 1 – h_k= 0,02 м; A=1,2·10^7 Н·с/м^3; 2 – h_k = 0,03 м; A=1,2·10^7 Н·с/м^3;3 – h_k = 0,03 м; A=0,6·10^7 Н·с/м^3

Список литературы

1. Апальков В.В. О расчете гасителя гидравлического удара во время прохождения волны через него. М., 1984. 14 с. Деп. в ВИНИТИ 26.12.84, № 8320–84.

2. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах // Избранные сочинения. М.: Гостехтеориздат, 1948. Т. 2. 422 с.

3. Рахматулин Х.А. Обтекание проницаемого тела // Вестник МГУ. Вып. 2. № 3. 1950. С. 41–55.

4. Стабилизация колебаний давления в трубопроводных системах энергетических установок / Р.Ф. Ганиев, Х.Н. Низамов, А.И. Чучеров, П.П. Усов. М.: Изд-во МГТУ, 1993. 184 с.

5. Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. М.: Недра, 1975. 295 с.

Получено 27.07.2012.

V.V. Apalkov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: povt55@mail.ru)

THE RESEARCH OF HYDRAULIC BLOW IN PERFORATE PART OF PIPELINE WITH STABILIZER

In this article the construction of stabilizer of hydraulic blow carried out in the form of damping superstructure over perforated part of pipeline is provided. Also, the method of calculation, which permits to research the influence of a stabilizer on a pressure wave at the moment of its passing through a stabilizer is suggested.

Key words: *pipeline, the stabilizer, damping pipes, compressed liquid , hydraulic blow.*

УДК 539.23

В.В. Умрихин, канд. физ.-мат. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: uvv744004@yandex.ru)

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ СЛОЕВ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РЕАКТИВНОГО РАСПЫЛЕНИЯ СПЛАВА ИНДИЙ-ОЛОВО

Рассмотрены особенности получения прозрачных проводящих слоев. Экспериментально определены оптимальные режимы получения прозрачных проводящих слоев методом магнетронного реактивного распыления сплава индий-олово с сопротивлением ~1000 Ом/квадрат и прозрачностью не ниже 75%.

Ключевые слова: *магнетронное распыление, прозрачное проводящее покрытие, сплав индий-олово.*

***

Для исследования оптических свойств фоторефрактивных материалов, например для монокристаллов типа силленита, возникает проблема создания прозрачных проводящих электродов на их поверхности, причем покрытие должно быть согласовано по механическим и оптическим свойствам. Электропроводящие прозрачные пленки могут быть созданы на базе оксидов индия, олова, кадмия, цинка, титана и др. [1].

Для получения пленок прозрачных оксидов применяют различные методы осаждения [1], в том числе: ионное распыление в тлеющем разряде постоянного тока, высокочастотное ионное распыление, ионное осаждение, пульверизацию с последующим пиролизом, химическое осаждение из паровой фазы, электронно-лучевое, дискретное, реактивное и активированное реактивное испарения, а также анодирование и т.п.

Из ионно-плазменных методов для получения проводящих оксидов интерес представляет магнетронное высокочастотное (ВЧ) распыление, т.е. возможность распыления диэлектрических материалов без изменения стехиометрии с увеличением скорости за счет наложения магнитного поля [2]. Известен опыт распыления смеси In_2O_3 + 9мол% SnO_2 со скоростью 16 нм/мин при мощности 800 Вт [3]. В качестве подложек использовалось стекло пирекс при температуре 40–180°С. Производилась предварительная откачка до давления $1{,}33\cdot10^{-5}$ Па, парциальное давление кислорода при распылении составляло $(2{,}7–9{,}3)\cdot10^{-3}$ Па. При меньшей температуре или меньшем давлении кислорода образовывались аморфные пленки. В этом случае необходим отжиг в среде кислорода при температуре 200 С.

Несмотря на некоторые преимущества непосредственного распыления окислов ВЧ-магнетроном, этот тип распыления дает низкие скорости конденсации и вследствие этого низкую производительность вакуумной установки. Кроме того, имеются определенные трудности в согласовании источника питания магнетрона с нагрузкой при работе на высоких частотах.

От этих недостатков свободен метод магнетронного реактивного распыления на постоянном токе. При магнетронном реактивном распылении катод распылительного устройства изготавливается из металла или сплава, а распыление идет в атмосфере аргона и кислорода. Указанный метод дает возможность получения пленок из оксидов индия с поверхностным

сопротивлением от 5 до 50 Ом/квадрат со светопропусканием 80–90% [4, 5].

Скорость осаждения существенно зависит от удельной мощности разряда, давления рабочего газа, соотношения между аргоном и кислородом, расстояния мишень – подложка. При реактивном распылении сплава индия и олова (95% In + 5% Sn) увеличение доли кислорода в смеси газов резко снижает скорость осаждения и требует увеличения удельной мощности разряда. Так, при содержании кислорода в газовой смеси в количестве 75% скорость осаждения 10 Å/с достигается при удельной мощности 24 Вт/см ^{2}, в то время как при содержании 15% кислорода для той же скорости осаждения необходима мощность 3–4 Вт/см^2, наименьшее значение удельного сопротивления (~$1\cdot10^{-4}$ Ом·м) получено при удельной мощности разряда 8–12 Вт/см^2 [6]. С ростом концентрации кислорода в газовой смеси минимумы электросопротивления и поглощения перемещались в сторону больших удельных мощностей.

Прозрачные проводящие покрытия получали на экспериментальной установке магнетронного распыления, структурная схема которой представлена на рис. 1.

Типичные значения электросопротивления прозрачных электродов должны составлять величины порядка 1000–1500 Ом на квадрат, прозрачность не менее 75% [7]. Прозрачные проводящие пленки получали методом реактивного магнетронного распыления катода-мишени (95% In + 5% Sn) диаметром 80 мм и толщиной 7 мм. Расстояние мишень-подложка составляло 70 мм.

Для снижения скорости окисления металлической мишени и увеличения скорости осаждения окисных пленок индий-олово использовалось разделение газов: инертный газ (аргон) подводили непосредственно к мишени, а реакционный газ (кислород) – в зону осаждения. Рабочий объем камеры предварительно откачивали до давления $5\cdot10^{-3}$ Па, затем при давлении аргона 0,3 Па проводили тренировку мишени. Для этой системы было получено семейство вольт-амперных характеристик (ВАХ), представленное на рис. 2.

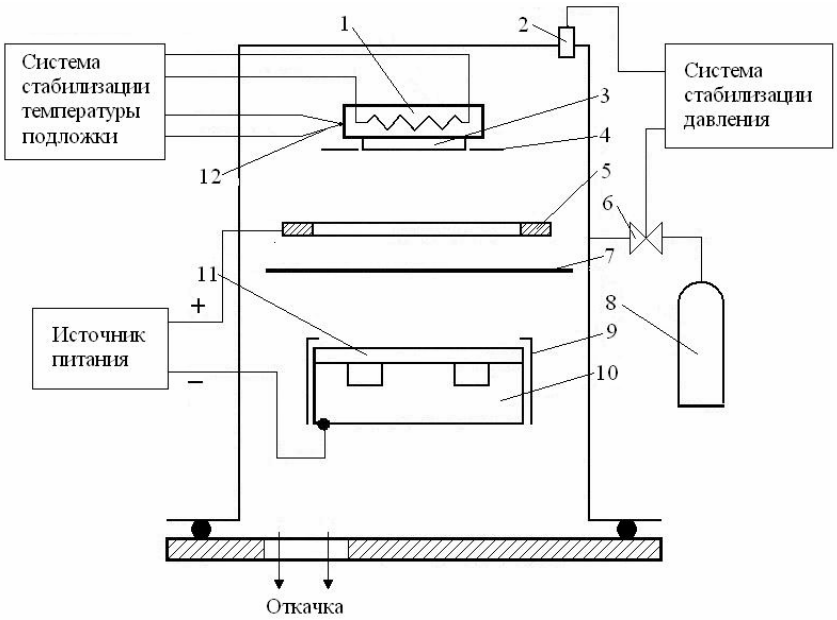


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки для магнетронного нанесения функциональных покрытий: 1 – держатель подложки с нагревателем; 2 – датчик давления ПМИ-10-2; 3 – подложка; 4, 9 – экраны; 5 – анод; 6 – управляемый натекатель рабочего газа; 7 – заслонка; 8 – баллон с рабочим газом; 10 – магнитная система распылительного узла; 11 – катод-мишень распылительного узла; 12 – термопара

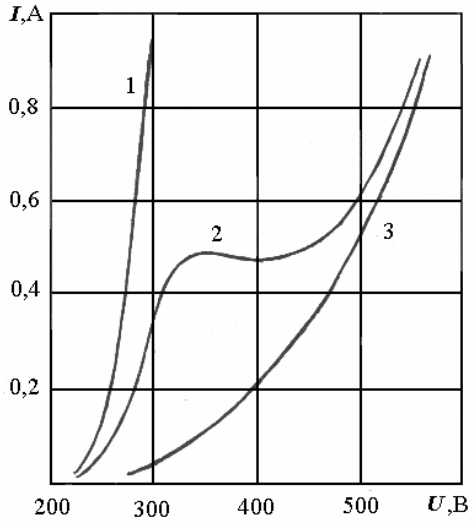


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики разряда в установке магнетронно-ионного распыления при различном содержании кислорода : 1 – 100%; 2 – 20%; 3 – аргон 100%

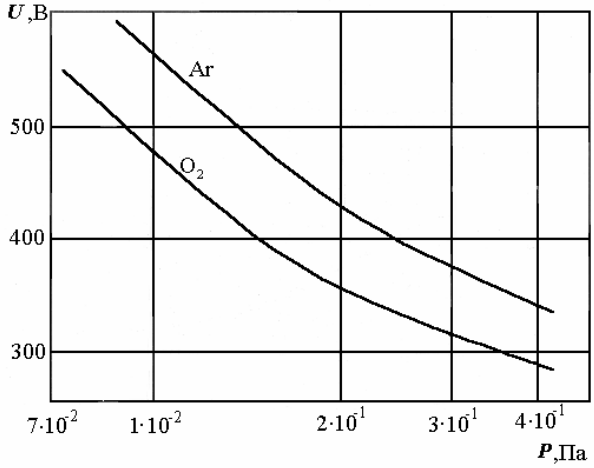


Рис. 3. Зависимость напряжения зажигания U разряда от давления рабочих газов P

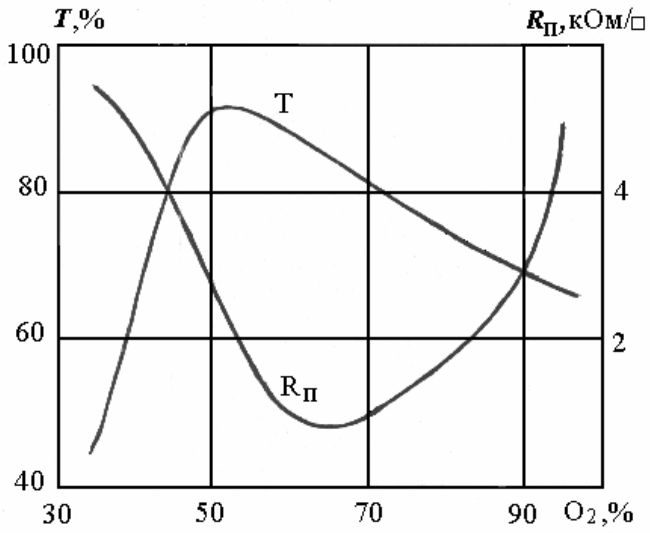


Рис. 4. Зависимость прозрачности T и поверхностного сопротивления $R_п$ от содержания кислорода O_2

ВАХ при содержании кислорода 20% приобретает N-образную форму, напряжение горения в смеси газов становится меньше, чем в аргоне. Изменение состава рабочего газа с аргона на кислород приводит к смещению кривой для напряжения зажигания вниз в область меньших напряжений (рис. 3).

Прозрачные электропроводящие пленки получали при плотности мощности на мишени 3 Вт/см2, температуре подложки 75оС и различных соотношениях кислорода и аргона в газовой смеси.

Значения поверхностного сопротивления пленок, полученных при этих условиях, имели очень большие величины (свыше 10 МОм), поэтому дополнительно проводили доокисление в кислороде при давлении в камере 50 Па и температуре 200оС в течение часа. В результате такого отжига электросопротивление уменьшилось более чем на 3 порядка.

Зависимости прозрачности и электросопротивления пленок оксистанната индия от содержания кислорода после доокисления приведены на рис. 4. Следует отметить, что прозрачность пленок до и после доокисления практически не изменилась. Кривая прозрачности пленок имеет максимум (прозрачность ~90%) при содержании кислорода в смеси около 50% и при увеличении содержания кислорода экспоненциально уменьшается до 68%, кривая поверхностного сопротивления имеет минимум (Rп~1000 Ом/квадрат) при 60% кислорода.

Список литературы

1. Чопра К., Дас С. Тонкопленочные солнечные элементы. М.: Мир, 1986. 435 с.

2. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. М.: Энергоатомиздат, 1989. 328 с.

3. Buchanan M. Preparation of conducting and transparent thin films of tin-doped indium oxideby magnetron sputtering // Appl. Phys. Lett. 1980. Vol. 37. P. 213.

4. Howson R.P. Properties of conducting transparent oxide films produced by ion plating onto room-temperature substrates// Appl.Phys.Lett. 1979. Vol. 35, № 2. P. 161–162.

5. Manifacter J.C. In2O3 (Sn) and SnO2 (Sb) Films. Application to solar energy converion. Part 2. Electrical and optical properties// Mat.Res.Bull. 1979. Vol. 14. P. 163–175.

6. Дудонис Ю., Иотаутис А., Растянис В. Создание электропроводящих прозрачных слоев ионно-плазменным методом // Физическая электроника. Вильнюс, 1980. С. 26–48.

7. Пространственные модуляторы света / А.А. Васильев, Д. Касасент, И.Н. Компанец, А.В. Парфенов. М.: Радио и связь, 1987. 320 с.

Получено 27.07.2012.

V.V. Umrikhin, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: uvv744004@yandex.ru)

ESPECIALLY MANUFACTURING TRANSPARENT CONDUCTIVE LAYERS BY THE METHOD OF MAGNETRON REACTIVE SPUTTERING OF INDIUM-TIN ALLOY

The features of the receipt of transparent conductive layers. The experimentally determined optimum conditions obtain transparent conductive layers by magnetron reactive sputtering of indium-tin alloy with resistance about 1000 ohms / square and a transparency of at least 75%.

Key words: *magnetron sputtering, transparent conductive coating, indium-tin alloy.*

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 615.47

А.В. Новиков, д-р мед. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

С.А. Ештокин, канд. мед. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712) 58-70-98)

ОЦЕНКА МОТОРНО-ЭВАКУАТОРНОЙ ФУНКЦИИ КИШЕЧНИКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЛАПАРОТОМИИ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ У ПАЦИЕНТОВ С РАСПРОСТРАНЕННЫМ ПЕРИТОНИТОМ

Произведен ретроградный анализ 100 историй болезни пациентов с распространенным гнойным перитонитом. Пациенты разделены на две группы. В первую группу вошли больные, которым потребовалось выполнить релапаротомию, во второй группе послеоперационный период протекал без осложнений. Выделено 6 информативных признаков нарушения моторно-эвакуаторной функции кишечника по данным клинического и ультразвукового исследований. На основании этих признаков рассчитан коэффициент уверенности, прогнозирующий необходимость релапаротомии. Произведено сравнение коэффициента уверенности у пациентов обеих групп. При значении этого коэффициента более 65 показано выполнение релапаротомии.

Ключевые слова: *моторно-эвакуаторная функция кишечника, релапаротомия, перитонит, прогнозирование.*

***

В настоящее время распространенный перитонит является одной из актуальных проблем гнойной хирургии. Летальность при перитоните, по данным ведущих отечественных клиник, составляет от 6,2% до 42,2% [1]. Цифры летальности не имеют тенденции к снижению, несмотря на современные достижения. Важной проблемой у пациентов с перитонитом является вопрос о необходимости релапаротомии в раннем послеоперационном периоде. Затягивание со сроками выполнения релапаротомии ведет к увеличению цифр летальности и количества осложнений [3]. Одним из важнейших критериев для решения этого вопроса служит нарушение моторно-эвакуаторной функции кишечника. Известны способы оценки моторно-эвакуаторной функции кишечника по клинико-ультразвуковым данным [2], по оценке кровотока в брыжейке [4]. Недостатком известных способов является отсутствие четких математических критериев нарушения пропульсивной функции кишечника, а также прикладного применения их для оценки развития осложнений и их коррекции, в частности релапаротомии.

Задачей данного исследования являлась оценка моторно-эвакуаторной функции кишечника в раннем послеоперационном периоде и прогнозирование на ее основе риска релапаротомии у конкретного пациента.

Материалы и методы

Проанализировано 100 историй болезни пациентов с распространенным перитонитом (исключались панкреонекроз, онкопатология, сосудистое поражение кишечника) ОБУЗ КГКБ СМП с 2001 по 2011 г. Всем больным проводилось оперативное лечение, включавшее срединную лапаротомию, ликвидацию источника перитонита, санацию, дренирование брюшной полости с ее ушиванием «наглухо». Пациенты были разделены на две группы. В первую группу (n = 38) вошли больные, которым в послеоперационном периоде была выполнена релапаротомия. Во второй группе (n = 62) послеоперационный период протекал без осложнений. Обе группы были равнозначны по полу и возрасту.

На основании данных литературы, собственных исследований и экспертной оценки сформулирован перечень информативных признаков нарушения моторно-эвакуаторной функции кишечника по

данным клинического и ультразвукового исследования в раннем послеоперационном периоде. Данные критерии оцениваются на 3-и сутки послеоперационного периода. Для каждого из выделенных признаков группой высококвалифицированных экспертов построены функции принадлежностей $\mu_{\omega 1}(x_i)$ (i = 1,…, 6) к классу ω_1 – требуется релапаротомия. Общий коэффициент уверенности в прогнозе по классу ω_1 рассчитывается с помощью итерационного правила логического вывода:

$$КУ(r+1) = КУ(r) + \mu_{\omega 1}(x_{i+1})\left[1 - КУ(r)\right], \quad [5]$$

где $КУ(r)$ – коэффициент уверенности в классе ω_1 на r-м шаге итерации; r – номер итерации в расчете уверенности в прогнозе; $\mu_{\omega 1}(x_{i+1})$ – функция принадлежности к прогнозу ω_1 для вновь вводимого признака с номером i+1; $КУ(1) = \mu(x_1)$.

Производился расчет коэффициента уверенности исследуемых историй болезни, его сравнительный анализ у пациентов, перенесших релапаротомию, и у пациентов без нее.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования выделены следующие информативные признаки для определения нарушений моторно-эвакуаторной функции кишечника в раннем послеоперационном периоде:

X1 – наличие интраоперационного синдрома кишечной недостаточности, проявляющейся в наличии расширенных петель кишечника, содержащих жидкость и газ, их неэффективной перистальтики (нет, есть);

X2 – перистальтика кишечника по данным аускультации на 3-е сутки послеоперационного периода (есть, нет);

X3 – дебит по зонду (мл) на 3-и сутки послеоперационного периода (менее 500 мл, 500-1000 мл, более 1000 мл);

X4 – характеристика перистальтики кишечника по данным УЗИ, которое выполняется на 3-и сутки послеоперационного периода (нормальная, маятникообразная);

X5 – наличие свободной жидкости в брюшной полости по данным УЗИ на 3-и сутки послеоперационного периода (есть, нет);

X6 – диаметр петель кишечника по данным УЗИ на 3-и сутки послеоперационного периода (менее 3 см, 3-4 см, более 4 см).

Функции принадлежностей определяются с помощью продукционных правил следующим образом.

1. ЕСЛИ (x_1 – есть) ТО $\left[\mu(x_1) = 0,3\right]$, ИНАЧЕ $\left[\mu(x_1) = 0\right]$;

2. ЕСЛИ (x_2 – нет) ТО $\left[\mu(x_2) = 0,3\right]$, ИНАЧЕ $\left[\mu(x_2) = 0\right]$;

3. ЕСЛИ (x_3 – более 1000) ТО $\left[\mu(x_3) = 0,3\right]$ ИНАЧЕ

$\{$ЕСЛИ (x_3 – 500-1000) ТО $\left[\mu(x_3) = 0,1\right]\}$

ИНАЧЕ $\{$ЕСЛИ ($x_{\backslash 3}$ – менее 500) ТО $\left[\mu(x_3) = 0\right]$;

4. ЕСЛИ (x_4 – маятникообразная) ТО $\left[\mu(x_4) = 0,3\right]$ ИНАЧЕ $\left[\mu(x_4) = 0\right]$;

5. ЕСЛИ (x_5 – нет) ТО $\left[\mu(x_5) = 0\right]$ ИНАЧЕ ИНАЧЕ $\left[\mu(x_5) = 0,2\right]$;

6. ЕСЛИ (x_6 – более 5) ТО $\left[\mu(x_6) = 0,3\right]$ ИНАЧЕ

$\{$ЕСЛИ (x_6 – 3-5) ТО $\left[\mu(x_6) = 0,1\right]$ $\}$

ИНАЧЕ $\{$ЕСЛИ (x_6 – менее 3) ТО $\left[\mu(x_6) = 0\right]$.

В первой группе КУ составил 0,678±0,132, у пациентов второй группы 0,332±0,111 ($p<0,05$).

Таким образом, полученное значение коэффициента уверенности соответствует определенной вероятности в выполнении релапаротомии у конкретного

пациента. У пациентов при КУ>65 рекомендуется выполнение релапаротомии. Полученное выражение проверено на контрольной выборке при изучении историй болезни пациентов, ранее находившихся на лечении. Результаты исследования показали, что диагностическая эффективность предлагаемого метода достигает 95 %, что вполне приемлемо для использования в медицинской практике.

Таким образом, использование предложенной нами методики прогнозирования позволяет точно определять показания для проведения релапаротомии у пациентов с распространенным перитонитом.

Выводы

1. У пациентов после перенесенного оперативного лечения по поводу распространенного перитонита в раннем послеоперационном периоде необходимо проводить оценку моторно-эвакуаторной функции кишечника по данным клинического и ультразвукового исследования.

2. Необходимо произвести расчет коэффициента уверенности в прогнозе выполнения релапаротомии.

3. При значении коэффициента уверенности более 65 необходимо выполнение релапаротомии.

Список литературы

1. Гостищев В.К., Сажин В.П., Авдовенко А.Л. Перитонит / М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. 238 с.

2. Синдром кишечной недостаточности в неотложной абдоминальной хирургии (от теории к практике) / А.С. Ермолов, Т.С. Попова, Г.В. Пахомова, Н.С. Утешев. М., 2005. 460 с.

3. Сроки и исходы релапаротомий по поводу перитонитов / Сафаров С.Ю., Магомедов Н.И., Алиев М.А. [и др.] // Научные исследования в реализации программы «Здоровье населения России»: матер. III Междунар. хирургического конгресса. М., 2008. С. 340.

4. Петухов В.А. Сон Д.А., Миронов А.В. Эндотоксиновая агрессия и дисфункция эндотелия при синдроме кишечной недостаточности в экстренной хирургии органов брюшной полости: причинно-следственные взаимосвязи // Анналы хирургии. 2006. № 5. С. 27–33.

5. 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.

6. Holzheimer R.G., Dralle H. Paradigm change in 30 years peritonitis treatment – a review on source control // Eur. J. Med. Res. 2001.Vol. 6. P. 256–260.

Получено 13.06.12.

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

S.A. Eshtokin, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-70-98)

EVALUATION MOTOR-EVACUATION FUNCTION OF THE INTESTINAL-KA AND PREDICTION RELAPAROTOMY EARLY AFTER-OPERATING PERIOD IN PATIENTS WITH PERITONITIS-TION HAS SPREAD

Retrograde analysis produced 100 case histories of patients with diffuse purulent peritonitis. The patients were divided into two groups. The first group consisted of patients who need to execute relaparotomy in the second group the postoperative period was uneventful. Allocated 6 informative features motor-evacuation disorders of bowel function according to clinical and ultrasound studies. Based on these characteristics calculated the coefficient of confidence, predicting the need for relaparotomy. A comparison of the coefficient of confidence in both groups. At the value of this coefficient is more than 65 shows running relaparotomy.

Key words: *motor-evacuation function of the intestine, relaparo-tomy, peritonitis, prediction.*

УДК 616.34-008.87+616-097: 574 (574. 31)

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

ОЦЕНКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ И ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЭКОЛОГИИ КИШЕЧНИКА ПРИ АЛЛЕРГО- И ИММУНОПАТОЛОГИИ

В настоящей работе приводятся результаты анализа микроэкологических изменений кишечника у больных с различными клиническими формами аллерго- и иммунопатологии. Отмечено, что при дисактериозе изменяется качественно-количественный состав микрофлоры на фоне резко сниженной локальной защиты кишечника. Во всех обследуемых клинических группах больных с аллерго- и иммунопатологией III и IV степень дисбактериоза в среднем составила 84,8%. В связи с этим более актуальной становится оценка состояния микроэкологического статуса населения и его поддержания на оптимальном уровне.

Ключевые слова: *прогнозирование, дисбактериоз, микроэкология кишечника, местный иммунитет.*

***

Микрофлора человека играет важную роль в формировании комплекса ответных специфических реакций макроорганизма. При этом показано, что грамотрицательные микроорганизмы являются более сильными иммуногенами, чем грамположительные. По мере накопления фактов складывались представления о местной регуляции синтеза SJgA и JgE, о рециркуляции не только В-, но и Т-лимфоцитов, заселяющих преимущественно слизистые оболочки [1,4,7].

Мы полагаем, что глубина и характер дисбиотических нарушений связана как с этиопатогенетическими особенностями заболеваний, так и, несомненно, с региональными особенностями проживания обследуемых нами лиц. Увеличение числа лиц с нарушенной микробной экологией кожи и слизистых, с врожденными и приобретенными иммунодефицитами, расширение спектров окружающей среды и увеличение интенсивности их воздействия, способствующих селекции микробных агентов с повышенным патогенным потенциалом, способствует изменению течения патологических процессов у человека [5,6].

Остаются неясными ведущие причины, факторы риска, а также роль защитной микрофлоры и степень локальной реактивности кишечника, что предполагает своевременную постановку диагноза, решение вопросов профилактики и эффективного лечения. Это и послужило основанием для выбора направления наших собственных исследований.

У всех обследованных пациентов проведен комплекс стандартных и унифицированных тестов [2, 3, 4]. Полученные цифровые данные клинико-лабораторных, иммунологических исследований обработаны методом корреляционной и регрессионной статистики с использованием пакета прикладных программ Statgraphics.

В настоящей работе приводятся результаты анализа микроэкологических изменений кишечника у 165 больных. Характер и значимость различных бактериальных сдвигов в составе микрофлоры кишечника изучены у 50 больных с респираторной формой аллергопатологии (бронхиальная астма, хронические обструктивные бронхиты с астматическим синдромом) – I группа; у 60 больных с аллергодерматозами – II группа; у 15 больных с аутоимунной патологией – III группа; у 40 больных со вторичным ИДС (иммунодефицитом), сопровождающимся рецидивирующими воспалительными процессами бактериальной природы в стадии обострения (бронхиты, отиты, ГВЗ кожи, пиелонефриты) – IV группа.

В 86,6% обследуемые лица были в возрастной группе от 16 до 55 лет, остальные детского возраста (9–14 лет); лиц мужского пола 43,4%; женского – 56,6%. У всех больных в анамнезе не было указаний на перенесенные заболевания желудочно-кишечного тракта.

Результаты изучения микроэкологических изменений в кишечнике при различных клинических формах аллерго- и иммунопатологии представлены в таблице.

Выраженность степени дисбактериоза у обследуемых больных с различными клиническими формами аллерго- и иммунопатологии (абс. число/%±m)

Группы больных		Степень дисбактериоза				
		эубиоз	1	2	3	4
I n =50	абс.%±m	- -	- -	6 12,0±4,6	19 38,0±6,8	25 50,0±7,0
II n=60	абс. %±m	- -	3 5,0±2,8	11 18,3±4,9	16 26,7±5,7	30 50,0±6,4
III n=15	абс. %±m	- -	- -	5 33,3±12,1	- -	10 66,7±12,1
IV n=40	абс. %±m	- -	- -	- -	20 50,0±7,9	20 50,0±7,9
Итого n=165	Абс %±m	- -	3 1,8±1,0	22 13,3±2,6	55 33,3±3,6	85 51,5±3,9

Как видно из таблицы, проведенные исследования показали, что нарушение состава нормальной микрофлоры фекалий выявлены практически во всех четырех обследуемых группах. По характеру микроэкологических изменений следует обратить внимание на достоверное снижение количества ОМЧ E. coli, особенно у больных с аллергодерматозами (61,7±6,2%) и ВИДС (52,5±7,9%), ($p<0,01$-$0,001$).

Повышенное содержание золотистых стафилококков (стафилококковый дисбактериоз) достоверно чаще наблюдалось при аллергодерматозах (45,0±6,4), тогда как у больных с респираторной формой аллергопатологии – в 26,0±6,2 ($p<0,05$), а при ВИДС – 20,0±6,3 ($p<0,01$).

Эшерихиозный дисбактериоз (со значительным увеличением гемолитических эшерихий и ассоциации УПМ) достоверно чаще установлен при респираторной форме аллергопатологии и у больных с ВИДС ($p<0,01$-$0,05$).

Грибы Candida (кандидозный дисбактериоз) чаще всего (35,0±7,5%) выделяли у больных с ВИДС. Отмечен высокий процент дефицита защитной микрофлоры: бифидобактерий – 81,8±5,5%; 76,7±5,4%; 66,7±12,1 для первых трех групп, а для больных IV группы – со вторичным иммунодефицитным состоянием в 100%. Еще более выраженный дефицит установлен для лактобактерий: 92,0±3,8%; 85,0±4,6%; 86,6±8,8 и 100%, что свидетельствует о серьезных нарушениях микроэкологии кишечника. На это же указывают и данные выраженности степени дисбактериоза: III и IV степени во всех обследуемых клинических группах больных с аллерго- и иммунопатологией (в среднем у 84,8±2,8%), а в четверной группе обследуемых с ВИДС наблюдали только III и IV степени дисбиотических изменений (50,0±7,9%; 50,0±7,9 соответственно).

При экозависимом дисбактериозе изменяется не только качественно-количественный состав микрофлоры, но и биологические особенности эшерихий, кандид и другой условно-патогенной флоры на фоне резко сниженной локальной защиты кишечника [8].У всех обследованных нами больных лизоцимная активность в копрофильтрате в разведении -10^{-1} была снижена. Средняя концентрация SIgA у обследуемых лиц с аллерго- и иммунопатологией была более чем в 2 раза выше, чем у обследуемых с аллергодерматозами при сниженных показателях лизоцима, что может служить диагностическим показателем серьезных нарушений микроэкологии ЖКТ. Лизоцимная

активность была снижена у всех обследованных, однако среднее его содержание (мкг/мл) достоверно превышало у обследуемых с аллергодерматозами (12,2±2,2) по отношению с ВИДС (8,5±1,3; $p < 0,01$). Глубина и характер дисбиотических нарушений связана с патогенетическими особенностями заболеваний и, несомненно, с формированием региональных экологически обусловленных иммунодефицитных состояний, как системных, так и местных. Об этом свидетельствует устойчивая отрицательная корреляция между показателями метаболической активности нейтрофилов (в индексе стимуляции) и степенью дисбиотических нарушений ($r = -0,709$, $p = -0,645$).

В связи с изложенными данными полагаем, что наряду с традиционными методами диагностики, профилактики и лечения различных клинических форм аллерго- и иммунопатологии все более актуальной становится оценка состояния иммуномикроэкологического статуса населения и его поддержания на оптимальном уровне, а при необходимости его восстановление различными комбинированными средствами.

Список литературы

1. Клинико-биологические параллелина рушений иммунного статуса и дисбактериоза кишечника / Т.П. Шаманек, В.И. Подледнев, В.И. Сурков [и др.] // Дисбактериозы и эубиотики: тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. М., 1996. С. 40.

2. Бактериологическая диагностика, клиника и основные принципы лечения дисбактериоза кишечника при сальмонеллезах / А.Л. Котова, Т.И. Дмитровская, Л.С. Безрукова, Г.А. Климова. Алма-Ата, 1978. 30 с.

3. Микробиологическая диагностика дисбактериозов кишечника / Н.Н. Володин, Б.А. Ефимов, А.П. Пикина [и др.]. М., 1997. 24 с.

4. Пинегин Б.В., Коршунов В.М., Шкарупета М.М. Индигенные микроорганизмы как иммуномодуляторы // Иммуномодуляторы. М., 1987. С. 148–156.

5. Хаитов Р.М., Пинегин Б.В. Иммунная система желудочно- кишечного тракта: Особенности строения и функционирования в норме и при патологии // Иммунология. 1991. № 5. С. 4–7.

6. Снопков В.Н. Взаимосвязи показателей иммунитета и колонизационной резистентности кожи и слизистых при вирусиндуцированном вторичном иммунодефиците // Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030»: тр. Междунар. конф. Караганда, 1999. С.652–654.

7. Снопков В.Н. Коррекция дисбиотических нарушений кишечника препаратами растительного и микробного происхождения // Биотехнология. 2000. № 3–4. С. 100–102.

8. Снопков В.Н. Методические подходы к иммуно-микроэкологической диагностике и коррекции иммунодефицитных состояний (в условиях Центрального Казахстана). Караганда, 2001. 123 с.

Получено 18.06.12.

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

EVALUTION OF DIAGNOSTIC AND PROGNOSTIC SIGNIFICANCE INDICATORS MICROECOLOGY BOWEL IN ALLERGIES – AND IMMUNOPATOLOGY

This paper presents the results of the analysis of changes microecological intestine in patients with different clinical forms of allergy and immunopathology. Noted that changes in dysbacteriosis qualitative-quantitative composition of microflora, amid a sharp decline in local protection of the intestine. In all the surveyed clinical groups of pa-

tients with allergies and - Immunopathology III and IV group dysbiosis averaged 84.8%. In this regard, the emphasis that assessment microecological status of the population and maintain the optimum level.

Key words: *Forecasting, overgrowth, intestinal microenvironment, local immunity.*

УДК 615.47

А.Г. Коцарь, канд. мед. наук, докторант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

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

Л.В. Стародубцева, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

НЕЧЕТКИЕ РЕШАЮЩИЕ ПРАВИЛА ДИАГНОСТИКИ КЛИНИЧЕСКИХ ФОРМ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ

В работе рассматривается метод дифференциальной диагностики мочекаменной болезни с использованием аппарата нечеткой логики принятия решений.

Ключевые слова: *мочекаменная болезнь, диагностика, нечеткая логика принятия решений.*

***

Мочекаменная болезнь (МКБ) является одним из широко распространенных урологических заболеваний, нередко склонных к тяжелому течению и рецидивам. В связи с широкой распространенностью, особенностями развития и течения мочекаменная болезнь остается одной из актуальных проблем современной медицины, тем более, что за последние десятилетия отмечена тенденция к увеличению частоты этого заболевания, связанная с ростом влияния ряда неблагоприятных факторов окружающей среды на организм человека [1].

Повысить качество диагностики и принятия решений по выбору адекватной комбинации методов лечения пациента можно путем внедрения в практику врача-уролога автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР). Медицинские экспертные системы позволяют врачу не только проверить собственные диагностические предположения, но и обратиться к компьютеру за консультацией в трудных диагностических случаях [2].

Блок диагностики МКБ разрабатываемой СППР предполагает определение факта заболевания пациента мочекаменной болезнью и определение классификационной принадлежности диагностируемого случая с учетом следующих градаций:

- Мочекаменная болезнь. Нефролитиаз.
- Мочекаменная болезнь. Уретеролитиаз.
- Мочекаменная болезнь. Уретеронефролитиаз.

В соответствии с поставленной задачей выделены классы:

ω_{00} – МКБ, отсутствует;

$\omega_{нл}$ – МКБ, нефролитиаз;

$\omega_{ул}$ – МКБ, уретеролитиаз.

Учитывая нечеткую природу классов и признаков, характеризующих выделяемые классы исследуемого заболевания, в качестве основного математического аппарата выбрана нечеткая логика принятия решений с расчетом коэффициентов уверенности в принадлежности к искомым классам.

При определении принадлежности к искомым классам вводится единая система признаков x_i, для каждого из которых, согласно рекомендациям работы [3], с участием высококвалифицированных экспертов определяются значения функции принадлежности $\mu_{\omega_\ell}(x_i)$.

Рабочий словарь признаков включает:

Данные опроса, позволяющие выяснить анамнез заболевания и жалобы больного:

x_1 – приступы почечной колики в анамнезе,

x_2 – самостоятельное отхождение камней в анамнезе,

x_3 – нефролитотомия, пиелолитотомия, уретеролитотомия, литотрипсия в анамнезе.

Симптоматика:

x_4 – боль в поясничной области,

x_5 – периодичность боли,

x_6 – интенсивность боли,

x_7 – иррадиация боли,

x_8 – связь боли с движением,

x_9 – тошнота,

x_{10} – озноб,

x_{11} – сухость во рту.

Лабораторные показатели. **Данные общего анализа мочи:**

x_{12} – pH мочи,

x_{13} – эритроцитурия,

x_{14} – кристалурия.

Результаты ультразвукового исследования:

x_{15} – ретенция ЧЛС,

x_{16} – гиперэхогенные структуры,

x_{17} – количество гиперэхогенных структур,

x_{18} – размер,

x_{19} – акустическая тень.

Результаты рентгенологического исследования:

x_{20} – наличие тени, подозрительной на конкремент,

x_{21} – экскреторная урография:

0 – без патологии;

1 – асимметрия, задежка накопления контраста;

2 – каликопиелоуретероэктазия;

3 – тень конкремента в мочеточнике;

4 – тень конкремента в почке.

Полученные функции принадлежностей согласно методу синтеза решающих правил, описанному в работе [3], объединяются в частные решающие правила по группам признаков и затем агрегируются в окончательное прогностическое правило.

В первую группу признаков были включены признаки, характеризующие анамнестические данные (x_1, x_2, x_3) со своими функциями принадлежности $\mu(x_1)$, $\mu(x_2)$, $\mu(x_3)$. Для них частный коэффициент уверенности определяется формулой:

$$КУ_{АНАМ}(j+1) = КУ_{АНАМ}(j) + \mu(x_{i+1})[1-КУ_{АНАМ}(j)],$$

где i = 1, 2; $КУ_{АНАМ}(1) = \mu(x_1)$, j – номер итерации.

Коэффициент уверенности при симптоматике заболевания (x_4, x_9, x_{10}, x_{11}) формируется через функции принадлежности $\mu(x_4)$, $\mu(x_9)$, $\mu(x_{10})$, $\mu(x_{11})$:

$$КУ_{СИМ}(j+1) = КУ_{СИМ}(j) + \mu(x_{i+1})[1-КУ_{СИМ}(j)],$$

где i = 8,9,10; $КУ_{СИМ}(1) = \mu(x_4)$.

По признакам, получаемым на основании общего анализа мочи (x_{12}, x_{13}, x_{14}), коэффициент уверенности рассчитывается по формуле:

$$КУ_{ОАМ}(j+1) = КУ_{ОАМ}(j) + \mu(x_{i+1})[1-КУ_{ОАМ}(j)],$$

где i = 12, 13; $КУ_{ОАМ}(1) = \mu(x_{12})$.

Результаты ультразвукового исследования (x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}) определяют частные коэффициенты уверенности:

$$КУ_{УЗИ}(j+1) = КУ_{УЗИ}(j) + \mu(x_{i+1})[1-КУ_{УЗИ}(j)],$$

где i = 15…18; $КУ_{УЗИ}(1) = \mu(x_{15})$.

Частное решающее правило по рентгенологическим данным определяется выражением:

$$КУ_{Re} = \mu(x_{20}) + \mu(x_{21})\left[1-\mu(x_{20})\right].$$

С учетом того, что все приведенные признаки приводят к увеличению уверенности в диагнозе, общая диагностиче-

ская уверенность определяется итерационным выражением:

$$КУ_{\omega\ell}(r+1) = КУ_{\omega\ell}(r) + КУ_{\omega\ell}^{*}(r+1)\,[1-КУ_{\omega\ell}(r)],$$

где $КУ_{\omega\ell}(1) = КУ_{\omega\ell\ АНАМ}$; $КУ_{\omega\ell}^{*}(2) = КУ_{\omega\ell\ СИМ}$; $КУ_{\omega\ell}^{*}(3) = КУ_{\omega\ell\ ОАМ}$; $КУ_{\omega\ell}^{*}(4) = КУ_{\omega\ell\ УЗИ}$; $КУ_{\omega\ell}^{*}(5) = КУ_{\omega\ell\ Re}$; ℓ=нп, ул.

Коэффициенты уверенности при отнесении обследуемого случая к классам $\omega_{нл}$, $\omega_{ул}$ рассчитываются для каждого класса отдельно.

Общая уверенность в диагнозе по выделенной системе признаков при наличии у обследуемого всех признаков с максимальными величинами функций принадлежности превышает величину 0,95. Для обследуемых, имеющих наиболее распространенные набор и значения признаков, величина КУ достигает значения 0,88.

Для адекватного функционирования СППР в ходе ее обучения были определены пороговые значения КУ, которые после проверки на объектах контрольной выборки приняли значение $КУ_{\omega нл}^{П} = 0{,}65$, $КУ_{\omega ул}^{П} = 0{,}7$.

Дефазификация вывода осуществляется согласно следующим условиям:

ЕСЛИ ($КУ_{\omega нл} < КУ_{\omega нл}^{П}$ И $КУ_{\omega ул} < КУ_{\omega ул}^{П}$), ТО [«Мочекаменная болезнь отсутствует»];

ЕСЛИ ($КУ_{\omega нл} \geq КУ_{\omega нл}^{П}$ И $КУ_{\omega ул} < КУ_{\omega ул}^{П}$), ТО [диагноз: Мочекаменная болезнь. Нефролитиаз];

ЕСЛИ ($КУ_{\omega ул} \geq КУ_{\omega ул}^{П}$ И $КУ_{\omega нл} < КУ_{\omega нл}^{П}$), ТО [диагноз: Мочекаменная болезнь. Уретеролитиаз]

ИНАЧЕ [диагноз: Мочекаменная болезнь. Нефроуретеролитиаз].

Для проверки достоверности диагностики МКБ с помощью решающих правил были рассчитаны коэффициенты уверенности к классам $\omega_{нл}$, $\omega_{ул}$ для больных с заранее известными диагнозами, находившихся на стационарном лечении в урологическом отделении № 2 МУЗ ГКБ СМП города Курска с 2004 по 2008 г.: 1 группа пациентов с диагнозом МКБ: уретеролитиаз (300 больных); 2 группа пациентов с диагнозом МКБ: нефролитиаз (250 больных); 3 группа пациентов с диагнозом МКБ нефроуретеролитиаз (230). Четвертая группа обследуемых сформирована в качестве контрольной из пациентов без признаков мочекаменной болезни, находившихся на лечении в урологическом отделении с другими заболеваниями (300 больных).

Сводная таблица показателей качества диагностики мочекаменной болезни

Показатель	КУ	ДЧ	ДС	$ПЗ^{+}$	$ПЗ^{-}$	ДЭ
Диагностика МКБ: уретеролитиаз ($КУ_{\omega ул}^{П} = 0{,}7$).	0,95	0,98	0,97	0,97	0,98	0,97
Диагностика МКБ: Нефролитиаз ($КУ_{\omega нл}^{П} = 0{,}65$).	0,95	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98
Диагностика МКБ: нефроуретеролитиаз ($КУ_{\omega нл}^{П} = 0{,}65$, $КУ_{\omega ул}^{П} = 0{,}7$).	0,95	0,93	0,99	0,98	0,95	0,96

Примечание. ДЧ – диагностическая чувствительность, ДС – диагностическая специфичность, ПЗ+ – предсказательность (прогностическая значимость) положительных результатов, ПЗ – предсказательная (прогностическая значимость) отрицательных результатов, ДЭ – диагностическая эффективность.

Сравнивая частоту распределения полученных коэффициентов уверенности в каждой из групп с контрольной, построены гистограммы распределения классов, на основании анализа пересечения которых определены пороговые значения КУ и рассчитаны показатели эффективности работы синтезированных решающих правил (см. табл.)

Полученные данные свидетельствуют о высокой диагностической эффективности предложенных решающих правил диагностики различных клинических форм мочекаменной болезни.

Список литературы

1. Дзеранов Н. К., Бешлиев Д. А. Лечение мочекаменной болезни – комплексная медицинская проблема // Качество жизни: медицина. 2005. № 2. С. 46–51.

2. Дюк В.А., Эмануэль В.Л. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. СПб.: Питер, 2003. 183 с.

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

Получено 18.06.12.

A.G. Kotsar, Candidate of Sciences, Doctoral Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

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

L.V. Starodubtseva, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS UROLITHIASIS WITH USING FUSSY LOGIC

In work are examined method of differential diagnosis urolithic illness with using fussy logic in decision-making. Results of check of the synthesized solving rules are described.

Key words: *urolithiasis, differential diagnostics, fussy logic.*

УДК 614.9:352+15./11-413:271

В.А. Иванов, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный университет (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ПАТОЛОГИИ ПРИДАТКОВ МАТКИ

Используя метод экспоненциального сглаживания Брауна и регрессионный анализ, выполнено краткосрочное прогнозирование заболеваемости сальпингоофоритом у женщин. Показано увеличение данной патологии в различных возрастных и территориальных группах женщин.

Ключевые слова: *прогнозирование, заболеваемость придатков матки.*

***

Для разработки упреждающих мероприятий на ближайшие годы посредством математического метода Брауна проведено прогнозирование распространенности сальпингоофорита. Результаты краткосрочного прогнозирования показывают дальнейшее увеличение данной патологии в целом в области среди взрослого и подросткового женского населения, в городских и сельских территориальных системах в обеих возрастных категориях. Наиболее существенно прогнозируется повышение распространённости сальпингоофорита у девушек 15 – 17 лет в области (рис. 1).

В прогнозируемые периоды уровень общей заболеваемости воспаления придатков матки у девушек-подростков в це-

лом по области возрастёт репрезентативно как в отдельные годы, так и по отношению к 2011 г., т.е. к фактической распространённости этой патологии.

Среди взрослого женского населения области также в ближайшие два года прогнозируется увеличение распространенности сальпингоофорита (рис.2). В среднем величина абсолютного прироста сальпингоофорита в данной возрастной категории возрастёт на +55,6 случаев патологии на 100000 взрослых женщин. Различие в прогнозируемой частоте общей заболеваемости сальпингоофоритом статистически значимо как в 2012 г., так и в 2013 г.

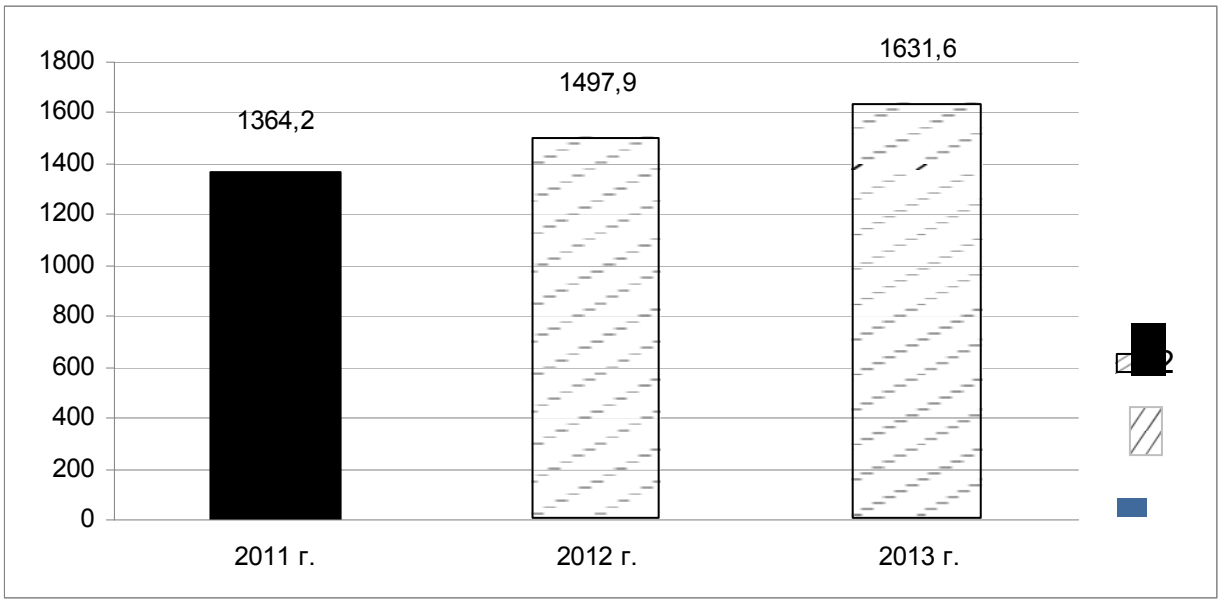


Рис. 1. Краткосрочный прогноз распространённости сальпингоофорита среди девушек-подростков в области на 2012–2013 гг.: по оси абсцисс – годы, по оси ординат – распространённость на 100 000 женщин данного возраста; 1 – фактическая, 2 – прогнозируемая распространённость

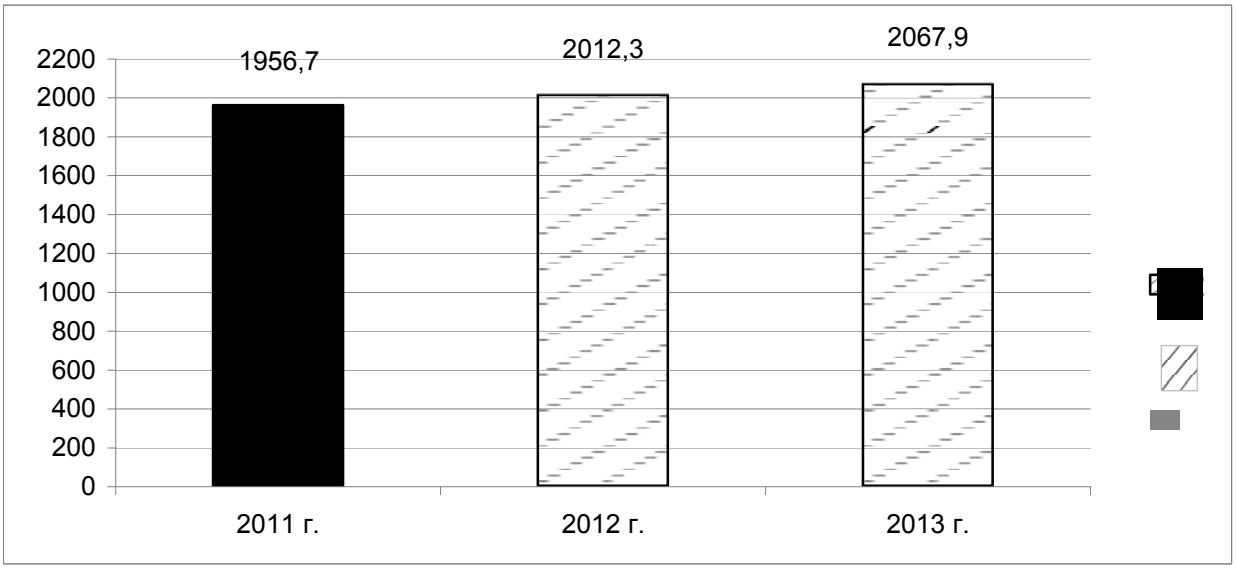


Рис. 2. Прогнозирование распространённости сальпингоофорита у взрослого женского населения Белгородской области на 2012–2013 гг.: по оси абсцисс – годы, по оси ординат – распространённость на 100 000 женщин 18 лет и старше; 1 – фактические, 2 – прогнозируемые данные

В аналогичной возрастной категории женщин, проживающих в городах области, в 2012–2013 гг., согласно результатам краткосрочного прогнозирования, произойдет увеличение распространённости сальпингоофорита (рис. 3). Доверительные границы при заданном уровне вероятности безошибочного прогнозирования ($P< 0,05$) невелики. Прогнозируемые величины общей заболеваемости воспалением придатков матки по отношению к фактическому значению существенны.

Более высокие прогнозируемые показатели распространённости сальпингоофорита, как и исходные величины, наблюдаются среди взрослого женского населения сельских территорий (рис. 4). Так, в 2012 г. прогнозируется, что частота общей заболеваемости сальпингоофоритом в указанных территориях составит 1626,3 случая, а в 2013 г. – 1700,9 случая на 100 000 взрослых женщин. Это достоверно выше, чем в предыдущие анализируемые периоды.

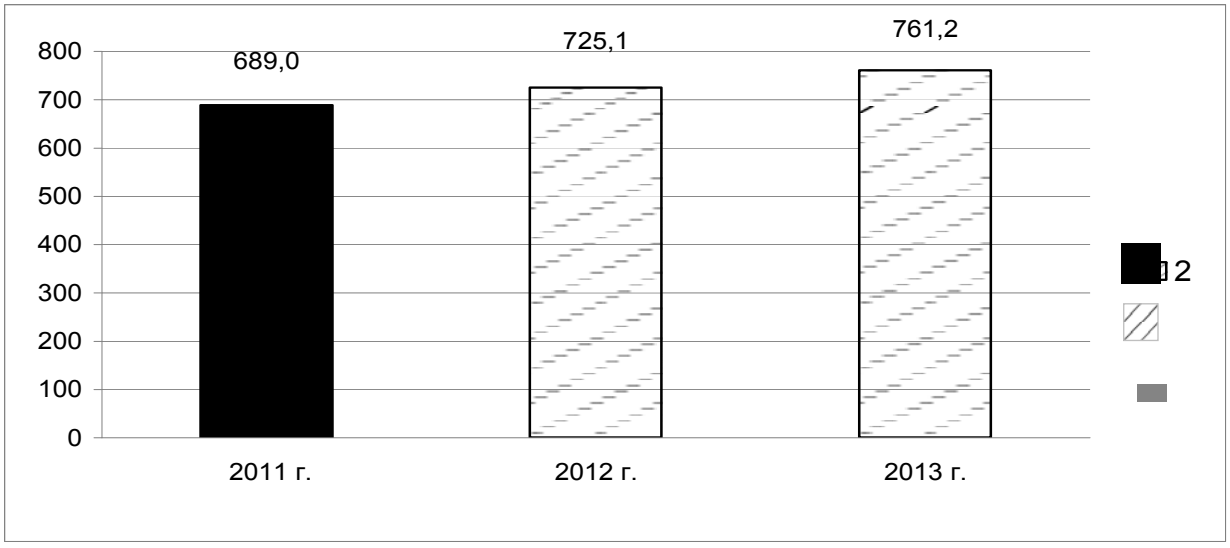


Рис. 3. Прогнозные оценки частоты общей заболеваемости воспалением придатков матки у женщин 18 лет и старше, проживающих в городской местности, на 2012 – 2013 гг.: по оси абсцисс – рассматриваемый период, по оси ординат – патология на 100 000 взрослых женщин; 1 – фактический, 2 – прогнозируемый уровень

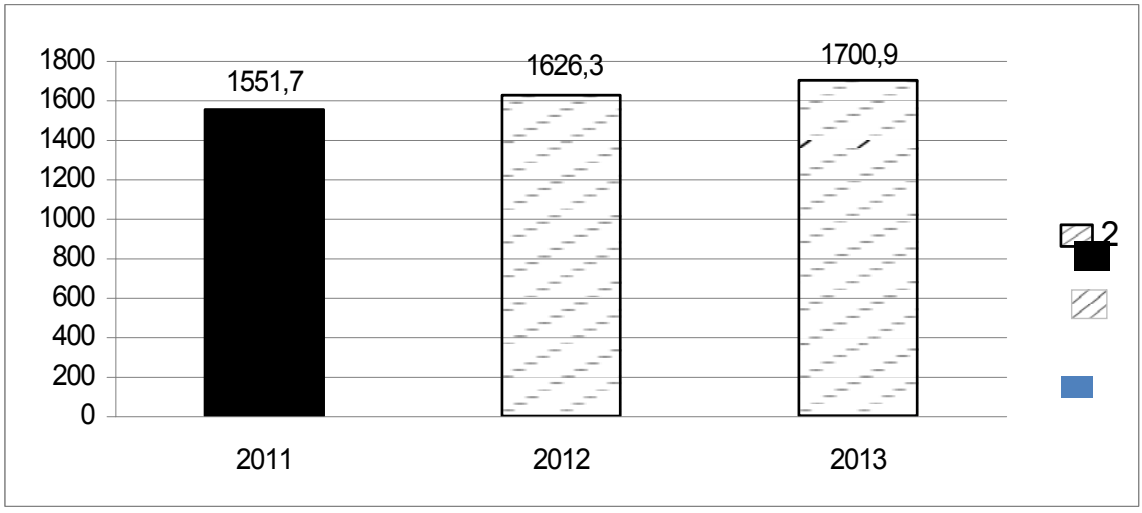


Рис. 4. Результаты краткосрочного прогнозирования распространённости сальпингоофорита среди взрослых женщин сельской местности на 2012 – 2013 гг.: по оси абсцисс – рассматриваемый период, по оси ординат – распространённость на 100 000 женщин 18 лет и старше; 1 – фактический, 2 – прогнозируемый уровень

Рис. 5. Краткосрочное прогнозирование распространённости сальпингоофорита среди девушек 15–17 лет в городах области на 2012–2013 гг. на 100 000 соответствующего возраста: по оси абсцисс – годы, по оси ординат – уровень патологии; 1 – фактическая, 2 – прогнозируемая частота

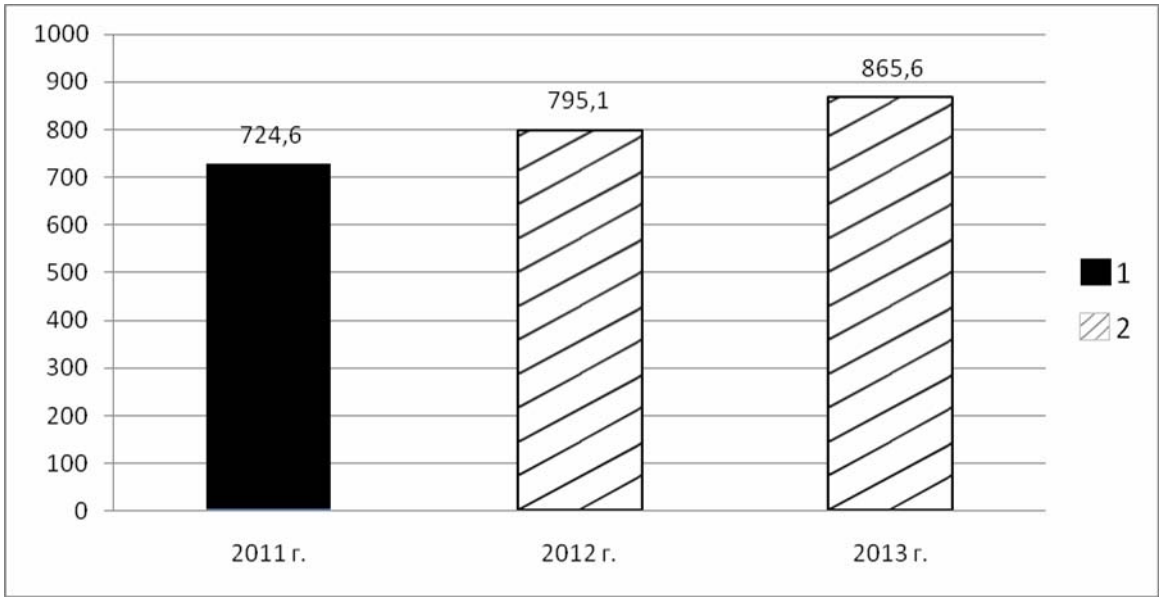


Рис. 6. Прогнозируемая распространённость сальпингоофорита у девушек 15–17 лет сельских территорий в 2012–2013 гг.: по оси абсцисс – рассматриваемые годы, по оси ординат – общая заболеваемость на 100 000 девушек 15–17 лет; 1 – фактическая, 2 – прогнозируемая патология

Математическое прогнозирование общей заболеваемости сальпингоофоритом у девушек-подростков в городах области свидетельствует о том, что на протяжении двух ближайших лет будет продолжаться её подъём (рис. 5). Средний абсолютный прирост рассматриваемой нозологической формы воспалительных заболеваний женской половой сферы невысок и равен +36,2 случая на 100 000 девушек 15–17 лет.

Однако у девушек – подростков, живущих в сельской местности, прогнозируется более существенное ($P<0,001$) повышение распространённости сальпингоофорита в эти же годы (рис. 6) при высоких исходных значениях. Прогнозируемый показатель общей заболеваемости данной патологией имеет достоверные различия как в 2012 г., так и в 2013 г.

Они являются статистически значимыми и в сравнении с фактической час-

тотой патологии в 2011 г. Распространённость сальпингоофорита у девушек-подростков, живущих в сельской местности, возрастёт в среднем на 70,5 случая на 100 000 девушек 15–17 лет.

Получено 19.06.12.

V.A. Ivanov, Doctor of Sciences, Professor, Kursk State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

MATHEMATICAL PREDICTION OF THE PATHOLOGY UTERINE APPENDAGES

Using the method of exponential smoothing Brown and regression analysis performed short-term forecastting salpingoophoritis disease in women. An increase of this disease in different age groups of women, and territorial.

Key words: *forecasting, disease uterine appendages.*

УДК 614.9:352 +15./11 – 413:271

Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПО ДИАГНОСТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫМ ПАРАМЕТРАМ

Представлены результаты оценки лечения острого сальпингоофорита по диагностически значимым параметрам, установленным на основе многокритериального математического анализа.

Ключевые слова*: острый сальпингоофорит, многокритериальный математический анализ.*

***

При реализации настоящего исследования в клинических условиях проведена оценка результативности первого варианта экономически рациональной базовой схемы терапии острого сальпингоофорита по диагностически значимым показателям и качеству жизни. Дополнительно осуществлялось изучение инфицированности пациенток, которое показывает на позитивность изменений после курсового лечения. Удельный вес распространенных возбудителей (Trichomonas vaginalis, Neisseria gonorrhoeae, Chlamydia trachomatis и Ureaplasma urealyticum) достоверно снизился с 79,5 ± 3,5% до 1,7 ± 1,12%, с 52,8 ± 4,3% до 0,0%, с 41,3 ± 4,3% до 2,1 ± 1,25% и с 37,3 ± 4,2% до 0,0% соответственно. Инфицированность пациенток Mycoplasma hominis снизилась с 25,4 ± 3,8% при поступлении до 1,5 ± 1,06%, Gardnerella vaginalis – с 18,9 ± 3,4% до 0,0%. Другие возбудители обнаруживались в 0,2 – 0,8% случаев.

Эффективность реализованной схемы терапии больных острым сальпингоофоритом проявляется существенным регрессом диагностически значимых показателей общеклинических исследований (табл. 1). Так, распространённость ведущих субъективных симптомов многократно уменьшилась, они встречались в единичных случаях. Достигнута нормализация диагностически значимых показателей общего анализа крови и мочи. Произошло выраженное снижение количества белка и эритроцитов в моче к моменту завершения терапии.

Применяя для оценки результативности разработанной схемы лечения ключевые параметры клеточного и гуморального иммунитета периферической крови, установлены достоверные изменения всех показателей (табл. 2). При этом особенно существенно повысилось и достигло нормы число натуральных киллеров и уменьшилось содержание Ig G и Ig M на системном уровне до референтных величин. Произошло также репрезентативное повышение до нормальных значений абсолютного и относительного содержания Т-хелперов в периферической крови. После проведённого лечения значительно снизился уровень циркулирующих иммунных комплексов.

Таблица 1

Изменение диагностически значимых общеклинических параметров
у пациенток с острым сальпингоофоритом
на фоне экономически рациональной базовой схемы терапии

Названия показателя, единица измерения	При поступлении	После лечения
Боли внизу живота, %	97,3±1,4*	3,2±2,35*
Бели, %	82,3±3,3*	1,5±1,06*
Дизурические расстройства, %	53,7±4,3*	2,8±1,44*
Палочкоядерые нейтрофилы, %	6,3±0,3*	2,1±0,2*
Лимфоциты, %	22,0±0,8*	30,5±1,1*
СОЭ, мм/ч	21,7±2,1*	8,1±1,7*
Микрогематурия, абс. ч.	3,7±0,24*	0,8±0,15*
Протеинурия, г/л	1,2±0,03*	0,07±0,02*

* Существенность различий до и после лечения.

Таблица 2

Содержание диагностически значимых показателей
клеточного и гуморального иммунитета на системном уровне
при поступлении и после терапии больных острым сальпингоофоритом

Показатель иммунитета, единица измерения	Исходно	После терапии
Натуральные киллеры, $\times 10^9$/л	0,1±0,02*	0,4±0,03*
Т-хелперы, $\times 10^9$/л	0,4±0,08*	0,6±0,04*
Т-хелперы, %	31,3±0,68*	38,2±1,23*
Ig G, г/л	23,4±0,17*	11,8±1,45*
Ig M, г/л	3,5±0,12*	1,4±0,27*
ЦИК, у.е.	84,2±1,27*	65,7±3,14*

* Различие репрезентативно.

Диагностически значимые показатели фагоцитарной активности лейкоцитов в периферической крови и вагинально-цервикальном секрете в курсе реализованной базовой терапии претерпели положительную динамику (табл. 3). На системном уровне процент фагоцитоза и тест НСТ-ст. репрезентативно возросли и практически соответствовали одноимённым показателям здоровых женщин. Под влиянием использованных медикаментозных препаратов наблюдалось повышение процента фагоцитоза и фагоцитарного индекса в вагинально-цервикальной слизи. Отмечено существенное снижение величины теста НСТ-сп. на местном уровне. Указанные изменения фагоцитарной активности лейкоцитов на локальном уровне во всех случаях являлись статистически достоверными.

Важными изменениями на местном уровне, доказывающими результативность выполненного лечения, служат ведущие показатели гуморального иммунитета. В вагинально-цервикальном секрете содержание Ig M достоверно уменьшилось с исходных 0,023±0,005 г/л до 0,017±0,003 г/л после завершения терапии. Концентрация sIg A у больных острым сальпингоофоритом, как и предыдущий параметр гуморального иммунитета, значимо понизилась с 0,024±0,003 г/л до 0,009±0,013 г/л

(P<0,001) и практически соответствовала величинам здоровых женщин.

Анализ результативности курса лечения по наиболее значимым проявлениям эндогенной интоксикации организма выявил, что С-реактивный белок и антистрептолизин-О не только достоверно снизились, но и достигли референтных величин (табл. 4). Следует указать на многократное уменьшение содержания в крови больных острым сальпингоофоритом уровня С-реактивного белка – ключевого и высокоинформативного параметра данной патологии. Одновременно медикаментозная терапия вызвала репрезентативное повышение удельного веса альбуминов и β-глобулинов. Наряду с этим не произошло статистически достоверных изменений в содержании α_2-глобулинов ко времени завершения терапии.

Предложенная экономически рациональная схема базовой терапии острого сальпингоофорита является эффективной по комплексу ведущих про- и противовоспалительных интерлейкинов на системном и местном уровнях (табл. 5). При этом медикаментозные препараты значительно влияют на нормализацию как провоспалительных, так и противовоспалительных цитокинов в периферической крови. Концентрация первых на системном уровне достоверно снизилась, а содержание противовоспалительного интерлейкина-18 репрезентативно повысилась. В вагинально-цервикальной слизи в ходе лечения наблюдалось снижение всех диагностически значимых провоспалительных цитокинов, что свидетельствует о прекращении воспалительного процесса в придатках матки.

Таблица 3

Динамика ведущих параметров фагоцитарной активности лейкоцитов на системном и местном уровнях у пациенток с острым сальпингоофоритом в процессе лечения

Фагоцитарная активность лейкоцитов	Исходно	После терапии
Процент фагоцитоза в крови, %	56,3±2,81*	65,6±3,12*
НСТ-ст. крови, %	127,5±4,34*	168,8±4,27*
Процент фагоцитоза в вагинально-цервикальной слизи, %	22,8±1,23*	35,1±2,08*
Фагоцитарный индекс вагинально-цервикальной слизи, у.е.	1,8±0,09*	3,0±0,32*
НСТ–сп. вагинально-цервикальной слизи, %	18,6±1,17*	12,2±1,43*

* Различие репрезентативно.

Таблица 4

Регрессия диагностически значимых проявлений эндогенной интоксикации при остром сальпингоофорите под влиянием экономически рациональной базовой лекарственной терапии

Признаки эндогенной интоксикации, единица измерения	До начала лечения	После лечения
С – реактивный белок, мг/л	8,9±1,21*	2,4±0,87*
Антистрептолизин – О, МЕ/мл	279,5±8,31*	151,4±3,47*
Альбумин, %	52,4±0,76*	58,1±0,63*
α_2-глобулин, %	11,4±0,56	10,3±0,52
В-глобулин, %	10,2±0,23*	13,8±0,46*

* Достоверные различия.

Таблица 5

Влияние базовой медикаментозной терапии на диагностически значимые цитокины крови и вагинально-цервикальной слизи у больных острым сальпингоофоритом

Интерлейкины, пг/мл	При поступлении	Завершение лечения
ИЛ – 2 крови	58,7±2,67*	1,9±0,21*
ИЛ – 8 крови	45,7±3,18*	7,4±0,83*
ИЛ – 18 крови	84,7±6,3*	253,6±7,24*
ИЛ – 2 в вагинально-цервикальном секрете	19,6±0,89*	1,4±0,09*
ИЛ – 8 в вагинально-цервикальном секрете	29,3±2,06*	2,5±0,11*
ИЛ – 1β в вагинально- цервикальном секрете	17,3±1,21*	2,8±0,32*

* Статистически значимые различия.

Установлено, что базовая фармакотерапия корригирует диагностически значимые показатели свободнорадикального и антиоксидантного статуса при рассматриваемой патологии (табл. 6).

Достигнуто существенное уменьшение конечного продукта пероксидации малонового ди-альдегида. Диеновые конъюгаты – первичный продукт перекисного окисления липидов к моменту выписки также соответствовали границам нормы. Включённые в оценку показатели антиоксидантной защиты статистически достоверно снизились. Наиболее выраженное уменьшение содержания в плазме крови характерно для супероксиддесмутазы.

Рациональность тактики ведения больных острым сальпингоофоритом определяется улучшением показателей локального кровообращения (табл. 7), имевших во всех случаях репрезентативные изменения в процессе лечения. Реографический индекс и показатель периферического сопротивления после курса терапии соответствовали границам нормы. Однако другие диагностически важные параметры венозного кровотока (диастолический индекс, индекс венозного оттока) заметно снизились в сравнении с исходными величинами, но остались выше границ нормы.

Таблица 6

Изменение ведущих параметров оксидантной и антиоксидантной систем на фоне проведённого лечения у пациенток с острым сальпингоофоритом в плазме крови

Показатели оксидантной и антиоксидантной систем	До начала лечения	После терапии
Малоновый диальдегид, мкмоль/л	12,5±1,21*	3,3±0,31*
Диеновые конъюгаты, отн.ед.	6,8±0,43*	2,9±0,27*
Супероксиддесмутаза, усл.ед.	54,3±1,24*	15,8±1,16*
Глутатионпероксидаза, мкмоль/л	55,4±0,62*	40,1±0,73*

* Репрезентативные различия.

Таблица 7

Динамика диагностически значимых показателей тазовой гемодинамики под воздействием базовой фармакотерапии при остром сальпингоофорите

Гемодинамические индексы	Исходное состояние	Окончание лечения
Диастолический индекс, %	159,8±3,52*	71,4±2,27*
Реографический индекс, Ом	0,3±0,02*	0,6±0,03*
Индекс венозного оттока,%	72,3±2,22*	29,1±1,56*
Показатель периферического сопротивления, %	164,6±5,02*	65,2±3,41*

* Достоверные различия.

Высокая эффективность проведённого лечения заключается в выраженном уменьшении размеров яичников при ультразвуковом исследовании (табл. 8). Так, длина яичников у пациенток с острым сальпингоофоритом уменьшилась в большей степени и находилась в диапазоне референтных значений. Положительная динамика присуща толщине и ширине яичников, которые с достоверной разницей отличались от исходных величин.

Позитивность влияния реализованной схемы терапии отражают и показатели качества жизни пациенток. Интегральный показатель качества жизни после завершения лечения достоверно увеличился (рис.), сменив отрицательное значение на положительное.

Таблица 8

Влияние экономически рациональной базовой терапии на размеры яичников у больных острым сальпингоофоритом

Параметры яичника	При поступлении	Завершение терапии
Длинна, мм	41,2±2,05*	28,6±1,84*
Толщина, мм	30,8±1,78*	25,6±1,23*
Ширина, мм	26,8±1,12*	21,2±1,34*

* Статистически значимые различия.

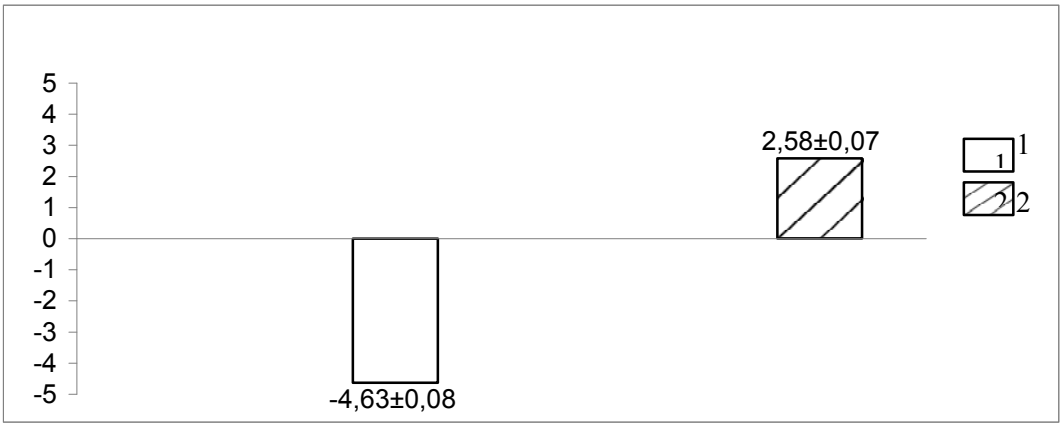


Рис. Динамика интегрального индекса качества жизни пациенток с острым сальпингоофоритом под влиянием базовой терапии (M±m): 1 – до лечения, 2 – после лечения

Таблица 9

Причины снижения качества жизни больных острым сальпингоофоритом в процессе лечения (M±m, баллы)

Наименование причины	При поступлении	После лечения
Необходимость длительно лечиться	–0,87±0,03	–0,23±0,002
Изменение отношения близких (членов семьи)	–0,15±0,01	–0,04±0,01
Изменение отношения друзей, приятелей и коллег	–0,07±0,02	+0,21±0,02
Ограничения на работе	–0,23±0,04	+0,58±0,05
Понижение в зарплате	–0,39±0,03	–0,13±0,02
Понижение в должности	–0,26±0,02	–0,07±0,01
Ограничения в проведении досуга	–0,45±0,03	+0,38±0,02
Уменьшение встреч с друзьями	–0,12±0,01	+0,56±0,03
Ограничения в занятиях физкультурой	–0,18±0,02	+0,62±0,04
Снижение активности в повседневной жизни	–0,57±0,04	–0,09±0,02
Ограничения в питании	+ 0,14±0,02	+0,18±0,002
Ограничения в курении	+ 0,26±0,03	+0,46±0,03

Позитивные изменения претерпели и составляющие индекса качества жизни (табл. 9). При поступлении основной причиной снижения качества жизни являлись ограничения в половой жизни, редукция которых после лечения составила 91,4%.

Существенно снижало качество жизни больных острым сальпингоофоритом при поступлении необходимость длительно лечиться. Данная составляющая индекса качества жизни также уменьшилась на 73,4% при выполнении лечебных мероприятий. В процессе лечения положительную направленность имели и другие составляющие качества жизни – ограничения в проведении досуга, снижение активности в повседневной жизни, понижение в зарплате, понижение в должности.

Получено 18.06.12.

N.M. Agarkov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

MATHEMATICAL APPROACH TO THE ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF TREATMENT ON DIAGNOSTIC SIGNIFICANT PARAMETERS

Results of an assessment of treatment sharp сальпингоофорита on diagnostic significant parameters established on the basis of the mnogokriterialny mathematical analysis are presented.

Key words: *sharp salpingoophorit, mnogokriterialny mathematical analysis.*

УДК 614.9:352 +15./11 – 413:271

А.П. Яковлев, д-р мед. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

ДИСКРИМИНАНТНЫЙ МЕТОД В ВЫЯВЛЕНИИ БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ САЛЬПИНГООФОРИТОМ

Представлены результаты классификации больных острым сальпингоофоритом и здоровых женщин на основе разработанных математических моделей посредствам дискриминантного метода. Математические модели построены по диагностически значимым клинико-лабораторным показателям и обеспечивают высокую дифференциацию данных классов женщин.

Ключевые слова: *острый сальпингоофорит, дискриминантный метод.*

***

Выявление больных острым сальпингоофоритом представляет определённые трудности из-за полисимптоматики и вариабельности патологических отклонений, отсутствия моноспецифических лабораторных показателей, указывающих однозначно на данную патологию. Повысить точность диагностики острого сальпингоофорита можно на основе математических моделей, учитывающих наиболее важные диагностические лабораторные показатели.

Целью исследования являлось разработка математических моделей, обеспечивающих с высокой точностью выявление пациенток с острым сальпингоофоритом по диагностически значимым лабораторным параметрам.

В клинических условиях проведено обследование 159 больных острым сальпингоофоритом (основная группа) и 137 здоровых женщин (контроль). Обследование включает стандартные и специальные клинические и лабораторные исследования. Отобранные диагностически значимые клинико-лабораторные показатели подвергнуты дискриминантному анализу для разработки математических моделей. Рациональные схемы диагностики строились на основе сетей Петри.

При разработке математических моделей по субъективным симптомам использовали наличие болей внизу живота (x_1), белей (x_2) и дизурических расстройств (x_3). При этом условно считаем, что пациенты с острым сальпингоофоритом (второй класс) и здоровые женщины (первый класс) достоверно различаются по данным симптомам. В результате дискриминантного анализа получаем значения коэффициентов классификационных функций для каждого класса, обозначаемых соответственно G–2:1 и G–1:0.

Математическая модель с учетом коэффициентов классификационных функций для пациенток с острым воспалением придатков матки имеет вид

$$y_2=323,17x_1+284,76x_2+175,38x_3–5208,27,$$

а для первого класса

$$y_1=182,47x_1+157,13x_2+119,28x_3–54,78,$$

где $x_1–x_3$ – симптомы, указанные выше.

Согласно расстоянию Махаланобиса выявлено, что ошибочно классифицированных больных с искомой патологией, отнесенных к классу здоровых, 10,3% и здоровых женщин, отнесенных в группу больных, 10,3%.

Построение математических моделей по результатам общего анализа крови осуществляется на основе включения количества палочкоядерных нейтрофилов (x_4), лимфопении (x_5) и СОЭ (x_6). Обработка дискриминантным методом указанных диагностически значимых гематологических показателей позволила получить следующие значения коэффициентов классификационных функций (табл. 1).

Поэтому математическая модель для больных острым сальпингоофоритом описывается выражением

$$y_4=28,131x_1+11,413x_2 + 6,659x_3–766,926$$

и для здоровых женщин

$$y_3=38,125x_1+15,036x_2+4,886x_3–921,630.$$

Таблица 1

Коэффициенты классификационных функций гематологических показателей

Классифицируемые параметры крови	Коэффициенты функций	
	G 1:0	G 2:1
Палочкоядерные нейтрофилы, x_4	38,125	28,131
Лимфопения, x_5	15,036	11,413
СОЭ, x_6	4,886	6,659
Constant	–921,630	–766,926

Установив расстояние Махаланобиса (табл. 2), получили, что количество ошибочно классифицированных больных с данной патологией составляет 12,8%. Число здоровых женщин, ошибочно отнесенных к группе больных с острым сальпингоофоритом, равно 10,4%. Результаты контрольных испытаний показали приемлемое качество срабатывания созданных математических моделей и возможность эффективного применения в диагностическом процессе.

Используя диагностически значимые параметры общего анализа мочи для разработки математических моделей и классификации пациенток с острым сальпингоофоритом и здоровых женщин, рассчитаны коэффициенты классификационных функций для микрогематурии (x_7) и протеинурии (x_8). Они соответственно составили для второго и первого класса 7,443; 19,001 и 1,514; 0,819. Величина константы в обоих случаях являлась отрицательной и составила для второго класса –26,690, а для первого класса равна –1,239.

Проведение дискриминантного анализа позволило получить для больных острым сальпингоофоритом статистическую модель

$$y_6 = 7{,}443x_7 + 19{,}001x_8 – 26{,}690$$

и здоровых женщин

$$y_5 = 1{,}514x_7 + 0{,}819x_8 – 1{,}239.$$

Результаты дискриминантного анализа свидетельствуют об ошибочной классификации представителей второго класса, отнесенных к первому классу, в 11,8% случаев. Количество ошибочно классифицированных здоровых женщин посредством предложенной модели и расстояния Махаланобиса (табл. 3) составило 14,1%.

Моделирование диагностического процесса по данным общеклинических лабораторных исследований свидетельствует о том, что рациональным для диагностики острого сальпингоофорита является определение количества палочкоядерных нейтрофилов и СОЭ (рис.). Эти показатели наряду с общим анализом крови представляют узлы сетевой модели Петри. Последняя в качестве функциональных значений позиций включает общий анализ мочи, микрогематурию и протеинурию. Исследование микрогематурии и протеинурии следует считать приоритетным для оценки общего анализа мочи в контексте выявления острого воспаления придатков матки.

Таблица 2

Расстояние Махаланобиса между исследуемыми классами

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	1,6292	173,3592
2	G_1:0	2,6749	156,1994
3	G_1:0	2,4072	136,3771
4	G_1:0	1,4883	149,7165
5	G_1:0	1,4804	140,9565
6	G_1:0	2,2720	139,8927
7	G_1:0	4,3319	105,2554
8	G_1:0	5,0833	187,3576
9	G_1:0	1,8234	173,8756
10	G_1:0	0,3989	161,6001
11	G_2:1	140,2035	2,1925

Окончание табл. 2

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
12	G_2:1	107,0835	6,4564
13	G_2:1	163,9475	2,6312
14	G_2:1	179,3774	2,5086
15	G_2:1	160,2224	2,3354
16	G_2:1	191,3112	3,9931
17	G_2:1	147,3032	3,9797
18	G_2:1	140,5202	1,1256
19	G_2:1	169,5769	2,9232
20	G_2:1	131,8652	2,2648

Таблица 3

Расстояние Махаланобиса при классификации исследуемых объектов по диагностически значимым параметрам мочи

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	0,07978	41,77814
2	G_1:0	0,02527	40,17411
3	G_1:0	0,00186	40,05572
4	G_1:0	0,04004	39,27164
5	G_1:0	0,11029	37,06510
6	G_1:0	0,00878	38,97173
7	G_1:0	0,02370	41,99071
8	G_1:0	0,07527	42,86454
9	G_1:0	0,11036	37,42880
10	G_1:0	0,01479	41,25454
11	G_2:1	56,57942	4,07702
12	G_2:1	37,90795	0,02967
13	G_2:1	69,51442	7,36753
14	G_2:1	14,33958	6,50200
15	G_2:1	22,76961	5,13016
16	G_2:1	38,09366	2,82321
17	G_2:1	60,26635	3,33513
18	G_2:1	62,15014	5,29761
19	G_2:1	41,61857	0,10393
20	G_2:1	32,63505	0,84359

Для ведущих параметров клеточного иммунитета, отражающих патологические изменения на системном уровне при остром сальпингоофорите, получены следующие величины коэффициентов классификационных функций (табл. 4). С

учетом параметров классификационных функций и констант синтезированы математические модели для второго класса (больные)

$$y_8=206{,}149x_9+108{,}559x_{10}+20{,}239x_{11}–359{,}274$$

и для первого класса (здоровые)

$$y_7=302{,}321x_9+157{,}409x_{10}+27{,}785x_{11}–684{,}452.$$

На основе расчетных значений расстояния Махаланобиса (табл. 5) установили, что полученные математические модели обеспечивают безошибочную классификацию больных острым сальпингоофоритом в 91,0% случаев. Процент женщин первого класса, ошибочно отнесенных ко второму классу, невысок и составляет 9,0%.

Диагностически значимые показатели гуморального иммунитета на системном уровне, отражающие проявления острого воспалительного процесса в придатках матки, в результате обработки дискриминантным методом, в отличие от показателей клеточного иммунитета, имеют преимущественно отрицательные значения классификационных функций (табл. 6).

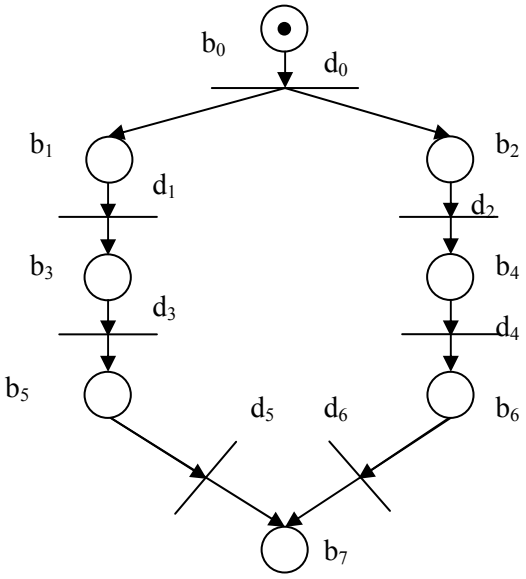


Рис. Сетевая модель рациональной диагностики острого сальпингоофорита на основании общего анализа крови и общего анализа мочи: b_0 – начало диагностического процесса острого сальпингоофорита; b_1 – проведение общего анализа крови; b_2 – проведение общего анализа мочи; b_3 – определение палочкоядерных нейтрофилов в крови; b_4 – выявление микрогематурии; b_5 – определение СОЭ; b_6 – выявление протеинурии; b_7 – оценка результатов исследования и постановка диагноза острого сальпингоофорита

Таблица 4

Величины коэффициентов классификационных функций для показателей клеточного иммунитета в периферической крови

Классифицируемые параметры клеточного иммунитета	Коэффициенты функций	
	G_1:0	G_2:1
Натуральные киллеры, $\times10^9$/л, x_9	302,321	206,149
Т-хелперы, $\times10^9$/л, x_{10}	154,409	108,559
Т-хелперы, %, x_{11}	27,785	20,239
Constant	–684,452	–359,274

Таблица 5

Расстояние Махаланобиса между исследуемыми классами
по параметрам клеточного звена иммунитета на системном уровне

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	0,07978	41,77814
2	G_1:0	0,02527	40,17411
3	G_1:0	0,00186	40,05572
4	G_1:0	0,04004	39,27164
5	G_1:0	0,11029	37,06510
6	G_1:0	0,00878	38,97173
7	G_1:0	0,02370	41,99071
8	G_1:0	0,07527	42,86454
9	G_1:0	0,11036	37,42880
10	G_1:0	0,01479	41,25454
11	G_2:1	56,57942	4,07702
12	G_2:1	37,90765	0,02967
13	G_2:1	69,51442	7,36753
14	G_2:1	14,33958	6,50200
15	G_2:1	22,76961	5,13016
16	G_2:1	38,09366	2,82321
17	G_2:1	60,26635	3,33513
18	G_2:1	62,15014	5,29761
19	G_2:1	41,61857	0,10393
20	G_2:1	32,63505	0,84359

Таблица 6

Коэффициенты классификационных функций параметров гуморального иммунитета
в основной группе и контроле на системном уровне

Классифицируемые показатели	Коэффициенты показателей	
	G_1:0	G_2:1
Ig G, x_{12}	–44,95	–34,77
Ig M, x_{13}	–5,77	–6,91
ЦИК, x_{14}	58,59	67,03
Constant	–1611,06	-–2402,78

Применяя обозначения показателей гуморального звена иммунитета в крови в соответствии с таблицей 6 и результаты дискриминантного анализа, получаем математическую модель

$$y_{10}=–34,77x_{12} – 6,91x_{13} + 67,03x_{14} –2402,78$$

для пациенток с острым сальпингоофоритом и

$$y_9 = –44,95x_{12}–5,77x_{13}+58,59x_{14}–1611,06$$

для первого класса.

Ошибочно классифицированных объектов, как показывают результаты по определению расстояния Махаланобиса, отнесенных к классу больных острым сальпингоофоритом, всего 7,8% (табл. 7).

Таблица 7

Расстояние Махаланобиса при дифференциации классов
по ведущим параметрам гуморального иммунитета в крови

Код признака	Observed	G_1:0	G_2:1
1	G_1:0	0,13545	41,78812
2	G_1:0	0,11885	41,87421
3	G_1:0	0,13452	40,05672
4	G_1:0	0,00865	38,37164
5	G_1:0	0,24352	36,06670
6	G_1:0	0,35457	39,94173
7	G_1:0	0,78921	41,99571
8	G_1:0	2,54261	41,86254
9	G_1:0	3,57812	38,43880
10	G_1:0	10,25146	44,26454
11	G_2:1	46,57842	4,08702
12	G_2:1	39,91765	1,02067
13	G_2:1	60,51742	7,35753
14	G_2:1	12,33058	5,50300
15	G_2:1	12,46971	5,43026
16	G_2:1	28,19356	3,82324
17	G_2:1	64,26435	3,33513
18	G_2:1	61,45113	6,49762
19	G_2:1	51,62858	0,40793
20	G_2:1	42,68505	0,94350

Количество представителей второго класса, ошибочно включенных в первый класс, 9,2%. Следовательно, полученные математические модели обеспечивают безошибочную классификацию по показателям гуморального иммунитета в крови в 90,8–92,2% случаев, что является приемлемым в подобных задачах. Созданные математические модели по диагностически значимым клиническим и лабораторным показателям обеспечивают хорошее качество классификации больных остром сальпингоофоритом и здоровых женщин. Использование разработанных моделей на практике повышает результативность диагностики острого сальпингоофорита.

Получено 19.06.12.

A.P. Yakovlev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

DISCRIMINANT METHOD IN IDENTIFICATION OF PATIENTS SHARP SALPINGOOFORITOM

Results of classification of patients sharp salpingoofority are presented and healthy women on the basis of the developed mathematical models are constructed on diagnostic significant clinic – to laboratory indicators and provide high differentiation of these classes of women.

Key words: *sharp salpingoophorit, discriminant method.*

УДК 614.8+415:386/12 – 354

В.Н. Мишустин, д-р мед. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

Е.Ю. Заикин, соискатель, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

ДИАГНОСТИКА ПАНКРЕАТИТА НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Предложен многокритериальный математический подход к оценке патологических изменений при панкреатите, что позволяет рационализировать диагностический процесс и уменьшить число определяемых лабораторных показателей.

***Ключевые слова**: панкреатит, многокритериальный математический анализ.*

***

Панкреатит представляет распространённое заболевание и особенно часто встречается среди населения старше 40 лет, нарушающих режим питания. Поэтому выявление данной патологии является актуальным, но затруднено из-за отсутствие высокоинформативных специфических изменений со стороны различных лабораторных показателей. Повысить качество диагностики панкреатита возможно посредством многокритериальной математической оценки лабораторных параметров.

Определение с диагностической целью провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов на системном уровне выявило существенные изменения в их содержании при развитии острого панкреатита (табл. 1). Между указанными выше группами интерлейкинов наблюдался значительный дисбаланс, выражающийся в достоверном повышении большинства провоспалительных цитокинов и снижении уровня противовоспалительных интерлейкинов. Среди провоспалительных интерлейкинов наибольшие изменения касаются интерлейкина-2, уровень которого в крови у пациенток с изучаемой патологией репрезентативно увеличился многократно.

Практически в 9 раз произошло повышение интерлейкина-8, что подчеркивает, наряду с изменением интерлейкина-2, важное диагностическое значение. Следует также отметить существенное возрастание интерлейкина-1β, интерлейкина-6, интерферона-α. Отсутствие достоверных изменений в группе провоспалительных интерлейкинов отмечено только для интерферона-γ. В отличие от провоспалительных цитокинов уровень противовоспалительных интерлейкинов у пациенток основной группы репрезентативно понизился. Максимально произошло снижение содержания в крови интерлейкина-4.

В числовом выражении указанные ранее сдвиги отразились в величинах сдвига и дезинтеграции, которые имеют крайне высокие значения для интерлейкина-2 (табл. 2). Прежде всего это относится к показателю сдвига, составившего 58600,0% и определившего в значительной степени суммарную величину сдвига у пациенток вследствие возникновения острого панкреатита. Установлен также высокий показатель сдвига для интерлейкина-8 и интерферона-α. Все названные сдвиги имеют положительную величину и характерны для провоспалительных интерлейкинов. Напротив, в группе противовоспалительных цитокинов у больных с острым панкреатитом наблюдались отрицательные значения и приблизительно одинаковой величины, не превышающие 100%.

Кроме интерлейкина-2 на системном уровне высокий уровень внутрисистемной дезинтеграции отмечен для интерлейкина-8. Для других провоспалительных и противовоспалительных цитокинов колебание параметра дезинтеграции в основной группе имело значительный размах. Очень высокая стабильность установлена для провоспалительных интерлейкинов – интерлейкина-1β и интерферона-γ.

Таблица 1

Содержание интерлейкинов в периферической крови у пациенток с острым панкреатитом и здоровых женщин, пг/мл

Интерлейкин	Пациенты с острым сальпингоофоритом	Контроль	Достоверность различий
ИЛ-1β	18,6±1,33	7,2±0,35	P<0,001
ИЛ-2	58,7±2,67	0,1±0,02	P<0,001
ИЛ-6	186,4±4,52	64,6±2,87	P<0,001
ИЛ-8	45,7±3,18	5,1±1,46	P<0,001
TNF-α	12,6±0,64	5,4±0,75	P<0,001
Интерферон-α	31,3±1,42	9,8±0,82	P<0,001
Интерферон-γ	20,9±1,31	18,7±0,75	P>0,05
ИЛ-4	0,9±0,02	4,2±0,05	P<0,001
ИЛ-10	5,6±0,4	18,5±1,2	P<0,001
ИЛ-18	84,7±6,3	274,8±9,8	P<0,001

Примечание. P дано в сравнении с контролем.

Таблица 2

Показатели сдвига и дезинтеграции цитокинов на системном уровне в основной группе

Название интерлейкина	Показатель сдвига, %	Показатель дезинтеграции
ИЛ-1β	+158,3	4,5
ИЛ-2	+58600,0	84,2
ИЛ-6	+188,5	8,3
ИЛ-8	+796,1	33,0
TNF-α	+133,3	5,4
Интерферон-α	+219,4	24,3
Интерферон-γ	+11,8	3,9
ИЛ-4	-78,6	6,4
ИЛ-10	-69,7	7,2
ИЛ-18	-69,2	18,9
Сумма	60324,9	196,1

В отличие от ранее рассмотренных диагностических критериев острого сальпингоофорита большинство показателей цитокинового профиля в крови выходят за границы контрольной группы (рис. 1). Специфика построенной модели заключается также в том, что она представлена преимущественно значительными величинами сдвигов. Сказанное в определяющей мере относится к процентному изменению содержания провоспалительных интерлейкинов, среди которых с огромным сдвигом выделяется интерлейкин-2. Многократное превышение параметров здоровых женщин отмечено и для интерлейкина-8.

Другие провоспалительные интерлейкины (интерлейкин-1β, интерлейкин-6, фактор некроза опухоли-α, интерферон-α) на системном уровне также существенно выходят за 100%-ную величину контрольной группы, что необходимо учитывать при диагностике искомой патологии. Существенно сниженными по сравнению с контролем оказались противовоспалительные цитокины и особенно интерлейкин-4. Интерлейкин-10, 18 при остром сальпингоофорите значительно снижены и в равной степени. В целом модель сдвигов интерлейкинов убедительно демонстрирует выраженный дисбаланс в системе цитокинов крови при развитии острого панкреатита.

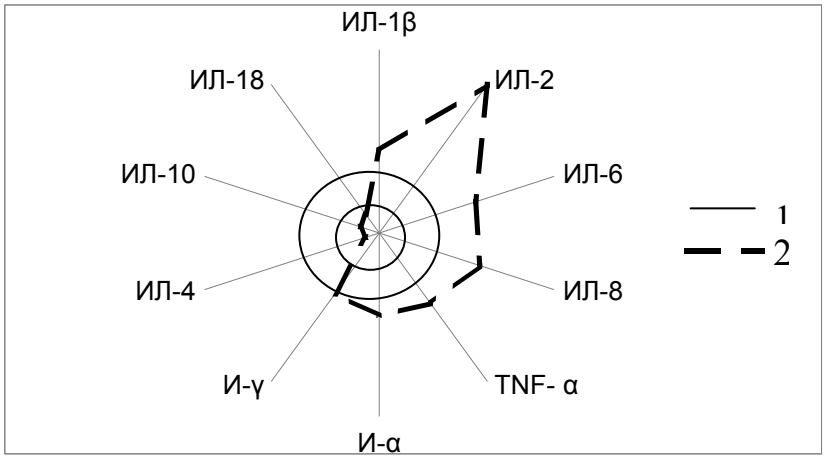


Рис. 1. Цитокиновый дисбаланс на системном уровне у пациенток с острым панкреатитом (2) и в контроле (1), %: ИЛ-1β – интерлейкин-1β; ИЛ-2 – интерлейкин-2; ИЛ-6 – интерлейкин-6; ИЛ-8 – интерлейкин-8; TNF-α – фактор некроза опухоли-α; И-α – интерферон-α; И-γ – интерферон γ; ИЛ-4 – интерлейкин-4; ИЛ-10 – интерлейкин-10; ИЛ-18 – интерлейкин-18

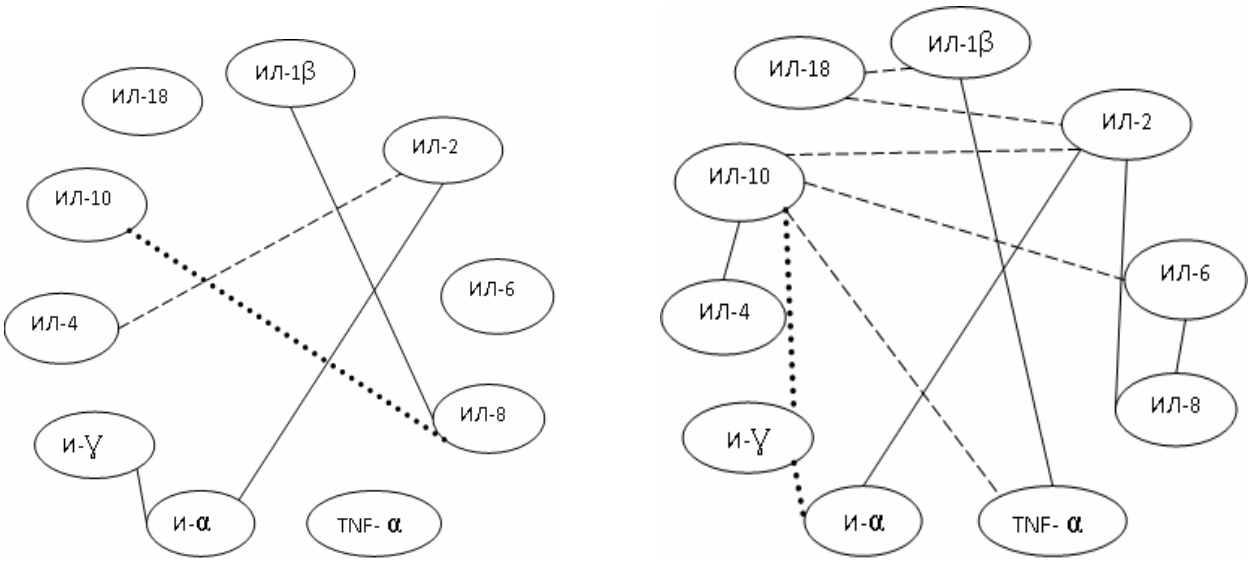


Рис. 2. Внутрисистемные связи между интерлейкинами периферической крови в основной (1) и контрольной (2) группах: ——— прямое значимое соотношение; – – – – обратное соотношение; · · · · · криволинейная зависимость

Взаимоотношение интерлейкинов в периферической крови существенно меняется вследствие воспалительного процесса в придатках матки (см. рис. 2) и может использоваться в качестве одного из направле-ний рационализации диагностического процесса данной патологии. Сопряжённость цитокинов на системном уровне у больных наиболее выражена между противовоспалительным интерлейкином-10, провоспалительными интерлейкинами (интерлейкин-2, интерлейкин-6, фактор некроза опухоли-α, интерферон-α) и интерлейкином-4. При этом соотношение между провоспалительными и противовоспалительными цитокинами преимущественно обратное, кроме интерферона-α. Противовоспалительные интерлейкины-10 и 4 имеют прямую достоверную корреляцию. Интерлейкин – 18 связан с провоспалительными цитокинами (интерлейкин-1β, интерлейкин-2) обратной достоверной зависимостью. Последний в свою очередь имеет положительную связь с интерлейкином-8 и интерфероном-α. Общее количество репре-

зентативных корреляций при остром панкреатите возрастает до 13 связей против 5 связей в контроле. По две корреляционные связи у здоровых женщин свойственны интерлейкину-2 и интерлейкину-8. Положительные зависимости установлены для интерлейкина-1β и интерлейкина-8, интерлейкина-2 и интерферона-α, интерферона-α и интерферона-γ.

Частота встречаемости отклонений содержания отдельных интерлейкинов в крови при остром панкреатите достаточно высока (табл. 3).

Таблица 3

Показатели распространённости и информативности сдвигов цитокинов в периферической крови среди больных острым воспалением придатков матки

Интерлейкин	Распространённость, %		Информативность
	основная группа	контрольная группа	
ИЛ-1β свыше 15,0 пг/мл	38,1 ±4,23	0,7 ±0,77	324,6
ИЛ-2 свыше 45,0 пг/мл	93,6 ±2,13	0,2 ±0,41	1247,0
ИЛ-6 свыше 100,0 пг/мл	42,8 ±4,31	0,6 ±0,71	391,0
ИЛ-8 свыше 25,0 пг/мл	78,7 ±3,56	1,2 ±1,01	704,0
TNF-α свыше 8,0 пг/мл	33,5 ±4,11	0,4 ±0,58	318,3
Интерферон-α свыше 15,0 пг/мл	56,7 ±4,31	0,8 ±0,82	517,2
Интерферон-γ свыше 20,0 пг/мл	12,6 ±2,89	0,5 ±0,65	84,8
ИЛ-4 свыше 2,0 пг/мл	35,4 ±4,16	0,3 ±0,51	363,6
ИЛ-10 свыше 8,0 пг/мл	38,7 ±4,24	0,2 ±0,41	440,2
ИЛ-18 свыше 100,0 пг/мл	57,9 ±4,30	0,4 ±0,58	621,2

Так, практически у всех пациенток обнаружено повышение интерлейкина-2 более 45,0 пг/мл. Другой провоспалительный интерлейкин-8 с уровнем свыше 25,0 пг/мл в периферической крови характеризуется высокой распространённостью. Аналогичная закономерность присуща интерферону-α с концентрацией свыше 15,0 пг/мл и противовоспалительному интерлейкину-18 с уровнем менее 100,0 пг/мл. Более чем у трети пациенток основной группы распространены изменения в содержании интерлейкина-1β, интерлейкина-6, фактора некроза опухоли-α, интерлейкина–4 и интерферона-10. Высокая частота выявленных отклонений отразилась на величинах показателя информативности. Она максимальна для провоспалительного интерлейкина-2. Значительную информативность имеют также интерлейкин–8, интерлейкин-18. В целом информативность отклонений интерлейкинов на системном уровне высока, за исключением интерферона-γ.

Получено 19.06.12.

V.N. Mishustin, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

E.Y. Zaikin, Competitor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

PANCREATITIS DIAGNOSTICS ON THE BASIS MNOGOKRITERIALNA OF THE MATHEMATICAL ASSESSMENT OF PATHOLOGICAL CHANGES

The mnogokriterialny mathematical approach to an assessment of pathological changes is offered at pancreatitis that allows to rationalize diagnostic process and уменшить number of defined laboratory indicators.

Key words: *pancreatitis, mnogokriterialny mathematical analysis.*

УДК 614.9:352+15./11-413:271

С.Н. Гонтарев, д-р мед. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

ИНТЕГРАЦИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО И МНОГОМЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ

В статье представлены результаты по интеграции многокритериального и многомерного математического анализа для рационализации диагностики сальпингоофорита, что позволяет выявить устойчивые кластеры и информативные показатели, характерные при данном заболевании.

***Ключевые слова**: многомерный анализ, многокритериальный математический анализ, сальпингоофорит.*

***

Формирование компьютерной базы данных о распространённости сальпингоофорита и ИППП у женщин осуществлялось на основе официальных источников информации Департамента здравоохранения и социальной защиты населения Белгородской области. Для компьютерного мониторинга абсолютные величины о 154960 больных сальпингоофоритом и ИППП трансформировались в интенсивные величины на 100 000 соответствующего возраста и пола. Распространённость и динамика сальпингоофорита изучались за 2006–2011 гг. в городских и сельских территориях, среди взрослого женского населения и девушек-подростков.

Для анализа распространённости и прогнозирования сальпингоофорита применялись различные математические методы. Выявление трендов в динамике распространённости сальпингоофорита производилось по методу проверки существенности разности средних относительных величин в двух равномерных временных интервалах. В соответствии с этим рассматриваемый временной период разделён нами на 2 ряда: первый включает 2006–2008 гг., а второй – 2009–2011 гг. В дальнейшем проверялась гипотеза о существовании разности интенсивных величин: $H_0 : \overline{y}_1 = \overline{y}_2$, где $\overline{y}_1$ – средний уровень распространённости сальпингоофорита в 2006-2008 гг., $\overline{y}_2$ – средний уровень распространённости сальпингоофорита в 2009-2011 гг. Проверка гипотезы о наличии и отсутствии различий выполнялась по средствам t_a-критерия. При $t \geq t_a$ гипотеза об отсутствии тренда отвергалась, а при $t < t_a$ гипотеза (H_0) принималась.

Установление трендов в динамике распространённости сальпингоофорита позволяло перейти к математическому анализу тенденций методом скользящей средней, которая рассчитывалась по формуле

$$y_t = \frac{\sum_{i=t-p}^{\tau+p} y}{m} \text{ или } \overline{y}_t = \overline{y}_{t-1} + \frac{y_{t+p} - y_{t-p-1}}{m},$$

где y_1 – фактическое значение i-го уровня;

m – число уровней, входящих в интервал сглаживания ($m = 2p+1$);

y_t – текущий уровень временного ряда;

i – порядковый номер уровня в интервале сглаживания;

$p = (m–1)/2$ – при нечетком m.

При исследовании временных рядов распространённости сальпингоофорита рассчитывались также количественные параметры – абсолютный прирост (убыль) патологии на 100 000 женщин или девушек-подростков, темп прироста (убыли) в %, темп роста (убыли) в % и значение 1% прироста (убыли) случаев на 100 000 – по соответствующим формулам.

Прогнозирование сальпингоофорита в территориальных системах и возрастных группах проводилось математическим методом Брауна и регрессионным анализом. Метод экспоненциального

сглаживания Брауна рассматривает временной ряд $X(r)$ ($r = 1, 2, .., t$) в виде

$$X(r) = a_0 + \varepsilon(r),$$

где a_0 – неизвестный параметр, не зависящий от времени;

$\varepsilon(r)$ – случайный остаток со средним значением, равным нулю, и конечной дисперсией [3]. Поэтому экспоненциально взвешенная скользящая средняя временного ряда $X(r)$ в точке $t_{\bar{x}\lambda}(t)$ с параметром сглаживания λ ($0 < \lambda < 1$) определяется выражением

$$\overline{x}_\lambda(t) = \frac{1-\lambda}{1-\lambda^t}\sum_{j=0}^{t-1}\lambda^j x(t-j).$$

Краткосрочное прогнозирование сальпингоофорита посредством регрессионного анализа предусматривало, что в регрессионной модели результирующая переменная **y** выступает в роли функции, значения которой определяются величинами объясняющих переменных x = (x_1, x_2, …, x_p), выступающих в роли аргументов этой функции. Математически это выражалось в виде регрессионной модели:

$$\begin{cases} y(x) = f(x) + \varepsilon\mathcal{E}(x), \\ \mathrm{E}\varepsilon\mathcal{E}(x) \equiv 0. \end{cases}$$

Адекватность полученных математических моделей проверялась по критерию F(Фишера). При выполнении математических расчётов и построении моделей использовался пакет прикладных программ «Statistica 6.0».

Данный пакет прикладных программ применялся при осуществлении компьютерного моделирования ассоциаций распространённости сальпингоофорита и ИППП у женщин. Многомерному математическому анализу указанных нозологий предшествовало проведение корреляционного анализа между распространённостью сальпингоофорита и ИППП среди женского населения за 2001-2011гг. Переменные вектора X – уровень различных ИППП на 100 000 соответствующего контингента женщин, а переменные Y – распространённость сальпингоофорита на 100 000 взрослых женщин или девушек-подростков городских и сельских территорий.

Из известных многомерных математических методов для снижения признакового пространства и выделения устойчивых и информативных групп исследуемых ИППП и сальпингоофорита выбраны кластерный анализ и метод главных компонент. При кластерном анализе из множества ИППП, влияющих на распространённость сальпингоофорита, выбирались наиболее информативные. Вся изучаемая совокупность заболеваний $\mathrm{O} = \{\mathrm{O}i\}(i = \overline{1,n})$, представленная в виде матриц X или Y, распределяется на сравнительно небольшое число однородных групп или классов. Для формализации этой задачи анализируемые нозологии рассматриваются в форме матрицы (X) попарных взаимных расстояний Y. Выполнение классификации сальпингоофорита и ИППП среди женского населения заключается в разбиении данных признаков на кластеры таким образом, чтобы объекты, относящиеся к одному кластеру, находились на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга. Полученные в итоге такой классификации кластеры показывают интеграцию распространённости сальпингоофорита и ИППП. Совокупность однородных нозологических форм представляется в виде иерархического дерева или дендрограммы, т.е. в виде графической модели с указанием величины взаимодействия признаков и кластеров.

Метод главных компонент, следуя общей задаче уменьшения признаков и классификации исследуемых ИППП и сальпингоофорита, рассматривает признак X_p-мерной случайной величиной с вектором средних значений a = ($a^{(1)}$,…, $a^{(p)}$) и ковариационной матрицей

$\sum = (Cij)(i, j = 1, 2, ..., p))$ в качестве класса F(X) допустимых преобразований исследуемых признаков $x^{(1)}, x^{(2)}, ..., x^{(p)}$, определяет всевозможные линейные ортогональные нормированные комбинации:

$$F = \left\{ ZZ : ZZ^{(j)} = \right.$$

$$\left. = \sum_{v=1}^{p} (cjx)(x^{(v)} - a^{(v)}, j = 1, 2, ..., p \right\}.$$

Из общего числа выделенных главных компонент выбирались наиболее весомые с максимальной дисперсией и вкладом в результирующую часть. Таким образом, метод главных компонент позволяет определить количественно взаимодействие распространённости сальпингоофорита и ИППП у женщин исследуемых территорий и возрастных групп.

Интегрируя использованные математические методы при оценке влияния распространённости ИППП у женщин на частоту сальпингоофорита, последовательность их применения можно представить в виде процедуры многомерного математического анализа (рис.).

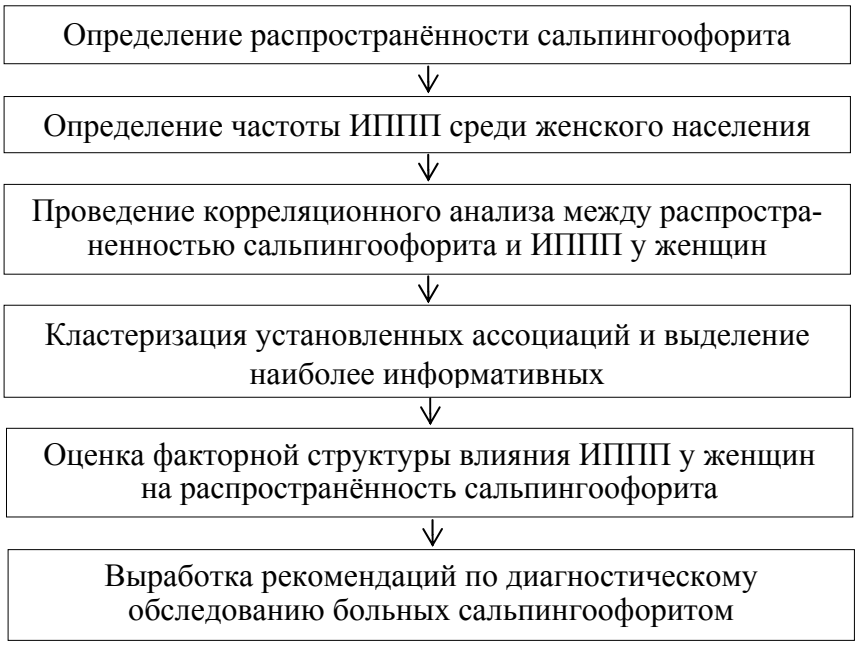


Рис. Процедура многомерного математического анализа влияния ИППП среди женского населения на распространённость сальпингоофорита

Применение данной процедуры позволяет выделить устойчивые ассоциации распространённости сальпингоофорита и ИППП среди женского населения и выработать практические рекомендации по совершенствованию диагностического обследования пациенток с данной патологией.

Получено 20.06.12.

S.N. Gontarev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

INTEGRATION OF MULTICRITERIA AND MULTIDIMENSIONAL MATHE-MATICAL ANALYSIS FOR A RATIONAL DIAGNOSTIC GINECOLOGICAL PATHOLOGY

The results of the integration of multi-dimensional and mathematical analysis to streamline diagnosis salpingoophoritis revealing a stable cluster and informative indicators of a given disease.

Key words: *multivariate analysis, multi-criteria mathematical analysis, salpingoophoritis.*

УДК 615.47

С.Ф. Яцун, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru);

В.Н. Шевякин, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБОСТРЕНИЙ ОСТЕОХОНДРОЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРАВИЛ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

В работе рассматриваются вопросы синтеза нечетких решающих правил прогнозирования остеохондрозов. Показывается, что уверенность в прогнозировании превышает величину 0,9.

Ключевые слова: *остеохондроз, правила нечеткого вывода, математическое моделирование, уверенность в прогнозировании.*

***

Среди болезней неврологического профиля одно из ведущих мест занимает остеохондроз поясничного отдела позвоночника (в дальнейшем – остеохондроз), который кроме личной нагрузки несет значительную социальную нагрузку в связи с его широкой распространенностью среди работающего населения. Повысить достоверность прогнозирования и диагностики остеохондрозов и, в частности, остеохондрозов поясничного отдела позвоночника с учетом ограничений на оперативность, стоимость и качество принимаемых решений можно путем использования методологии системного анализа, опирающейся на современные информационные технологии, включая нечеткую логику принятия решений.

Среди различных подходов к синтезу нечетких решающих правил для решения поставленных в работе задач был выбран метод синтеза, использующий данные разведочного анализа, разработанный на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета [1, 5].

При синтезе нечетких решающих правил по энергетическим характеристикам БАТ использовались рекомендации работы [3], согласно которым среди точек, связанных с диагнозом «остеохондроз» (VG3, VG5, VG10, VG11 – во французской классификации), определяются те из них, одновременная энергетическая реакция которых уточняет наличие искомого заболевания, исключая все другие симптомы, синдромы и диагнозы, выводимые на эти точки. Такая группа точек называется диагностически значимыми точками – ДЗТ. Среди выбранных точек к группе ДЗТ относится пара {VG5, VG10}.

В качестве энергетической характеристики БАТ, согласно рекомендациям [2, 3], выбрана активная составляющая электрического сопротивления, измеренная на переменном токе частотой 1 кГц, силой 2 мА.

В соответствии с поставленной в работе задачей введем три класса ω_ℓ:

$\ell = 1$ – прогноз возникновения остеохондроза;

$\ell = 2$ – прогноз возникновения осложнений на стадии ремиссии;

$\ell = 3$ – донозологический диагноз по остеохондрозу.

Задачу прогноза будем рассматривать как задачу определения уверенности перехода пациента из состояния «здоров» в состояние с $\ell = 3$ (ω_3) за некоторое заданное экспертами время T0. В этих условиях определение уверенности в классе (состоянии ω_ℓ) $КУ^{Б}_{\omega_\ell}$ [3] будем определять выражением

$$\text{ЕСЛИ}\left[\left(\delta R_{VG5} > \delta R^{П}_{\omega_\ell}\right) \text{ И } \left(\delta R_{VG10} > \delta R^{П}_{\omega_\ell}\right)\right]$$

$$\text{ТО}\left\{\begin{array}{l} КУ^{Б}_{\omega_\ell}(j+1) = \\ = КУ^{Б}_{\omega_\ell}(j) + \mu_{\omega_\ell}(\delta R_q)\left[1 - КУ^{Б}_{\omega_\ell}(j)\right] \end{array}\right\} \quad (2)$$

$$\text{ИНАЧЕ}\left\{КУ^{Б}_{\omega_\ell} = 0\right\},$$

где δR_q – относительное отклонение сопротивления БАТ с номером q от своего номинального значения;

$КУ^{Б}_{\omega_\ell}(1) = \mu_{\omega_\ell}(\delta R_{VG5})$; $\delta R_1 = \delta R_{VG10}$; $\delta R_2 = \delta R_{VG3}$; $\delta R_3 = \delta R_{VG11}$;

$\delta R^{П}_{\omega_\ell}$ – пороговое значение δR, выше которого энергетическое состояние БАТ можно принимать как свидетельство в пользу класса ω_ℓ.

Принятие классификационного решения по правилу (2) осуществляется в пользу класса, имеющего наибольшее значение $КУ^{Б}_{\omega_\ell}$.

Для выбранного класса задач экспертная группа из восьми квалифицированных специалистов определила функции принадлежностей для всех информативных БАТ и по всем классам ω_ℓ ($\ell = 1, 2, 3$), величины порогов $\delta R^{П}_{\omega_\ell}$ и оптимальное время прогнозирования. Для класса ω_1 оптимальное время прогнозирования составило 3 года, для класса ω_2 – две недели. Величины порогов для различных классов также различны $\delta R^{П}_{\omega_1} = 15\%$, $\delta R^{П}_{\omega_2} = 15\%$, $\delta R^{П}_{\omega_3} = 20\%$.

Результаты математического моделирования и результаты проверки точности срабатывания решающих правил на контрольных выборках показали, что максимальная уверенность в классах ω_ℓ, определяемая по электрическим характеристикам БАТ, достигают следующих значений:

$$КУ^{Б}_{\omega_1} = 0,69;\ КУ^{Б}_{\omega_2} = 0,78;\ КУ^{Б}_{\omega_3} = 0,81.$$

Полученные значения качества классификации не обеспечивают желаемого качества прогнозирования и диагностики, но в составе с другими информативными признаками, как будет показано ниже, получаемые результаты становятся приемлемыми для практического использования.

При формировании дополнительных прогностических и диагностических признаков мы исходили из того, что они должны получаться доступными средствами при небольших временных затратах, позволяя легко встраиваться в процедуры обследования большого контингента людей при реализации массовых профилактических мероприятий.

С учетом сказанного, а также пользуясь рекомендациями, полученными в работах [1, 5], нами были выделены факторы, определяющие риск возникновения остеохондроза поясничного отдела позвоночника и его ранние стадии (информативные признаки) с градациями, рост которых увеличивает риск заболевания: избыточность веса (x_1), наследственность (x_2), дефекты осанки (x_3), сопутствующие заболевания (x_4), избыточная статическая нагрузка на пояснично-крест-цовый отдел позвоночника (x_5), избыточная динамическая нагрузка на пояснично-крестцовый отдел позвоночника (x_6), неблагоприятный микроклимат (x_7), работа в условиях вибрации (x_8), привычка сидеть сутулясь (x_9).

Следующая группа признаков связана с болевыми ощущениями, которые характерны для предболезни и болезни. В эту группу признаков вошли следующие факторы (факторы боли): боли в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, возникающие без видимой причины (x_{10}), боли в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, возникающие после переохлаждения (x_{11}), боли в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, возникающие после физической нагрузки (x_{12}), максимальная продолжительность болей в пояснично-крестцовом отделе позвоночника (x_{13}), давность появления болей в годах (x_{14}), учащение болей в пояснично-крестцовом отделе позвоночника за последний год (x_{15}).

По приведенной системе признаков без учета факторов боли, которые, по мнению экспертов, характеризуют клас-

сы «предболезнь» и «болезнь», были построены функции принадлежности к классу «риск заболевания остеохондрозом» ω_1 в ближайшие три года $\mu_{\omega_1}(x_i)$, $i = 1,\ldots, 9$.

Расчет уверенности в классе ω_1 по этой группе признаков осуществляется по «накопительному» правилу Е. Шортлифа.

Агрегируя выражения для расчета уверенностей в классах ω_ℓ по энергетическим характеристикам БАТ и по традиционно используемым в медицине признакам, получаем финальное выражение для определения искомых коэффициентов уверенности:

$$КУ_{\omega_\ell} = КУ^{Б}_{\omega_\ell} + КУ^{И}_{\omega_\ell} \cdot (1 - КУ^{Б}_{\omega_\ell}). \quad (3)$$

Экспертное оценивание и результаты математического моделирования показали, что по всем исследуемым классам состояний уверенность в принимаемых решениях превышает 0,9.

Список литературы

1. 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.

2. Синтез моделей взаимодействия внутренних органов с проекционными зонами и их использование в рефлексодиагностике и рефлексотерапии: монография / Н.А. Кореневский, В.В. Буняев, В.Н. Гадалов, Н.Д. Тутов; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2005. 224 с.

3. Кореневский Н.А., Буняев В.В., Яцун С.М. Компьютерные системы ранней диагностики состояния организма методами рефлексологии: монография. Новочеркасск, 2003. 206 с.

4. Bruce G. Buchanan, Edward H. Shortliffe. Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. Addison-Wesley Publishing Company. Reading, Massachusetts, 1984.

5. Korenevskii N. A., Krupchatnikov R.A., Gorbatenko S.A. Generation of fuzzy network models taught on basis of data structure for medical expert systems // Biomedical Engineering. New York. 2008. Vol. 42, № 2. P. 67–72.

6. Zadeh L.A. Advances in Fuzzy Mathematics and Engineering // Fuzzy Sets and Fuzzy Information-Granulation Theory. Beijing: Beijing Normal University Press, 2005.

7. Zadeh L.A., King-Sun Fu, Kokichi Tanaka, Masamichi Shimura. Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes // Academic Press, Inc. New York San Francisco; London, 1975.

Получено 20.06.12.

S.F. Yatsun, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-70-98)

V.N. Shevyakin, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-70-98)

PREDICTION OF ACUTE EXACERBATIONS OSTEOCHONDROSIS USING RULES OF FUZZY INFERENCE

The work deals with the synthesis of fuzzy decision rules predict osteoarthritis. We show that the confidence in the prediction exceeds 0.9.

Key words: *low back pain, fuzzy inference rules, mathematical modeling, confidence in the prediction.*

УДК 615.47

А.С. Чуев, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: chuevas@yandex.ru)

М.Н. Цуканова, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: margorf@yandex.ru)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРОТЕРАПИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ

Использование механического воздействия в виде общей или локальной вибрации при лечении эректильной дисфункции хорошо известно, однако недостатком данного способа является недостаточная эффективность лечения, связанная с ограничением интенсивности звуковых колебаний и недостаточным лечебным эффектом воздействия. Терапевтический эффект вибротерапии можно значительно усилить, применив совместно со звуковыми колебаниями терапевтические электромагнитные поля со случайным распределением спектральных составляющих в области звуковых частот. В статье описывается устройство, позволяющее одновременно проводить вибротерапевтические и магнитотерапевтические процедуры.

Ключевые слова: *эректильная дисфункция, магнитотерапия, вибротерапия.*

***

Эректильная дисфункция является важной социальной и медицинской проблемой в силу значительной распространенности во всем мире. Около 150 миллионов мужчин планеты страдают эректильной недостаточностью. Если в основной популяции возраст начала половых нарушений приходится на 40 лет и старше, то в группе пациентов с сахарным диабетом нарушения половой функции нередко встречается уже в 25 лет. Частота развития эректильной дисфункции находится в прямой зависимости не только от возраста больного, но и от длительности сахарного диабета [1]. Среди пациентов с сахарным диабетом отмечается не только более раннее начало эректильной дисфункции, но и большая ее распространенность. Более чем у 50% больных диабетом эректильная дисфункция возникает в первые 10 лет болезни и может предшествовать другим осложнениям диабета.

Патологические изменения сосудов при сахарном диабете являются одним из основных факторов эректильной дисфункции. Причиной изменений сосудов может быть нарушения гладкомышечной мускулатуры ткани кавернозных тел и сосудов полового члена [2].

Общепризнано, что эректильная дисфункция как заболевание полипатогенетическое требует комплексного лечения. Применяемые методы терапии, несмотря на их многочисленность, не всегда эффективны, а без учета особенностей патогенеза и течения каждого конкретного случая заболевания и факторов, способствующих его прогрессивному течению у больных сахарным диабетом, не могут удовлетворить ни лечащих врачей, ни их пациентов [3].

Вибротерапия – лечебное воздействие механическими колебаниями низкой частоты, осуществляемое при непосредственном контакте с тканями пациента. Низкочастотная вибрация возбуждает преимущественно механорецепторы кожи, нервные окончания, что приводит к расширению сосудов мышечного типа, усилению локального кровотока и лимфотока, активизации трофики тканей и снижению мышечного тонуса.

Использование механического воздействия в виде общей или локальной вибрации при лечении целого ряда урологических заболеваний хорошо известно. Были доказаны преимущества локальной вибротерапии, при которой на область проекции органа воздействуют колебаниями частотой 2,4–3,3 кГц, интенсивностью 20–100 мВт/см^2, длительностью 6–10 мин.

Известен способ лечения урологических заболеваний, осложненных гипотонией и атонией органа, включающий воздействие звуковыми колебаниями частотой 2,4–3,3 кГц на область проекции органа, отличающийся тем, что с целью сокращения сроков лечения мочекаменной болезни при изгнании камней из чашечно-лоханочной системы, увеличения отхождения камней из мочеточника, лечения простатита, снижения количества осложнений до и после аденомэктомии, лечения функционального неудержания мочи звуковые колебания модулируют по амплитуде низкочастотными колебаниями частотой 7–60 Гц, продолжительность процедуры 6–20 мин.

Однако методика локальной вибротерапии не может применяться для лечения заболеваний органов мочеполовой системы, осложненных атонией или гипотонией последних, например при простатите, гипотонии мочевого пузыря, при аденоме простаты и т.д. Недостатком данного способа также является недостаточная эффективность лечения, связанная с ограничением интенсивности звуковых колебаний, а также недостаточным лечебным эффектом воздействия при некоторых заболеваниях [4].

Терапевтический эффект вибротерапии можно значительно усилить, применив совместно со звуковыми колебаниями терапевтические электромагнитные поля со случайным распределением спектральных составляющих в области звуковых частот. Для этой цели необходимо использовать устройство, совмещающее в себе излучатели звуковых и электромагнитных колебаний. Применение микроконтроллера в составе такого устройства позволяет программировать ширину спектра излучения и распределение спектрального состава внутри выбранного спектрального диапазона частот, а также адаптировать спектральный состав электромагнитного и звукового излучения к индивидуальным особенностям пациента и патологии.

Для этого при лечении заболеваний, осложненных гипотонией и атонией органа, звуковыми колебаниями частотой 2,4–3,3 кГц воздействуют на область проекции органа, звуковые колебания модулируют по амплитуде низкочастотными колебаниями частотой 7–60 Гц, причем продолжительность воздействия составляет 6–20 мин. Модулирование можно осуществлять импульсами формы миандр (прямоугольные симметричные импульсы со скважностью 1). Хотя возможны и другие формы модулирующих импульсов.

При таком способе лечения можно увеличить интенсивность колебаний в импульсе, так как в период паузы происходит разгрузка возбужденного органа, причем периодичность следования циклов «возбуждение-расслабление» в диапазоне низких частот, оказывающих лечебное воздействие на органы мочеполовой системы, позволяет реализовать наиболее эффективную схему воздействия звуковыми колебаниями на органы мочеполовой системы.

Более эффективным представляется вариант лечения, когда в процессе изменения частот определяют максимум сенсибилизации (чувства тепла, распирания, вибрирования, ощущения «движения» камня и т.п.) воздействия на низких и (или) высоких частотах, а дальнейшее воздействие осуществляют на частоте (частотах) максимума (максимов) сенсибилизации. Воздействие в этом случае осуществляется на частотах, близких к резонансным.

Низкие частоты регулируются легче, поэтому возможен вариант, когда качание высоких частот осуществляют постоянно, а регулируют только низкие. Процесс регулировки может осуществлять и сам пациент по своим ощущениям, получив возможность доступа к ручкам

управления устройства, используемого для реализации способа.

В зависимости от вида заболевания и от того, на какой орган предполагается воздействие, больного укладывают на живот, спину, бок, с приподнятой нижней частью туловища и т.д. Излучатель звуковых колебаний устанавливают на область проекции органа и слегка прижимают его к телу. Включают устройство и устанавливают на выходе усилителя мощность, определяемую из условия воздействия на орган интенсивности колебаний в пределах 20-100 мВт/см^2. Эта мощность зависит от КПД излучателя, скважности импульсов, комплекции больного и от того, на какой орган предполагается воздействие [4].

Продолжительность воздействия колеблется в зависимости от вида заболевания в пределах 6–20 мин.

Само воздействие осуществляют звуковыми колебаниями частотой 2,4–3,3 кГц, модулированными по амплитуде низкочастотными колебаниями частотой 7–60 Гц. Модулирование осуществляют импульсом формы миандр. Возможны и другие формы модулирующих импульсов.

Терапевтический эффект магнитного поля при лечении эректильной дисфункции основан на улучшении микроциркуляции, повышении проницаемости мембран в зоне воздействия, увеличении скорости биохимических реакций, обменных процессов, регенерации поврежденных тканей. Под влиянием магнитных полей происходит активация локального кровотока, улучшение микроциркуляции и транскапиллярного обмена, увеличение кровоснабжения. Все это возможно при использовании магнитотерапии анальгетического, регенерирующего, трофического, нейростимулирующего и др. эффектов.

Источником возбуждения электромагнитного поля являются прямоугольные импульсы постоянной амплитуды, генерируемые микроконтроллером блока управления. Входными параметрами данного модуля являются период и скважность последовательности прямоугольных импульсов, а также длительность последовательности прямоугольных импульсов с заданными параметрами. При терапевтических процедурах в качестве основы генерации хаотических колебаний используются десять форматных частот, которые могут быть выбраны произвольным образом или адаптированы к каждому отдельному пациенту. Эти частоты хранятся в памяти микроконтроллера под номерами от нуля до девяти, числовые значения форматных частот, соответствующие этим номерам, вводятся с клавиатуры блока управления.

Клинические испытания подтвердили положительные особенности разработанного способа. На фоне лечения происходит улучшение микроциркуляции крови в половом члене, восстанавливается утраченная половая функция.

Список литературы

1. Коган М.И. Нарушения половой функции у мужчин при сахарном диабете. М.: МИА, 2005. 224 с.

2. Петров С.Б., Кушниренко Н.П. Современные аспекты эпидемиологии, патогенеза, диагностики и лечения эректильной дисфункции // Врачебное пособие. 2005. №6. С. 5–9.

3. Лоран О.Б., Щеплев П.А., Нестеров С.Н. Диагностика и лечение эректильной дисфункции // Урология. 1998. №3. С. 39–46.

4. Пат. 2020917 Российская Федерация, A61H23/00. Способ лечения урологических заболеваний, осложненных гипотонией и атонией органа, и устройство для его осуществления / Рыбаков Ю.И., Серегин С.П., Скибинский В.Б.; заявитель Всесоюзный научно-исследовательский институт технической физики, Центральная медико-санитарная часть № 15;

патентообладатель Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики. № 4841987/14; заявл. 1990.05.07; опубл. 1994.10.15.

Получено 20.06.12.

A.S. Chuev, Post-Graduate Student, Southwest State Uniwersity (Kursk)
(e-mail: chuevas@yandex.ru)

M.N. Tsukanova, Post-Graduate Student, Southwest State Uniwersity (Kursk)
(e-mail: margorf@yandex.ru)

PECULIARITIES OF APPLICATION OF VIBROTHERAPY FOR TREATMENT OF ERECTILE DYSFUNCTION

Using the mechanical impact in terms of general or local vibration for treatment of erectile dysfunction is well known, but the disadvantage of this method is the lack of effectiveness of the treatment which is connected with the restriction of the intensity of sound waves and the lack of therapeutic effect of the impact. The therapeutic effect of vibrotherapy can be significantly intensified by means of using sound fluctuations and therapeutic electromagnetic fields with a random distribution of spectral components in the field of sound frequencies simultaneously. The article describes a device, which allows to carry out vibrotherapeutic and magnetotherapeutic procedures at the same time.

Key words: *erectile dysfunction, magnetotherapy, vibrotherapy.*

УДК 615.47

А.В. Новиков, д-р мед. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru);

М.Н. Цуканова, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru).

АЛГОРИТМ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ЛЕЧЕНИЯ ПИЕЛОНЕФРИТА У БОЛЬНЫХ УРОЛИТИАЗОМ

В работе рассматриваются вопросы повышения качества диагностики и лечения пиелонефрита за счет использования автоматизированных систем поддержки принятия решений, база знаний которых формируется на основе нечетких решающих моделей.

Ключевые слова: *нечеткая логика, пиелонефрит, диагностика, лечение.*

***

Для повышения качества оказания медицинской помощи больным с различными формами пиелонефрита, мочекаменной болезни, для объективизации диагностического процесса и выбора способа лечения нами разработан алгоритм управлением процессом диагностики и лечения пациентов с инфекционно-воспалительным процессом. В основу его работы положен математический аппарат нечеткой логики принятия решений как метод, наиболее точно отвечающий условиям неполноты описания и нечетких границ исследуемых классов, разнородности и неравноценности получаемых данных [1,2].

Исходными данными для работы алгоритма являются результаты определения факта заболевания и его классификационной принадлежности.

В ходе опроса и осмотра по специализированному справочнику из специально организованной базы данных устанавливается наличие признаков пиелонефрита и мочекаменной болезни.

Рабочий словарь признаков включает:

1. Данные опроса. Боли – локализация **(**x_1): $x_{1,1}$ – поясничная область, $x_{1,2}$ – подреберье, $x_{1,3}$ – боковой канал живота; интенсивность (x_2): 1 – малоинтенсивные, 2 – умеренные, 3 – интенсивные. Гипертемия – повышение температуры тела (x_3)**:** до 37,0°С – 0, до 38,0°С – 1, до 39,0°С – 2, выше 39,0°С – 3. Озноб (x_4).

Диспепсия – тошнота (x_5) и рвота (x_6). Общая слабость (x_7). Дизурия (x_8).

2. Анамнестические данные. Длительность заболевания (x_9) – 1 – менее суток, 2 – до двух суток, 3 – более 2 суток. Предшествующая терапия (x_{10}). Сопутствующие заболевания и состояния: сахарный диабет (x_{11}) – 0 – нет, 1 – есть, компенсирован, 2 – есть, суб- или декомпенсирован; хронические заболевания систем и органов (x_{12}); беременность (x_{13}). «Урологический» анамнез: x_{14} – мочекаменная болезнь (наличие камней различной локализации); x_{15} – хронические инфекции мочевых путей; x_{16} – инфравезикальная обструкция; x_{17} – инструментальные инвазии мочевых путей в анамнезе; x_{18} – наличие постоянных дренажей в мочевых путях.

3. Объективные данные. Общее состояние (x_{19}): 1 – удовлетворительное, 2 – средней тяжести, 3 – тяжелое и крайне тяжелое. Одышка (x_{20}): 1 – частота дыхательных движений 16–18 в минуту, 2 – частота дыхательных движений 19–22 в минуту, 3 – частота дыхательных движений 23 и выше в минуту. Частота пульса (x_{21}): 0 – 60–79 ударов в минуту, 1 – 80–89 ударов в минуту, 2 – 90–99 ударов в минуту, 3 – 100–109 ударов в минуту, 4 – более 110 ударов в минуту. Уровень артериального давления (x_{22}): 0 – систолическое давление выше 110 мм рт. ст., 1 – систолическое давление 110–100 мм рт. ст., 2 – систолическое давление 99–90 мм рт. ст., 3 – систолическое давление 89–80 мм рт. ст., 4 – систолическое давление ниже 80 мм рт. ст. Сухость слизистых оболочек (x_{23}). Болезненность почек при пальпации (x_{24}): 0 – нет, 1 – умеренная болезненность, 2 – выраженная болезненность. Напряжение мышц брюшного пресса при пальпации почек (x_{25}). Положительный симптом поколачивания по поясничной области (x_{26}).

4. Лабораторные методы исследования. Общий анализ мочи: x_{27} – протеинурия, x_{28} – количество лейкоцитов при микроскопии мазка. Общий анализ крови: x_{29} – анемия, x_{30} – содержание лейкоцитов в крови, x_{31} – количество палочкоядерных нейтрофилов, x_{32} – присутствие незрелых форм лейкоцитов, x_{33} – наличие токсической зернистости в нейтрофилах, x_{34} – лимфопения. Биохимический анализ крови: x_{35} – протеинемия, x_{36} – уровень креатинина крови. Микробиологическое исследование мочи: x_{37} – бактериологическое исследование мочи, выражается количественно в цифровом значении степени от десяти, характеризующей КОЕ/мл.

5. Инструментальные методы исследования. УЗИ почек: $x_{38.0}$ – УЗ норма, $x_{38.1}$ – увеличение размеров почки, $x_{38.2}$ – отек паренхимы почки, $x_{38.3}$ – наличие ретенционных изменений, $x_{38.4}$ – неоднородность эхоструктуры паренхимы почки, $x_{38.5}$ – наличие очаговых изменений в паренхиме почки, $x_{38.6}$ – наличие камней в почке, $x_{38.7}$ – паранефральная экссудация, $x_{38.8}$ – снижение дыхательной подвижности почки. Рентгенологическое исследование (обзорная и экскреторная урографии): $x_{39.0}$ – рентгенологическая картина соответствует норме, $x_{39.1}$ – увеличение размеров почки, $x_{39.2}$ – нечеткость контура поясничной мышцы, $x_{39.3}$ – отсутствие экскреторной функции почки на 7 минуте, $x_{39.4}$ – наличие ретенционных изменений, $x_{39.5}$ – наличие камней в почке и мочеточнике, $x_{39.6}$ – снижение дыхательной подвижности почки.

После выявления информативных признаков и определения соответствующих функций принадлежности рассчитывается коэффициент уверенности в развитии пиелонефрита $КУ_{ОП}$ согласно следующему выражению:

$$КУ_{ОП}(i+1) = КУ_{ОП}(i) + \mu_{\omega 1}(x_{i+1})\,[1 - КУ_{ОП}(i)],$$

где $i = 1\ldots, 39$,

$$КУ_{ОП}(1) = \mu_{\omega 1}(x_1)\ [1, 2].$$

Диагноз определяется сравнением $КУ_{ОП}$ с порогом $КУ^{П}_{ОП}$. Второе решающее правило позволяет оценивать форму вос-

палительного процесса в почке (ω_S): класс ω_{S1} – серозная форма заболевания; класс ω_{S2} – гнойная форма острого пиелонефрита. Наличие осложняющих факторов течения пиелонефрита (ω_K): класс ω_{K1} – неосложненная форма острого пиелонефрита; класс ω_{K2} – осложненная форма болезни.

В зависимости от формы заболевания алгоритм принятия решений формулирует набор рекомендаций, предъявляемых врачу, на экране монитора.

Общие рекомендации

- Отказ от употребления спиртных напитков, табакокурения.
- Исключение из рациона питания острой, пережаренной пищи, специй, копченостей.
- Избегать переохлаждений.
- Избегать переутомлений.
- Своевременное опорожнение мочевого пузыря.
- Соблюдение гигиены половых отношений.

Для больных с неосложненным серозным пиелонефритом

- Антибактериальная терапия с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы.
- Поливитаминные комплексы, включающие витамины группы В, витамины А, С.
- Фитотерапия.
- Средства, улучшающие микроциркуляцию в почке.
- Антиоксиданты.
- Иммуномодуляторы.

Для больных с осложненным серозным пиелонефритом

- Лечение больных осложненным пиелонефритом всегда начинается с восстановления пассажа мочи. При серозной форме воспалительного процесса используются малоинвазивные методы дренирования почки – чрескожная пункционная нефростомия, катетеризация и стентирование мочеточников в сочетании с дренированием мочевого пузыря. Установление мочеточникового катетера применяется в случае необходимости кратковременного (3–5 суток) дренирования почки. Такой вид дренирования использовался при небольших (до 5 мм) камнях, расположенных в тазовом отделе мочеточника, при пиелонефрите беременных, а также в качестве временного средства. Чрескожная пункционная нефростомия выполняется при необходимости более длительного дренирования почки: крупные (более 5 мм) камни мочеточника, камни верхней трети мочеточника, рецидивирующий гестационный пиелонефрит, обструкция вследствие формирования стриктуры мочеточника, а также механического давления или инвазии опухолью. При невозможности выполнения перкутанной нефростомии производится стентирование мочеточника.
- Антибактериальная терапия с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы.
- Лечение сопутствующей патологии. Пациенты консультируются соответствующими специалистами (эндокринолог, кардиолог и т.д.) с последующим проведением комплексной терапии имеющихся заболеваний. Особое место в структуре заболеваемости больных пиелонефритом занимает сахарный диабет. Коррекция уровня гликемии, соблюдение режима питания и приема лекарственных препаратов имеет такое же значение, как и непосредственное лечение проявлений пиелонефрита.
- Поливитаминные комплексы, включающие витамины группы В, витамины А, С.
- В течение всего периода лечения применяются отвары мочегонных трав.
- Средства, улучшающие микроциркуляцию в почке.
- Антиоксиданты.
- Иммуномодуляторы.

• При наличии выраженного болевого синдрома применяются ненаркотические анальгетики.

• После купирования острого воспалительного процесса производится устранение обструкции одним из существующих методов: дистанционная литотрипсия, контактная литотрипсия, литокинетическая терапия.

Для больных с неосложненным гнойным пиелонефритом (необструктивном апостематозном, единичном карбункуле почки)

Лечение таких больных в первые сутки заболевания при наличии единичных гнойных элементов в почке, отсутствии выраженного эндотоксикоза, стабильной гемодинамики, сохранной функции почек может быть консервативным. Данная терапия включает в себя:

• Антибактериальную терапию с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы. Препараты выбора – карбапенемы (имипенем/циластатин до 2 г в сутки, меропенем 2 г в сутки), цефалоспорины III поколения (цефатоксим 3 г в сутки, цефоперазон 2 г в сутки).

• Активное применение дезинтоксикационной терапии, включающей использование растворов глюкозы 5% и 10%, раствора Рингера, реополиглюкина, плазмы, озонированного физиологического раствора, объем инфузии в лихорадочный период составляет не менее 1500 мл. При наличии симптомов эндотоксикоза эффективно применение гемосорбции, плазмафереза, плазмосорбции, а также использование низкоинтенсивного лазерного излучения.

• Антигистаминные препараты.

• Ингибиторы протеолиза.

• Нестероидные противовоспалительные препараты.

• Средства, улучшающие микроциркуляцию в почке.

• Профилактика дисбактериоза.

• Антиоксиданты.

• Иммуномодуляторы.

• Поливитаминные комплексы, включающие витамины группы В, витамины А, С.

Через сутки лечения проводится контрольное ультразвуковое исследование, контроль общего анализа крови. При отсутствии улучшения в течение суток либо при отрицательной динамике состояния больного показано оперативное лечение – ревизия почки, декапсуляция, иссечение гнойных элементов почки. После чего продолжается лечение согласно приведенной схеме.

Для наиболее тяжелых больных – с осложненным гнойным пиелонефритом (осложненный апостематозный, карбункулезный пиелонефрит, абсцесс почки, а также их сочетание)

Данной категории больных всегда показано открытое оперативное лечение. Отсрочка операции в течение нескольких часов может быть связана с необходимостью предоперационной подготовки пациента, выяснением причин обструкции либо организационно-правовыми причинами (отказ пациента и его родственников от операции). Другой причиной консерватизма может быть крайне тяжелое состояние пациента – в этом случае устанавливается мочеточниковый катетер, проводится интенсивная терапия. Объем оперативного лечения – нефростомия, декапсуляция, иссечение гнойных элементов почки или нефрэктомия – определяется степенью поражения почечной ткани, общим состоянием больного, наличием декомпенсированной сопутствующей патологии, состоянием контрлатеральной почки. Пиелостомия для дренирования почки при гнойном пиелонефрите в настоящее время не применяется. Нефрэктомия производится при поражении более 2/3 почечной паренхимы, развившемся инфекционно-токсическом шоке, имеющейся тяжелой сопутствующей патологии, а также при условии наличия

нормально функционирующей коллатеральной почки. Во всех остальных случаях производится нефростомия, декапсуляция, рассечение и иссечение гнойных элементов почки.

- Антибактериальная терапия с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы. При эмпирической антибиотикотерапии в комплексное лечение включаются препараты, перекрывающие весь спектр чувствительности.
- Примененяется дезинтоксикационная терапия. Более активно должны использоваться методы гемосорбции, плазмафереза, плазмосорбции, применение низкоинтенсивного лазерного излучения.
- Применение гипохлорита натрия с целью антимикробного, дезинтоксикационного, ранозаживляющего воздействия.
- Антигистаминные препараты.
- Кортикостероиды.
- Ингибиторы протеолиза.
- Ферменты.
- Нестероидные противовоспалительные препараты.
- Средства, улучшающие микроциркуляцию.
- Профилактика дисбактериоза.
- Антиоксиданты.
- Иммуномодуляторы.
- Поливитаминные комплексы, включающие витамины группы В, витамины А, С.

После стихания воспалительного процесса в мочевых путях проводится устранение обструкции (если она не устранена в ходе оперативного пособия) одним из существующих способов: дистанционная литотрипсия, контактная литотрипсия, литокинетическая терапия.

Полученные в ходе проведенной нами проверки работы предложенного алгоритма свидетельствуют о высокой диагностической эффективности предложенных решающих правил диагностики пиелонефрита. Формируемый на их основе диагноз обеспечивает градацию больных на нозологические классы с последующим дифференцированным подходом в выборе лечебного алгоритма, что обеспечивает высокую эффективность использования автоматизированной системы поддержки принятия решения врача-уролога в клинической практике, позволяя достигать клинико-лабораторной ремиссии в 95 % случаев.

1. 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.

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. 610.

Получено 19.06.12.

A.V. Novikov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru);

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

ALGORITHM OF SELECTION THE RATIONAL TREATMENT SCHEMES OF PYELONEPHRITIS IN PATIENTS WITH UROLITHIASIS

The paper deals with improving the quality of diagnosis and treatment of pyelonephritis due to the use of automated decision support systems, which knowledge base is based on fuzzy critical models.

Key words: *fuzzy logic, pyelonephritis, diagnosis, treatment.*

УДК 615.47

С.Д. Долженков, канд. мед. наук, докторант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712)58-70-98)

Т.Н. Сапитонова, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712)58-70-98)

С.Н. Кореневская, студентка, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712)58-70-98)

С.В. Харьков, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712)58-70-98)

РОЛЬ ЗАЩИТНЫХ МЕХАНИЗМОВ ОРГАНИЗМА В СНИЖЕНИИ РИСКА ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У БОЛЬНЫХ, СТРАДАЮЩИХ УРОЛОГИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

В работе рассматривается метод оценки защитных механизмов организма с помощью нечетких правил принятия решений по уровню адаптационного потенциала и энергетической сбалансированности меридианных структур. Доказано, что использование показателя, характеризующего уровень защиты организма, позволяет получать надежные правила прогнозирования послеоперационных осложнений урологических больных.

Ключевые слова: *нечеткие правила принятия решений, уровень защиты организма, адаптационный потенциал, энергетическая сбалансированность.*

***

Известно, что существенную роль в развитии послеоперационных осложнений играют защитные механизмы организма человека.

Существует достаточно большое количество способов оценки защитных механизмов организма человека, например по состоянию иммунной системы, величине функционального резерва, адаптационному потенциалу и т.д.

Как показали результаты наших исследований, хорошей информативностью с точки зрения определения защитных свойств организма обладают адаптационный потенциал (АП), определяемый через индекс функциональных изменений (ИФИ) [1], и энергетическая сбалансированность (ЭС) меридианных структур организма, которая может быть определена по электрическим характеристикам БАТ, «связанных» с общесистемной реакцией организма (E23, E36, RP6, V40, V60 и VB20) [2,3].

В предлагаемой работе риск послеоперационных осложнений рассматривается как задача разделения двух классов: класс ω_0 – осложнений не ожидается; класс ω_1 – ожидаются послеоперационные осложнения. Кроме признаков, характеризующих защитные механизмы организма, эксперты, используя меру информативности по Кульбаку, выбрали еще три признака: x_2 – количество лейкоцитов в поле зрения; x_3 – антиокислительная активность; x_4 – количество церулоплазмина в сыворотке крови.

Для количественного определения степени защиты организма (признак x_1) от операционного вмешательства адаптационный потенциал и энергетическую сбалансированность агрегируют с помощью итерационной формулы Е. Шортлифа:

$$x_1 = f(\text{АП}) + f(\text{ЭР})[1 - f(\text{АП})], \quad (1)$$

где $f(\text{АП})$ – нечеткая функция, определяющая уровень защитных свойств организма в зависимости от величины адаптационного потенциала; $f(\text{ЭР})$ – нечеткая функция, определяющая уровень защитных свойств организма в зависимости от величины энергетического разбаланса общесистемных БАТ (точки E23, E36, RP6, V40, V60 и VB20 во французской классификации).

Величина адаптационного потенциала определяется выражением [1]

$$\text{АП} = 0{,}011\text{ЧП} + 0{,}04\text{САД} + 0{,}008\text{ДАД} + \\ + 0{,}014\text{В} + 0{,}009\text{МТ} – 0{,}09\text{Р} – 0{,}27,$$

где ЧП – частота пульса (уд. мин); САД – систолическое артериальное давление (мм рт. ст.); ДАД – диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.); В – возраст (лет); МТ – масса тела (кг); Р – рост (см).

График функции $f(\text{АП})$ приведен на рис 1.

Величина энергетического разбаланса определяется в соответствии с выражением [6]:

$$\text{ЕСЛИ } [(\delta R_{E23} > 20\%) \text{ И } (\delta R_{V60} > 20\%)] \text{ ТО } [\text{ЭР}(q+1) = \text{ЭР}(q) + f^*(\delta R_{q+1})[1 - \text{ЭР}(q)], \quad (2)$$

где ЭР(q) – уровень энергетического разбаланса, определяемый по совокупности q биологически активных точек; $f^*(\delta R_{q+1})$ – функция уровня энергетического разбаланса, определяемая по точке с номером q+1 по величине относительного отклонения её сопротивления от номинального значения в процентах; $\text{ЭР}(1) = f^*(\delta R_{E23})$; $\delta R_2 = \delta R_{E36}$; $\delta R_3 = \delta R_{V40}$; $\delta R_4 = \delta R_{V60}$; $\delta R_5 = \delta R_{VB20}$.

График функции *f*(ЭР) приведен на рис. 2.

Анализ выражения (1) показывает, что степень выраженности защитных механизмов организма изменяется по непрерывной шкале в диапазоне [0, …, 0,88].

Разведочный анализ, проведенный по классам ω_0 и ω_1 в системе признаков x_1, x_2, x_3 и x_4, показал, что исследуемые классы состояний не имеют четко выраженных границ и использование каждого из выбранных признаков повышает уверенность в принимаемых решениях. В этих условиях было принято решение использовать правила нечеткого вывода Е. Ширтлифа [8] с использованием функций уверенности в классификации $f_{\omega_0}(x_i)$ и $f_{\omega_1}(x_i)$, графики которых приведены на рисунках 3–6.

Полученные информативные признаки с учетом оперативности и технологичности получения информации были сгруппированы в две пары.

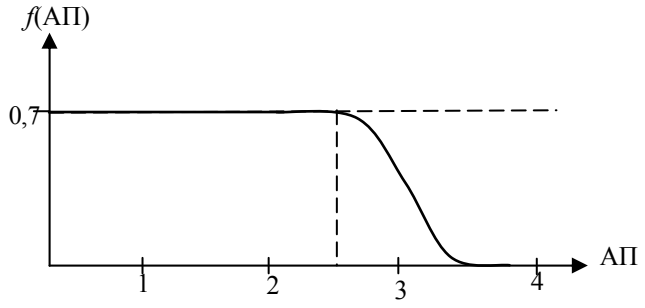


Рис. 1. График функции, характеризующей защитные механизмы организма с базовой переменной АП

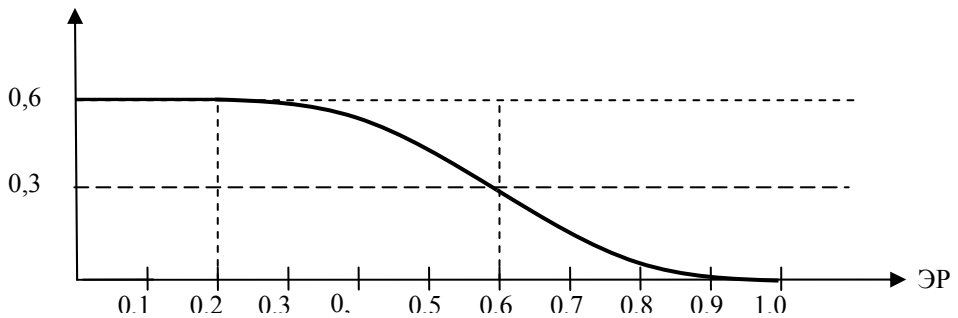


Рис. 2. График функции, характеризующей защитные механизмы организма с базовой переменной ЭР

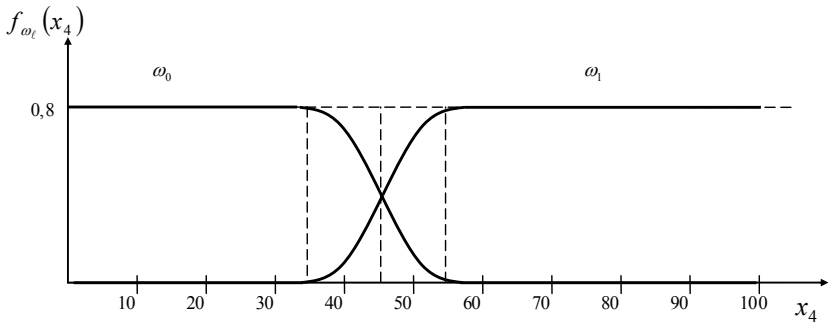


Рис. 3. График функций уверенности в прогнозе послеоперационных осложнении по признаку x_4

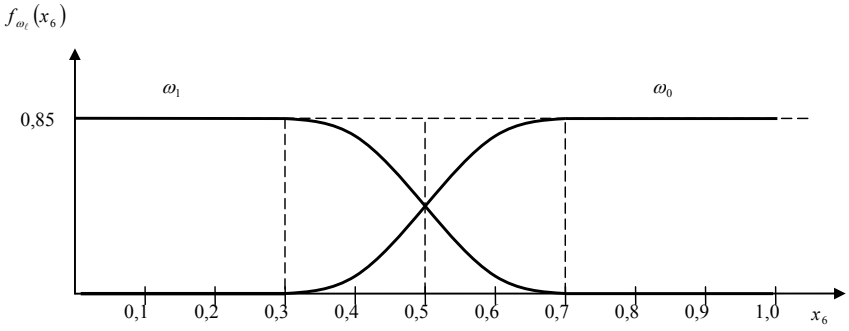


Рис. 4. График функций уверенности в прогнозе послеоперационных осложнении по признаку x_6

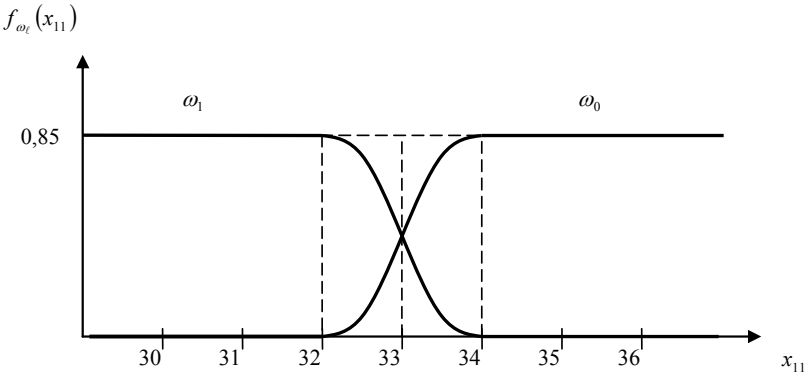


Рис. 5. График функций уверенности в прогнозе послеоперационных осложнении по признаку x_{11}

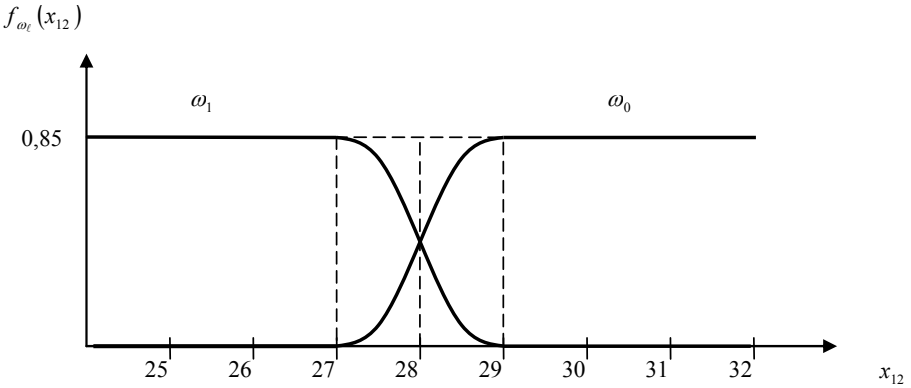


Рис. 6. График функций уверенности в прогнозе послеоперационных осложнении по признаку x_{12}

Для экспресс-контроля используется пара признаков x_4 и x_6, которые оперативно и легко получаются практически в любом профильном лечебном учреждении.

Для них уверенность в прогнозе послеоперационных осложнений *UP* определяется выражением

$$UP' = f_{\omega_1}(x_4) + f_{\omega_1}(x_6) - \\ - f_{\omega_1}(x_4) \cdot f_{\omega_1}(x_6). \quad (3)$$

Для уточнения прогностических заключений используется пара признаков x_{11} и x_{12}, по которым прогноз определяется в соответствии с формулой

$$UP = f_{\omega_1}(x_{11}) + f_{\omega_1}(x_{12}) - \\ - f_{\omega_1}(x_{11}) \cdot f_{\omega_1}(x_{12}). \quad (4)$$

Результаты математического моделирования и статистических испытаний на контрольных выборках показали, что для наиболее часто встречающихся значений признаков уверенность в прогнозе по формуле (3) составляет 0,85, а по формуле (4) – не ниже 0,9, что позволяет рекомендовать полученные результаты к использованию в урологической практике.

Список литературы

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 235 с.

2. Долженков С.Д., Серегин С.П., Кореневская С.Н. Прогнозирование послеоперационных осложнений у больных доброкачественной гиперплазией предстательной железы на основе линейных моделей // Системные исследования в науке и образовании: сб. науч. тр. / Курск. гос. ун-т. Курск: МУ «Издательский центр «ЮМЭКС», 2007. С. 15–16.

3. Гава Лувсан. Очерки методов восточной терапии. 3-е изд., перераб. и. доп. Новосибирск: Наука, Сиб. от-ние, 1991. 432 с.

4. Оценка уровня защитных механизмов организма по энергетической сбалансированности меридиан и адаптационному резерву и их влияние на обострение кожных болезней / Н.А. Кореневский, М.И. Лушаков, Р.А. Крупчатников, А.В. Еремин // Системный анализ и управление в биоимпедансных системах. 2009. Т. 8, № 1. С. 83–86.

5. Кореневский Н.А. Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 8, № 2. С. 6–10.

6. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Серегин С.П. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в биологии, медицине и экологии на основе нечетких моделей: монография. Курск: ОАО «ИПП Курск», 2010. 521 с.

7. Харьков С.В. Определение уровня защиты организма на основе нечеткого итерационного вывода по Е. Шортлифу // Медико-экологические информационные технологии: сб. матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2001. С. 71–83.

8. Buchanan Bruce G., Shortlife Edward H. Rule – Based Expert Systems // The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. Addison-Wesley Publishing Company. Reading. Massachusetts, 1984.

Получено 21.06.12.

S.D. Dolzhenkov, Candidate of Sciences, PhD Candidate, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-70-98)

T.N. Sapitonova, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-70-98)

S.N. Korenevskaya, Student, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-70-98)

S.V. Kharkov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-70-98)

THE ROLE OF THE DEFERESE MECHANISMS OF THE BODE TO REDUCE THE RISK OF POSTOPERATIONS IN PATIENTS WITH UROLOGICAL DISEASES

In this paper the method of the protective mechanisms of the body by means of fuzzy decision rules in terms of adaptive capacity and energy balance meridian structures is considered. It is shown that the use of an indicator on the body's defenses, allows to obtain reliable prediction rules for postoperative complications of urological patients.

Key words: *fuzzy decision rules, the level of defense, adaptive capacity, and energy balance.*

УДК 616.092

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

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ДЕТЕЙ С ХРОНИЧЕСКИМ ПИЕЛОНЕФРИТОМ

В работе исследуется роль информативных иммунологических признаков, характеризующих показатели при прогнозировании течения хронических заболеваний почек. Показывается, что изученные иммунологические критерии могут служить прогностическим фактором течения пиелонефрита у детей.

Ключевые слова: *прогнозирование, хронический пиелонефрит, иммунологические показатели, фагоцитоз.*

***

Изменения иммунологических показателей в определенной степени могут рассматриваться как результат иммунодепрессивного воздействия самого заболевания, а также лекарственного комплекса. В прогностическом плане они могут выступать как отрицательный фактор при достижении ремиссии, ее полноты и длительности. Поэтому представляет интерес более детально изучить структурный вторичный иммунодефицит при хроническом пиелонефрите (в стадии обострения).

У 30 детей в результате комплексного клинико-лабораторного, рентгенологического, ультразвукового и инструментального обследования диагностировали хронический пиелонефрит. У всех обследованных детей изучена иммунограмма, включая комплекс стандартных и унифицированных тестов [1, 2]. Полученные цифровые данные клинико-лабораторных, иммунологических исследований обработаны методом корреляционной и регрессионной статистики с использованием пакета прикладных программ Statgraphics.

При изучении макро- и микроэлементного состава в волосах этих детей установлены повышенные показатели Pb (7,8–12,0 мкг/г). В России в качестве допустимого уровня официально принята концентрация Pb в волосах, равная 9 мкг/г (принята только для детей). Вместе с тем, по оценкам западных исследователей, «уровни озабоченности» для свинца определены при концентрации в волосах: для детей – 3 мкг/г и более, для взрослых – 6 мкг/г и более [3].

Результаты лабораторных исследований свидетельствуют, что количество лейкоцитов периферической крови достоверно выше в сравнении с показателями контрольной группы ($6{,}76\pm0{,}21\times10^9$/л

и соответственно в контроле – $5,32\pm0,21\times10^9$/л, $p<0,01$). При этом лейкоцитоз регистрировался в 63,3% случаев.

Отмечено снижение абсолютного содержания лимфоцитов ($1,65\pm0,05\times10^9$/л), а также относительного и абсолютного числа Т-лимфоцитов (42,4±0,4% и $0,73\pm0,06\times10^9$/л и соответственно в контроле 53,4±1,6% и $0,85\pm0,04\times10^9$/л, $p<0,05$.

Следует отметить, что в настоящее время в качестве основных синдромов ХП, наряду с азотемией, анемией, гипертензией, нарушениями водно-электролитного баланса и КОС, рассматриваются нарушения роста, остеопатии, расстройства гемостаза и иммунного гомеостаза. Известно, что у больных с ХП отмечается пониженная резистентность к развитию инфекционных заболеваний. Это связано с ухудшением способности адекватного реагирования на бактериальную или вирусную инфекцию, что сказывается в афебрильном течении инфекционного процесса. Отмечается склонность к вторичному по отношению к основному почечному заболеванию – инфицированию мочевых путей [4].

Изучение показателей фагоцитоза имеет значение в комплексном анализе диагностики иммунодефицитных состояний при инфекционно-воспалительных процессах [5].

Показатели фагоцитарного механизма защиты в обследуемой нами группе детей с ХП представлены в таблице.

Как видно из таблицы, достоверно снижены показатели начального этапа фагоцитарной реакции, а именно адгезия нейтрофилов. Показатели фагоцитарного индекса ($ФИ_{30}$ и $ФИ_{120}$) снижены в обеих группах (у детей с ХП и здоровых детей) по сравнению с нормой, приведенной в справочнике по лабораторным методам исследования [1]. Мы полагаем, это связано с тем, что в контрольную группу взяты дети здоровые, но проживающие в том же регионе; вот на такой сниженной клеточной защите у больных детей ХПН достоверно снижены показатели завершенности фагоцитоза: ИЗФ соответственно 0,82±0,04 и 1,28±0,08 (в контроле).

Показатели фагоцитарного механизма защиты у детей с хроническим пиелонефритом

Показатели	Основная группа (n=30)	Контрольная группа (n= 30)
Лейко-Т-клеточный индекс	9,20±0,30	6,60±0,28
Адгезия нейтрофилов (%)	23,5±1,20*	26,4±0,70
$ФИ_{30}$ (%)	75,9±1,40	73,4±1,23
$ФИ_{120}$(%)	62,5±3,01	57,3±2,30
ИЗФ	0,82±0,04*	1,28±0,08
$ФЧ_{30}$ (%)	6,43±0,19	6,47±0,21
$ФЧ_{120}$ (%)	7,11±0,43*	6,34±0,41
КФЧ	0,88±0,05*	1,02±0,04
С-НСТ-тест (%)	23,4±2,21*	8,30±0,71
ИАН в с-НСТ тесте	0,36±0,15*	0,15±0,08
И-НСТ-тест(%)с зимозаном	31,4±3,40*	43,6±2,80
ИАН в и-НСТ-тесте	0,51±0,20*	0,94±0,04

Примечание. * – Достоверность в сравнении с контрольной группой $p<0,01$.

Наиболее информативным для оценки фагоцитарной активности следует считать индекс поглощения, то есть фагоцитарное число, коэффициент фагоцитарного числа, которые отражают завершенность фагоцитоза и индекс бактерицидности – способность фагоцита переваривать захваченный микроб. При индивидуальном сопоставлении $ФЧ_{30}$ и $ФЧ_{120}$ показано, что у 73,0% больных детей происходит увеличение фагоцитарных чисел, то есть не только происходит их переваривание, но и размножение (и персистирование), что, несомненно, способствует хронизации процесса.

Таким образом, установлено, что функциональные возможности нейтрофильно-макрофагальной системы также снижаются и они коррелировали с резервами адаптации Т-системы иммунитета. Проведенные исследования показали, что при поступлении детей с ХП в стадии обострения у большинства обследованных наблюдается угнетение гуморального иммунного ответа (83% больных). Замедленный первичный иммунный ответ выявлен лишь у 7% детей, слабый иммунный ответ – у 10% детей. В динамике на 7–9 сутки замедленный ответ наблюдается у 44% больных, слабый ответ – у 11% больных, угнетение гуморального ответа – у 33% больных и адекватный ответ отмечается лишь у 12% детей с пиелонефритом. На 15-20 сутки адекватный иммунный ответ встречался у 40% больных детей, замедленный и слабый иммунный ответ – у 30% соответственно.

Следует отметить, что уровень JgG прямо коррелировал с возрастом ($r = 0,74$; $p<0,05$). Кроме того, уровень JgG коррелирует с показателями спонтанного и индуцированного НСТ-теста ($r = –0,64$; $p<0,02$; $r = –0,69$; $p<0,03$ соответственно), а также общим числом лимфоцитов ($r = 0,39$; $p<0,01$).

Таким образом, выраженность гуморального ответа опосредует силу фагоцитарных реакций нейтрофилов при хроническом пиелонефрите у детей. Определение количества Jg различных классов является объективным показателем состояния реактивности организма и не только позволяет оценивать способность организма к выработке антител, но может иметь и прогностическое значение у пациентов с тяжелой патологией [6].

Биоцидный и цитотоксический потенциал нейтрофилов в спонтанном НСТ-тесте прямо коррелирует с уровнем JgA, JgM, JgG (их снижение) и повышенным содержанием свинца.

Возможно, отмеченное у наших больных сочетание низких показателей нейтрофильного фагоцитоза и дисиммуноглобулинемии можно рассматривать как своеобразную неспецифическую реакцию в условиях неадекватного ответа со стороны фагоцитарной системы и JgG в условиях повышенной экзогенной свинцовой нагрузки.

Мы полагаем, что изученные иммуноэкологические критерии у детей с заболеваниями почек могут служить прогностическим фактором течения пиелонефрита и критерием для выбора оптимальной тактики лечения.

Список литературы

1. Лабораторные методы исследования в клинике / под ред. В.В. Меньшикова М.: Медицина, 1987. 378 с.

2. Виксман М.Е., Маянский А.Н. Способ оценки функциональной активности нейтрофилов человека по реакции восстановления нитросинего тетразолия. Казань, 1979. 14 с.

3. Скальный А.В., Есенин А.В. Мониторинг и оценка риска воздействия свинца на человека и окружающую среду с использованием биосубстратов человека // Токсикологический вестник. 1997. № 6. С. 16–23.

4. Игнатова М.С., Вельтищев Ю.Е. Детская нефрология. Л.: Медицина, 1989. 455 с.

5. Снопков В.Н. Иммуномикроэкологические основы инфекционно-воспалительного процесса у детей с пиелонефритом // Сб. тр. КазГМУ им С.Д. Асфендиярова. 2001. № 3. С. 150–156.

6. Снопков В.Н. Методические подходы к иммуномикроэкологической диагностике и коррекции иммунодефицитных состояний (в условиях Центрального Казахстана). Караганда, 2001.123 с.

Получено 25.06.12.

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

CORRELATION RELATIONSHIP IMMUNOLOGICAL PARAMETERS IN CHILDREN WITH CHRONIC PYELONEPHRITIS

This paper investigates the role of informative immunological features that characterize performance in predicting course of chronic kidney disease. It is shown that the investigated immunological criteria can serve as a prognostic factor in the flow of pyelonephritis in children.

Key words: *forecasting, chronic pyelonephritis, immunological parameters, phagocytosis.*

УДК 615.47

Л.В. Конева, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

В.И. Серебровский, д-р техн. наук, профессор, Курская государственная сельскохозяйственная академия (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

К.В. Разумова, магистрант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СОСТОЯНИЕ ВНИМАНИЯ

В работе исследуется роль информативных признаков, характеризующих показатели внимания человека, при прогнозировании возникновения заболеваний желудочно-кишечного тракта. Рассматривается, что показатели внимания служат надежными индикаторами наличия психоэмоционального напряжения и утомления, которые являются факторами риска для исследуемых классов заболеваний.

Ключевые слова: *прогнозирование, желудочно-кишечный тракт, внимание, психоэмоциональное напряжение.*

***

Заболевания желудочно-кишечного тракта относят к классу психосоматических заболеваний, которые могут провоцироваться длительным психоэмоциональным напряжением и переутомлением. В работах [1, 3, 4] было показано, что надежным индикатором наличия психоэмоционального напряжения и утомления могут служить такие показатели внимания, как переключаемость, концентрированность и устойчивость. В этих же работах показано, что уровень психоэмоционального напряжения YH определяется нечетким выражением вида

$$YH = \min[YH(Y1), YH(Y2)], \qquad (1)$$

где YH(Y1) – уровень психоэмоционального напряжения с базовой переменной $Y1=x_{\text{п}}+x_{\text{к}}$; $x_{\text{п}} - \text{ПВ-ПВ}_0$; $x_{\text{к}} = \text{КВ-КВ}_0$;

ПВ, ПВ_0 – текущая переключаемость и переключаемость внимания в состоянии спокойного бодрствования, измеряемые по методикам описанным в работе [4];

КВ, КВ_0 – показатели концентрированности внимания, измеренные аналогично ПВ; YH(Y2) – уровень психоэмоционального напряжения с базовой переменной $Y2 = x_{\text{у}} = \text{УВ-УВ}_0$, где УВ,$\text{УВ}_0$ – показатели устойчивости внимания, измеренные аналогично ПВ.

Уровень утомления YU определяется нечетким выражением вида

$$YU = \max(YU^1, YU^2), \qquad (2)$$

где $YU^1 = \min[YU_1(Y1), YU_1(Y2)]$; $YU^2 = \min[YU_2(Y1), YU_2(Y2)]$; $YU_1(Y1)$, $YU_1(Y2)$ – уровни утомления для первой области отображающего пространства $\Phi = Y1 \times Y2$ с базовыми переменными $Y1$ и $Y2$; $YU_2(Y1), YU_2(Y2)$ – уровни утомления для второй области отображающего пространства Φ.

Используя общие рекомендации для синтеза нечетких решающих правил для задач прогнозирования и медицинской диагностики, разработанные на кафедре биомедицинской инженерии ЮЗГУ [2, 5], а также используя гистограммы распределения класса $\omega_{ж}^{П}$ – высокий риск заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), были получены функции принадлежности $\mu_{ж}^{П}(YH)$ и $\mu_{ж}^{П}(YU)$ к классу $\omega_{ж}^{П}$ с базовыми переменными YH и YU, определяемыми по формулам (1) и (2) (рис.).

С учетом того, что полученные функции принадлежностей в смысле решения прогностических задач дополняют друг друга, общая уверенность $КУ_{ж}^{П}$ в риске появления заболеваний ЖКТ определяется формулой Е. Шортлифа:

$$КУ_{ж}^{П} = \mu_{ж}^{П}(YH) + \\ + \mu_{ж}^{П}(YU)\left[1 - \mu_{ж}^{П}(YH)\right]. \qquad (3)$$

В ходе математического моделирования было установлено, что при максимальных значениях всех функций принадлежностей уверенность в прогнозе возникновения заболеваний ЖКТ достигает уровня 0,47, что недостаточно для осуществления надежного прогноза. Поэтому на втором этапе исследований к параметрам, характеризующим состояние внимания, были добавлены традиционно используемые в медицине признаки в следующем составе [1]:

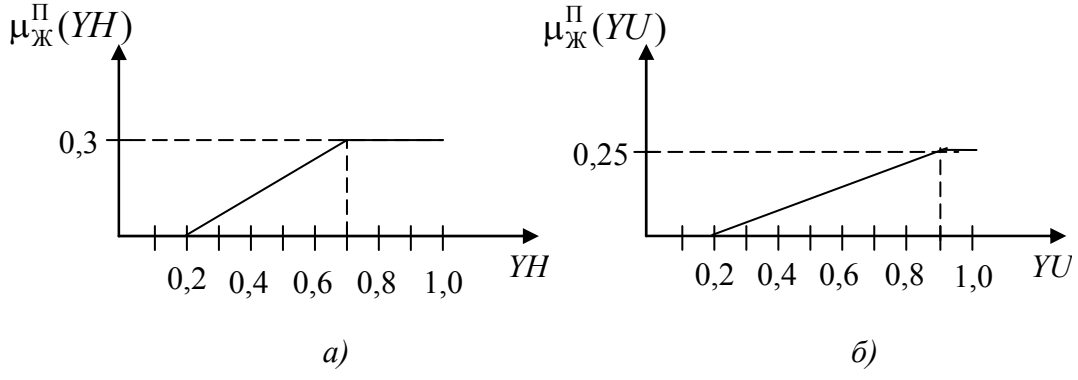
x_1 – частота приема лекарственных средств, раздражающих слизистую оболочку желудка (в днях*);*

x_2 – частота приема алкоголя (не менее 65 мл в пересчете на литр в календарном месяце при однократном приеме в сутки);

x_3 – суточная доза никотина и его аналогов при табакокурении;

x_4 – наследственность заболеваемости ЖКТ у близких родственников (система градаций: дядя, тетя – 1; брат, сестра – 2; мать, отец – 3);

x_5 – энергетический разбаланс биологически активных точек, «связанных» с заболеваниями ЖКТ (E21, E36, V21, V43 и VB24);



а) *б)*

Рис. Графики функций принадлежностей к классу $\omega_{ж}^{П}$ с базовыми переменными: *а* – *YH*; *б* – *YU*

По признакам $x_1 - x_4$, согласно данным работы [1], функции принадлежностей к классу $\omega_{\text{Ж}}^{\text{П}}$ имеют следующий вид:

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(x_1) = \begin{cases} 0,01x_1, \text{ если } x_1 < 20; \\ 0,2, \text{ если } x_1 \geq 20, \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(x_2) = \begin{cases} 0,008x_2, \text{ если } x_2 < 24; \\ 0,2, \text{ если } x_2 \geq 24, \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(x_3) = \begin{cases} 0,01x_3, \text{ если } x_3 < 23; \\ 0,1, \text{ если } x_3 \geq 23, \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(x_4) = 0,05x_4.$$

По этим признакам коэффициент уверенности $\text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПF}}$ в $\omega_{\text{Ж}}^{\text{П}}$ определяется по формуле

$$\text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПF}}(i+1) = \text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПF}}(i) + \mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(x_{i+1}) + [1 - \text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПF}}(i)]. \quad (4)$$

При максимальных значениях всех функций принадлежности $\text{КУ}_{\text{Ж}_{\max}}^{\text{ПF}} = 0,51$. При наиболее часто встречающихся значениях факторов риска $\text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПF}} = 0,44$.

Риск заболеваний органов системы пищеварения по величине разбаланса энергетических характеристик БАТ, согласно рекомендациям [1, 2], определяется по точкам E21, E36, V21, V43 и VB24 с ДЗТ {E21, V43} и {E21, VB20} в соответствии с выражениями:

ЕСЛИ $[(\delta R_{E21} И \delta R_{V43})15\%$

ИЛИ $(\delta R_{E21} И \delta R_{VB20})15\%]$ (5)

ТО $\left\{ \begin{array}{l} \text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПБ}}(i+1) = \\ = \text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПБ}}(i) + \mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(\delta R_{j+1})\left[1 - \text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПБ}}(i)\right] \end{array} \right\},$

где j = E21, E36, V21, V43, VB24; $\text{КУ}(1) = \mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(\delta R_{\text{E21}})$.

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(\delta R_{E21}) = \begin{cases} 0, \text{ если } \delta R_{E21} < 10\%, \\ 0,005\delta R_{E21} - 0,05, \\ \text{если } 10\% \leq \delta R_{E21} \leq 50\%, \\ 0,2, \text{ если } \delta R_{E21} \geq 50\%; \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(\delta R_{E36}) = \begin{cases} 0, \text{ если } \delta R_{E36} < 10\%, \\ 0,003\delta R_{E36} - 0,03, \\ \text{если } 10\% \leq \delta R_{E36} \leq 60\%, \\ 0,15, \text{ если } \delta R_{E36} \geq 60\%; \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(\delta R_{V21}) = \begin{cases} 0, \text{ если } \delta R_{V21} < 10\%, \\ 0,004\delta R_{V21} - 0,04, \\ \text{если } 10\% \leq \delta R_{V21} \leq 60\%, \\ 0,2, \text{ если } \delta R_{V21} \geq 60\%; \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(\delta R_{V43}) = \begin{cases} 0, \text{ если } \delta R_{V43} < 10\%, \\ 0,0017\delta R_{V43} - 0,017, \\ \text{если } 10\% \leq \delta R_{V43} \leq 70\%, \\ 0,1, \text{ если } \delta R_{V43} \geq 70\%; \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ж}}^{\text{П}}(\delta R_{VB24}) = \begin{cases} 0, \text{ если } \delta R_{VB24} < 10\%, \\ 0,005\delta R_{VB24} - 0,05, \\ \text{если } 10\% \leq \delta R_{VB24} \leq 50\%, \\ 0,2, \text{ если } \delta R_{VB24} \geq 50\%. \end{cases}$$

При максимальных значениях функций принадлежностей для однократного измерения $\text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПБ}}$ достигает величины 0,61, а для наиболее часто встречающихся характеристик БАТ $\text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПБ}} = 0,52$.

Для наиболее часто встречающихся характеристик БАТ $\text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПБ}}$=0,52. Без показателей, характеризующих внимание человека, уверенность в классе $\omega_{\text{Ж}}^{\text{П}}$ определяется выражением

$$UR_{\text{Ж}}^{\text{П}} = \text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПF}} + \text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПБ}}(1 - \text{КУ}_{\text{Ж}}^{\text{ПF}}). \quad (6)$$

При максимальных значениях всех функций принадлежности $UR_{\text{Ж}_{\max}}^{\text{П}}$=0,81. Для наиболее часто встречающихся значений факторов риска $UR_{\text{Ж}_{\max}}^{\text{П}}$=0,73.

С учетом показателей, характеризующих состояние внимания, общий риск возникновения заболеваний желудочно-кишечного тракта вычисляется аналогично (6) по выражению

$$\text{R}_{\text{Ж}}^{\text{П}} = КУ_{\text{Ж}}^{\text{П}}(B) + \text{UR}_{\text{Ж}}^{\text{П}}\left[1 - КУ_{\text{Ж}}^{\text{П}}(B)\right]. \quad (7)$$

Для наиболее часто встречающихся значений факторов риска величина $R_{Ж}^{П}$ определяется значением 0,83, что вполне приемлемо для использования в медицинской практике.

Список литературы

1. Башлыков И.А. Разработка и исследование методов и средств управления процессами диагностики и комбинированной терапии язвенной болезни желудка: дис. … канд. мед. наук: 05.13.01; защищена 23.12.05 / Воронеж, 2005. 139 с.

2. 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.

3. Комплексная оценка уровня психоэмоционального напряжения / Н.А. Кореневский, О.И. Филатова, М.И. Лукашов, Р.А. Крупчатников // Биомедицинская радиоэлектроника. 2009. № 5. С. 4–9.

4. Программно-технический комплекс для исследования основных параметров внимания и памяти / Н.А. Кореневский, Д.Е. Скопин, Р.Т. Аль-Касасбех, А.А. Кузьмин // Медицинская техника. 2010. № 1. С. 32–35.

5. Riad Taha Al-Kasasbeh, Korenevskiy N.A., Ionescu F. Synthesis of the Combined Fuzzy Rules for Medical Applications with Using Tools of Exploration Analysis // Proc. 4th IAFA Intern. Conference Interdisciplinary Approaches in Fractal Analysis. Bucharest. 2009. P. 71–78.

Получено 26.06.12.

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

V.I. Serebrovskiy, Doctor of Sciences, Professor, Kursk State Agricultural Academy
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

K.V. Razumova, Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

MATHEMATICAL MODELS OF PREDICTION OF DISEASE-MAKING GASTROINTESTINAL, WITH ATTENTION INDICATOR SHOWS THE SITUATION

This paper investigates the role of informative features characterizing human attention indicators in forecasting of diseases of the gastrointestinal tract. We show that the performances of attention are reliable indicators of emotional stress and fatigue, which are risk factors for the studied disease classes.

Key words: *forecasting, digestive disorders, attention, psycho-emotional stress.*

УДК 618.2+26.89

И.Н. Верзилина, канд. мед. наук, соискатель, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: konsgk@ya.ru)

Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712)58-70-98)

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ РЕПРОДУКТИВНОГО ЗДОРОВЬЯ ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В результате проведенного исследования нами получен самостоятельный количественный показатель репродуктивного здоровья женского населения Центрально-Черноземного региона РФ, который обобщил отдельные характеристики репродуктивного здоровья женского населения и позволил корректно и однозначно оценить уровень репродуктивного здоровья женщин на отдельных территориях Белгородской области. В основе этого интегрального показателя репродуктивного здоровья женского населения лежат объективные оценки отдельных его составляющих и их вклада в итоговый интегральный показатель. Установлена изменчивость интегрального показателя репродуктивного здоровья (ИПРЗ) женского населения в 21 районе Белгородской области.

Ключевые слова: *репродуктивное здоровье, гинекологическая заболеваемость, перинатальная смертность.*

***

Репродуктивное здоровье женского населения как медико-статистическое понятие не является однозначным по своему содержанию одним показателем, а включает сведения о гинекологической заболеваемости взрослого женского населения и подростков, заболеваемости беременных и новорожденных и др. [1–4]. Оценивается репродуктивное здоровье женщины путем изолированного рассмотрения медико-статистических показателей уровня гинекологической заболеваемости взрослого женского населения, гинекологической заболеваемости подростков, заболеваемости беременных, заболеваемости и смертности новорожденных, заболеваемости новорожденных врожденными пороками развития и др. [5, 6]. При этом каждый из этих показателей отражает лишь отдельную составляющую репродуктивного здоровья женщин, и даже одновременный анализ всех этих самостоятельных медико-статистических показателей не дает в полной мере итоговой однозначной оценки репродуктивного здоровья женского населения. Поэтому получение одной объективной обобщающей характеристики репродуктивного здоровья женского населения позволит корректно и однозначно оценить уровень репродуктивного здоровья женщин на отдельных территориях.

Одним из методов, позволяющих получить объективную интегральную оценку репродуктивного здоровья женского населения (исключены субъективные оценочные процедуры), является метод главных компонент. С использованием метода главных компонент нами рассчитаны индексы (интегральные показатели) гинекологической заболеваемости взрослого женского населения, подростков, беременных, заболеваемости новорожденных врожденными пороками развития, перинатальной смертности, а затем на их основе определен интегральный показатель репродуктивного здоровья женского населения на отдельных территориях (21 район) Белгородской области.

В результате проведения факторного анализа структуры гинекологической заболеваемости взрослого женского населения в 21 районе Белгородской области выделена первая главная компонента ($ГК_1$), определяющая 23,96% общей дисперсии (дисперсия $ГК_1$ составляет 3,59). Данная $ГК_1$ коррелирует с общей гинекологической заболеваемостью (r = –0,784), нарушениями в менопаузе и другими нарушениями в околоменопаузальном периоде (r = –0,726), частотой эндометриоза (r = –0,724), расстройств менструаций (r = –0,640), прочих гинекологических болезней (r = –0,604), лейкоплакии (r = –0,564), лейомиомы матки (r = –0,549), заболеваний, передающихся половым путем (r = –0,481), сальпингита и оофорита (r = –0,414), эрозии и/или эктропиона шейки матки (r = –0,211), злокачественных новообразованиий (r = –0,132), осложнений беременности, родов и послеродового периода (r = 0,214), доброкачественных образований яичников (r = 0,138), полипа цервикального канала (r = 0,053), женского бесплодия (r = 0,042).

На основе $ГК_1$ рассчитан индекс гинекологической заболеваемости взрослого женского населения в 21 районе Белгородской области. Расчет производился по способу, предложенному в работе Г.К. Максимова и др. (1983). Согласно этому подходу интегральная оценка заболеваемости вычисляется по следующей формуле:

$$Q_i = \frac{1}{\text{дисперсия}ГК_1} \times (r_1 \cdot y_1 + r_1 \cdot y_1 + \ldots + r_i \cdot y_i),$$

где Q_i – индекс заболеваемости в определенной группе (территории);

r_1, r_2, r_i – коэффициенты корреляции заболеваемости по различным классам болезней с $ГК_1$;

y_1, y_2, y_i – значения показателей заболеваемости по различным классам болезней в определенной группе (территории).

Для оценки индекса гинекологической заболеваемости взрослого женского населения на отдельных территориях Белгородской области формула имеет следующий вид:

$$Q_{1i}=\frac{1}{3,59}\times(0,042\times y_1-0,132\times y_2+0,138\times y_3-$$
$$-0,480\times y_4-0,564\times y_5-0,640\times y_6-$$
$$-0,726\times y_7-0,414\times y_8+0,053\times y_9-$$
$$-3,590,724\times y_{10}-0,211\times y_{11}++0,214\times y_{12}-$$
$$-0,549\times y_{13}-0,604\times y_{14}-0,784\times y_{15}),$$

где Q_{1i} – индекс гинекологической заболеваемости взрослого женского населения на отдельных территориях; y_1 – распространенность бесплодия среди взрослого женского населения на данной территории; y_2 – распространенность злокачественных новообразований; y_3 – распространенность доброкачественных образований яичников; y_4 – распространенность заболеваний, передаваемых половым путем; y_5 – распространенность лейкоплакии; y_6 – распространенность расстройств менструаций; y_7 – распространенность нарушений в менопаузе и других нарушений в околоменопаузальном периоде; y_8 – распространенность сальпингита и оофорита; y_9 – распространенность полипа цервикального канала; y_{10} – распространенность эндоцервицита; y_{11} – распространенность эрозии и /или эктропиона шейки матки; y_{12} – распространенность осложнений беременности, родов и послеродового периода; y_{13} – распространенность лейомиомы матки; y_{14} – распространенность прочих заболеваний; y_{15} – уровень общей гинекологической заболеваемости на данной территории.

При анализе индекса гинекологической заболеваемости взрослого женского населения в 21 районе Белгородской области установлена значительная изменчивость этого показателя: от 2855,64 в Алексеевском районе до 7567,85 в Прохоровском районе при среднем значении 4196,63. Таким образом, размах вариабельности индекса гинекологической заболеваемости взрослого женского населения по районам области составил 2,65 раза. Максимальные значения индекса гинекологической заболеваемости взрослого женского населения выявлены в Прохоровском (7567,85), Красненском (5566,44), Грайворонском (5040,43), Борисовском (5012,08), Ракитянском (4938,40), Ивнянском (4847,95), Старооскольском (4629,53), Чернянском (4350,24) районах области.

Вариабельность индекса гинекологической заболеваемости взрослого женского населения в районах области коррелирует с общей гинекологической заболеваемостью ($\rho = 0,884$, $p = 0,000000$), частотой сальпингита и оофорита ($\rho = 0,753$, $p = 0,00008$), лейомиомы матки ($\rho = 0,588$, $p = 0,005$), прочих гинекологических болезней ($\rho = 0,545$, $p = 0,01$), эндометриоза ($\rho = 0,519$, $p = 0,01$), лейкоплакии ($\rho = 0,470$, $p = 0,03$), расстройств менструаций ($\rho = 0,444$, $p = 0,04$).

В результате проведения факторного анализа гинекологической заболеваемости девушек 15–17-летнего возраста в 21 районе Белгородской области определена $ГК_1$, детерминирующая 31,58% общей дисперсии (значение дисперсии $ГК_1$ составило 2,51). Данная $ГК_1$ имеет корреляции с общей гинекологической заболеваемостью девушек 15–17-летнего возраста ($r = –0,972$), осложнениями беременности, родов и послеродового периода у подростков ($r = –0,854$), расстройствами менструаций ($r = –0,677$), прочими гинекологическими болезнями

(r = –0,595), заболеваниями, передающимися половым путем (r = –0,079), сальпингитом и оофоритом (r = –0,062), доброкачественными образованиями яичников (r = 0,110), эрозией и/или эктропионом шейки матки (r = 0,031).

На основе $ГК_1$ индекс гинекологической заболеваемости подростков в 21 районе Белгородской области рассчитан по следующей формуле:

$$Q_{2i} = \frac{1}{2,51} \times (0,110 \times y_1 + 0,031 \times y_2 - 0,677 \times y_3 - 0,062 \times y_4 - 0,854 \times y_5 - 0,079 \times y_6 - 0,595 \times y_7 - 0,972 \times y_8),$$

где Q_i – индекс гинекологической заболеваемости подростков в определенной группе (территории); y_1 – распространенность доброкачественных образований яичников у подростков на данной территории; y_2 – распространенность эрозии и/или эктропиона шейки матки у подростков; y_3 – распространенность расстройств менструаций у подростков; y_4 – распространенность сальпингита и оофорита у подростков; y_5 – распространенность осложнений беременности, родов и послеродового периода у подростков; y_6 – распространенность заболеваний, передаваемых половым путем; y_7 – распространенность прочих гинекологических заболеваний у подростков; y_8 – уровень общей гинекологической заболеваемости у подростков на данной территории.

При изучении индекса репродуктивного здоровья девушек 15–17-летнего возраста в 21 районе Белгородской области установлена значительная вариабельность данного показателя: от 3258,73 в Валуйском районе до 11358,5 в Ракитянском районе при среднем значении 7148,75 (размах вариабельности по районам области составил 3,48 раза). Выявлены районы с наибольшим значением индекса гинекологической заболеваемости подростков: Ракитянский (11358,5), Яковлевский (10833,2), Борисовский (10480,1), Вейделевский (10155,90), Красногвардейский (9424,60), Краснояружский (8958,66).

Изменчивость индекса гинекологической заболеваемости подростков в районах области коррелирует с общей гинекологической заболеваемостью подростков (ρ = 0,988, p = 0,000000), частотой прочих гинекологических болезней (ρ = 0,795, p = 0,00002), сальпингита и оофорита (ρ = 0,757, p = 0,00007), расстройств менструаций (ρ = 0,526, p = 0,01).

При проведении факторного анализа заболеваемости беременных в 21 районе Белгородской области установлена $ГК_1$, определяющая 28,34% общей дисперсии (показатель дисперсии $ГК_1$ равен 1,70). Данная $ГК_1$ коррелирует с заболеваниями мочеполовой системы у беременных (r = –0,760), отеками, протеинурией и гипертензивными расстройствами (r = –0,664), венозными осложнениями (r = –0,599), анемиями (r = –0,299), дисфункцией щитовидной железы (r = 0,435), заболеваниями органов кровообращения (r = 0,209).

Вычислен интегральный показатель заболеваемости беременных во всех районах Белгородской области по следующей формуле:

$$Q_{3i} = \frac{1}{1,70} \times (-0,299 \times y_1 - 0,599 \times y_2 - 0,664 \times y_3 + 0,209 \times y_4 - 0,760 \times y_5 + 0,435 \times y_6),$$

где Q_{3i} – индекс заболеваемости беременных в определенной группе (территории); y_1 – распространенность анемии у беременных; y_2 – распространенность венозных осложнений у беременных; y_3 – распространенность отеков, протеинурии и гипертензивных расстройств у беременных; y_4 – распространенность заболеваний органов кровообращения у беременных; y_5 – распространенность заболеваний мочеполовой системы у беременных; y_6 – распространенность дисфункции щитовидной железы у беременных.

Таким образом, в результате проведенного исследования нами получен самостоятельный количественный показатель репродуктивного здоровья женского населения Центрально-Черноземного региона РФ, который обобщил отдельные характеристики и позволил корректно и однозначно оценить уровень репродуктивного здоровья женщин на отдельных территориях (21 район) Белгородской области. В основе этого интегрального показателя репродуктивного здоровья женского населения лежат объективные оценки отдельных его составляющих и их вклада в итоговый интегральный показатель. Изменчивость интегрального показателя репродуктивного здоровья женского населения в 21 районе Белгородской области значительна (от 1535,25 до 4704,65) и составляет 3,06 раза. Выделены районы Белгородской области, имеющие низкий уровень репродуктивного здоровья женского населения (ИПРЗ>3900): Ракитянский, Яковлевский, Борисовский, Вейделевский, и районы с высоким уровнем репродуктивного женского здоровья (ИПРЗ<2500): Валуйский, Чернянский, Новооскольский, Алексеевский.

Список литературы

1. Айламазян Э. К. Проблема охраны репродуктивного здоровья женщин в условиях экологического кризиса // Мед. акад. журн. 2005. № 2. С. 47–58.

2. Лобжанидзе Н.В. Анализ структуры гинекологических заболеваний в Астраханской области за 1998–2003 годы // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. XIII, № 2. С. 59–60.

3. Олина А.А., Подлужная М.Я. Анализ медико-демографических показателей у женщин репродуктивного возраста в крупном промышленном городе // Акушерство и гинекология. 2008. № 6. С. 61-63.

4. Боклаженко Е.В. Оценка естественной реактивности организма беременных женщин и их новорожденных, проживающих в условиях экологического неблагополучия: автореф. дис. … канд. мед. наук. Иркутск, 2009. 32 с.

5. Репродуктивное здоровье и поведение женщин России / В.Ю. Альбицкий [и др.]. Казань: Медицина, 2001. 248 с.

6. Фофанова И.Ю. Необходимость и некоторые особенности прегравидарной подготовки в современных условиях // Гинекология. 2009. Т. 11, № 1. С. 76–78.

Получено 27.06.12.

I.N. Verzilina, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: konsgk@ya.ru, tel.: (412) 58-70-98)

N.M. Agarkov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (412) 58-70-98)

DEVELOPMENT OF THE INTEGRATED INDICATOR REPRODUCTIVE HEALTH OF THE FEMALE POPULATION IN THE BELGOROD REGION

As a result of the carried-out research we received an independent quantitative index of reproductive health of the female population of the Central Black Earth region of the Russian Federation which generalized separate characteristics of reproductive health of the female population and allowed correctly and to estimate unequivocally level of reproductive health of women in separate territories Belgorod region. At the heart of this integrated indicator of reproductive health of the female population objective estimates of its separate components and their contribution to a total integrated indicator lie. Variability of an integrated indicator of reproductive health (IPRZ) of the female population in 21 regions of the Belgorod region.

Key words: *reproductive health, gynecologic incidence, perinatal mortality.*

УДК 616.127-005.8-08

В.Н. Мишустин, д-р мед. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712) 58-70-98)

О.М. Воробьева, филиал ООО «СК «Ингосстрах-М» в г. Курске (e-mail: oksana.m.vorobyeva@yandex.ru)

И.В. Чернова, ассистент, кафедра анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии, Курский государственный медицинский университет

СИНТЕЗ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНФАРКТА МИОКАРДА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ И АНТИОКИСЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

В исследовании представлены результаты математического прогнозирования острого инфаркта миокарда.

Ключевые слова: *инфаркт миокарда, перекисное окисление липидов, антиокислительная активность, информативные признаки, нечеткая логика, коэффициент уверенности.*

***

По данным ВОЗ, в 2005 г. на долю инфаркта миокарда (ИМ) в структуре смертности во всех странах мира приходилось 13% и больше, чем на любое другое заболевание. Для больных после перенесенного ИМ, как показали последние исследования, особенно высок риск развития повторного ишемического события и неблагоприятного исхода [2]. Рецидивирующее течение ИМ во многом совпадает с проявлениями повторного ИМ. Важное отличие заключается в том, что при рецидивирующем ИМ некротические изменения происходят в особенно неблагоприятных условиях, когда еще не закончились процессы, связанные с основным, а правильнее сказать, с первым ИМ, поскольку более тяжелым иногда бывает рецидив [5,6].

Согласно современным воззрениям, решающее значение в развитии ишемических, дистрофических, дегенеративных состояний в организме принадлежит активации процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ). Это, в свою очередь, сопровождается снижением антиокислительной активности (АОА) и повышением расходования биоантиокислителей, следствием чего является снижение способности регулировать липоперексидацию и развитие тканевой альтерации [7].

Состояние свободнорадикального окисления липидов и антиокислительная активность у больных с ИБС и при инфаркте миокарда как индикатора прогнозирования и обострения ИМ недостаточно изучено. Нами было сделано предположение, что определение динамики показателей оксидантного статуса у больных ИМ в период ремиссии и в реалибитационном периоде поможет оценить их значимость для прогнозирования развития ИМ и проведения патогенетически обоснованной профилактики разработанным нами способом. В связи с этим в предполагаемой работе исследовался уровень молекулярных продуктов перекисного окисления липидов (как промежуточных, так и конечных), антиокислительный потенциал сыворотки крови у больных ИБС. За нормальные показатели уровня продуктов свободно-радикального окисления, антиокислительной активности сыворотки крови взяты показатели, полученные у здоровых лиц [7].

Изучалось состояние перекисного окисления липидов, антиокислительной активности в сыворотке крови у 32 больных в период реабилитации в поликлинике в разные сроки реабилитационного периода. Как видно из таблицы 1, у больных ИБС исходно отмечено усиление перекисных процессов, увеличение антиокислительной активности в сыворотке крови.

Таблица 1

Исходные показатели перекисного окисления и антиокислительной активности у больных ИБС после ИМ

Группы	Показатели M ± m		
	Гидроперекиси, мг/дл	Малоновый диальдегид, мг/дл	АОА, %
Здоровые	0,074±0,007	2,14±0,13	30,95±1,69
Больные ИБС после ИМ	0,096± 0,006*1	2,82 ±0,22*1	39,60±1,78*1

Примечание. Здесь и на последующих таблицах: * – при p<0,05; цифры обозначают номер группы, по отношению к которой имеется достоверность.

Этот результат согласуется с данными литературы об увеличении перекисных продуктов при ИМ [1]. Приведенные данные свидетельствуют об активации ПОЛ в крови, несмотря на рост антиокислительной активности.

Известно, что активизация процессов перекисного окисления липидов в организме является основной для развития деструктивных процессов [7]. Постоянно протекающие в клеточных мембранах свободно радикальные реакции имеют в каждой клетке условия для активации этого процесса. Но разрушающая активация этих процессов предотвращается постоянным функционированием естественной антиоксидантной системы. Активация процессов ПОЛ при ИМ влечет за собой расход биоантиокислителей и усиление АОА, не исключается, что истощение антиокислительных ресурсов организма является причиной развития рецидивов ИМ в реабилитационном периоде. Мы изучили эти же показатели у больных ИБС и после перенесенного ИМ в реабилитационном периоде в разные сроки. Оксидантный статус изучен через 3, 6, 12 месяцев после ИМ. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2

Уровень продуктов ПОЛ, АОА в сыворотке крови у больных ИБС после ИМ в реабилитационном периоде

Группы больных	Гидроперекиси (мг/дл)	Малоновый альдегид (мг/дг)	АОА %
Здоровые	0,074±0,007	2,14±0,13	30,95±1,69
Больные ИБС после ИМ в начале наблюдения	0,096± 0,006*1	2,82 ±0,22*1	39,60±1,78*1
Больные ИБС после ИМ через 3 мес.	0,099±0,004*1,2	3,30±0,24*1	37,92±1,32*1,2,3
Больные ИБС после ИМ через 6 мес.	0,118±0,004*1,2	3,80 ± 0,34*1,2	41,32± 1,64*1,2
Больные ИБС после ИМ через 12 мес.	0,12±0,002*1,3	3,31±0,22*1,2,3	31,23±1,73*1,2,3

Анализ показателей перекисного окисления липидов и антиокислительной активности у пациентов с острым коронарным синдромом показал, что степень отклонений данных показателей от их номинальных значений является прогностически значимой для прогнозирования развития острого инфаркта миокарда. Данные признаки не являются детерминированными для принятия решения только на их основании, однако в совокупности с другими информативными признаками могут использоваться для уточнения соответствующего прогноза заболевания в информационных системах диагностики [3,4].

Для решения этой задачи на контрольной выборке относительно здоровых людей (100 человек) определены номинальные показатели ПОЛ и АОА.

Используя в качестве основного математического аппарата нечеткую логику принятия решений, группой высококвалифицированных экспертов построены функции принадлежностей $\mu_\omega(\delta x_i)$ по классу риска заболевания ИМ по шкале отклонений измеряемых показателей от их номинальных значений δx_i. При этом в качестве базовых переменных соответствующих функций принадлежностей используется относительная разность между номинальными значениями ПОЛ и АОА и их текущими значениями. То есть

$$\delta x_i = \frac{x_{Hi_i} - x_{Ti_i}}{x_{Hi_i}} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

где x_{Hi} – ПОЛ и АОА, измеренное на репрезентативной группе здоровых людей;

x_{Ti} – ПОЛ и АОА у обследуемого пациента;

$i = 1$ – ПОЛ; $i = 2$ – АОА.

За пороговые значения δx_i на основании анализа показателей ПОЛ И АОА у пациентов с различными исходами острого коронарного синдрома выбраны следующие значения: $\delta x_1^{\Pi} = \delta x_2^{\Pi} = 10\%$.

В соответствии с рекомендациями работ [6,7] производится синтез решающих правил для прогнозирования инфаркта миокарда по уровню ПОЛ и АОА. Для этого введены следующие обозначения: δx_1 – отклонение ПОЛ от его номинального значения; δx_2 – отклонение АОА от номинального значения.

Группой высококвалифицированных экспертов построены функции принадлежности к классу ω_1 – существует риск развития инфаркта миокарда (рисунки 1, 2).

С учетом принятых сокращений получаем нечеткое решающее правило:

ЕСЛИ (δx_1 и δx_2) == 10% ТО
[$КУ_{РИМ}$ (i+1) = $\mu_{\omega 1}(\delta x_1)$ +
+$\mu_{\omega 1}(\delta x_2)[1 - \mu_{\omega 1}(\delta x_1)]$]
ИНАЧЕ [$КУ_{РИМ}$=0],

где $КУ_{РИМ}$ – коэффициент уверенности по прогнозу возникновения ИМ, определяемый по величине ПОЛ и АОА.

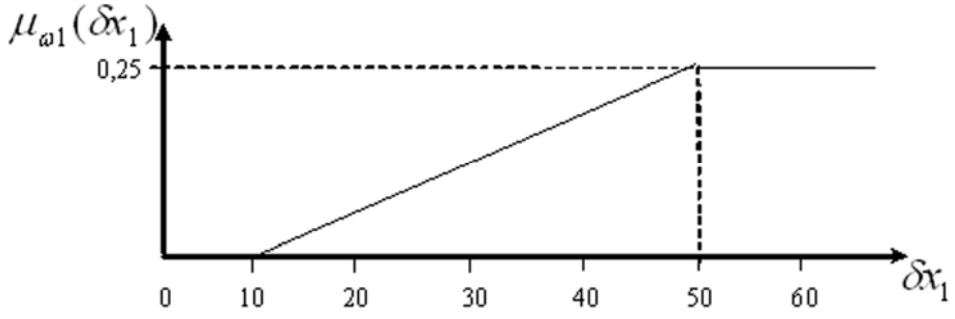


Рис. 1. График функции принадлежности к классу ω_1 по δx_1

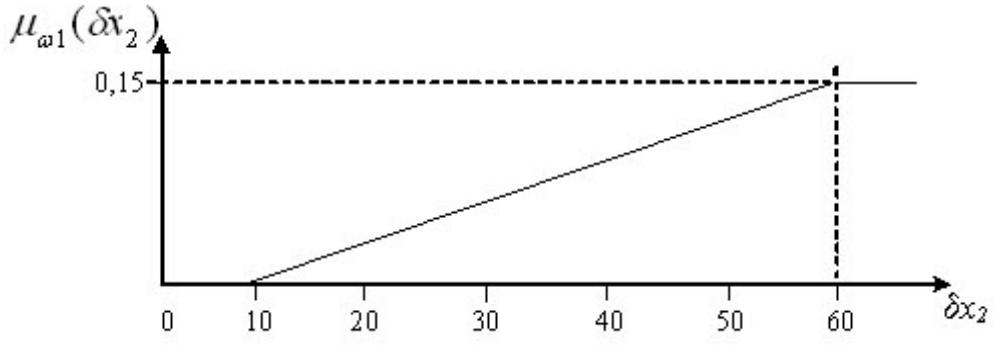


Рис. 2. График функции принадлежности к классу ω_1 по δx_2

Проведенные расчеты по выбранным функциям принадлежности показали, что при всех максимальных значениях $\mu_{\omega 1}(\delta x_i)$ КУ$_{\text{РИМ}}$ достигает величины 0,4. Полученный коэффициент уверенности недостаточен для самостоятельного практического использования, что требует поиска дополнительных информативных признаков с синтезом соответствующих частных и финальных решающих правил.

Список литературы

1. Закирова А.Н. Корреляционные связи перекисного окисления липидов, антиоксидантной защиты и микрореологических нарушений в развитии ИБС// Терапевтический архив. 1996. № 9. С. 37–40.

2. Карпов Ю.А. Принципы ведения больных после инфаркта миокарда: профилактика осложнений с первых часов заболевания // CONSILIUM MEDICUM. 2006. Т. 8, № 5. С. 62–65.

3. Кореневский Н.А. Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования// Телекоммуникации. 2006. № 6. С. 25–31.

4. 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.

5. Рыбак О.К., Раковский М.Е., Иванникова Н.П. Рецидив инфаркта миокарда и время суток // Российский кардиологический журнал. 2003. № 1. С. 5–7.

6. Сыркин А.Л., Долецкий А.А., Соколова О.Ю. Рецидивирующий инфаркт миокарда // Клиническая медицина. 2001. № 5. С. 17–19.

7. Сыркин А.Л., Коган А.Х, Дриницына С.В. Кислородные свободнорадикальные процессы в патогенезе ишемической болезни сердца // Кардиология. 1997. Т. 37, № 12. С. 67–68.

Получено 28.06.2012.

V.N. Mishustin, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 58-70-98)

O.M. Vorobyeva, «Ingosstrkch-M» Company (Kursk)
(e-mail: oksana.m.vorobyeva@yandex.ru)

I.V. Chernova, Assistant, Kursk State Medical University Department of Anaesthesiology, Resuscitation Science and Intensivy Care

SYNTHESIS DECIDING RULES FOR PREDICTION OF MYOCARDIAL INFARCTION ON LIPID PEROXIDATION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY

The study presents the results of mathematical prediction of acute myocardial infarction.

Key words: *myocardial infarction, lipid peroxidation, antioxidant activity, informative signs, fuzzy logic, certainty.*

К сведению авторов

1. К публикации в «Известиях 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 10 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, авторы, название, аннотация и ключевые слова, текст с рисунками и таблицами, литература. Авторы, название, аннотация и ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

9. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул Microsoft Equation 3.0 (Вставка- Объект- Создание - Microsoft Equation) с размерами: обычный – 14 пт; крупный индекс 12 пт, мелкий индекс – 10 пт; крупный символ – 16 пт; мелкий символ – 10 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 – курсивом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

10. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

11. 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.**

12. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

13. В материале для публикации следует использовать только общепринятые сокращения.

Все материалы направлять по адресу: 305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94. ЮЗГУ, редакционно-издательский отдел.

Тел.(4712) 50-48-19, тел/факс (4712) 50-48-14.

E-mail: rio_kursk@mail.ru.