МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

№ 1
2013

Курск

2013 № 1
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; **В.С. Титов**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ;

СОДЕРЖАНИЕ

Уважаемые коллеги! 10

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА 12

Белов А.В., Белова Т.М.,
Представление квадродеревьев бинарными деревьями 12

Андронов В.Г., Заичко В.А., Волобуев Ю.Н.
Формирование связки проектирующих лучей в космической оптико-электронной сканирующей системе 15

Чаплыгин А.А., Данилов Д.Э., Долженков А.Ю., Гвоздев Р.С., Комков В.С.
Система организации отображения и управления модели мультимедийным содержимым 20

Марухленко С.Л., Марухленко А.Л.
Модуль формирования зон поражающего воздействия при авариях на опасных производственных объектах..... 22

Емельянов В.М., Пимнева Л.А., Емельянов В.В., Шуклин И.И., Моисеев А.А., Алпеева Т.В.
Аналитическое моделирование термомеханических напряжений в контактных элементах с наноструктурированными сверхпроводящими материалами для обеспечения управления параметрами надежности..... 26

Малышев А.В.
Квазиадаптивный подход к маршрутизации сообщений в матричном мультипроцессоре на основе локальной оценки его состояния 31

Ткаченко А.В., Ткаченко А.И.
Модель и алгоритм управления индивидуальной траекторией обучения 34

Свиридов В.В.
Математическое моделирование плоских задач теплопроводности методом конечных элементов 39

Зотов И.В., Бобынцев Д.О., Бредихин Р.В., Ньян Лин
Аппаратно-ориентированные методы управления межпроцессорной координацией в параллельных системах с распределенной памятью 43

Локтионов А.П.
О полиномиальной аппроксимации в обратной начальной задаче при постоянной внешней нагрузке 48

(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:

И.В. Зотов, д-р техн. наук, профессор

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

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

Т.А. Ширабакина, 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 31.01.13. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Усл. печ.л. 30,3.
Тираж 1000 экз. Заказ . 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»

Кужелева С.А., Ткаченко К.А.
Алгоритмические средства анализа конкурентных ситуаций вуза 52

Емельянов В.М., Пимнева Л.А., Емельянов В.В., Шуклин И.И., Моисеев А.А., Алпеева Т.В., Канунников А.А.
Оценка адекватности и достоверности математического моделирования многомерных автокорреляционных характеристик надежности контактных наноструктурированных сверхпроводящих элементов.....57

Корольков О.Ф., Королькова В.О.
Устройства для реализации продукционного алгоритма управления множеством объектов 61

Рогачев М.А., Щербина Р.Г., Яковлев О.В.
Способ выделения контрастного признака наличия многолучевого цифрового сигнала.....64

Миргалеев А.Т., Соколов А.В., Протасова В.В.
Перераспределение ресурсов органов власти субъектов РФ в информационно-аналитических системах 68

Титова Г.С.
Информационно-аналитические системы, автоматизирующие управление учебным процессом вуза 73

Алябьев В.Н., Сергеев С.А., Хорошилов Н.В.
Исследования и разработки в области информационных систем контроля и мониторинга энергопотребления 77

Бирюлин В.И., Гайдаш Н.М., Филонович А.В.
Вопросы создания систем мониторинга энергопотребления на промышленных предприятиях 81

Жук Р.В., Власенко А.В., Титенко Е.А.
Классификация информационных систем персональных данных: вчера, сегодня, завтра.....87

Андронов В.Г., Лазарева Е.В.
Координатно-временная модель космических панорамных изображений в прямой и обратной задаче координатной привязки.....91

Борзов Д.Б., Зотов И.В., Филатов Р.А.
Способы применения метода планирования топологии программируемых интегральных схем (ПЛИС) в системах бортовой авиации 95

Дмитриев В.И.
Орбитально эквивалентные элементы банаховых пар (ℓ_1, c_0) и (ℓ_1, ℓ_p) 98

Емельянов В.М., Пимнева Л.А., Емельянов В.В., Шуклин И.И., Моисеев А.А., Алпеева Т.В.
Аналитическое моделирование термомеханических напряжений в многослойных контактных элементах из наноструктурированных сверхпроводящих материалов и с диэлектриком из органического высокотемпературного материала для обеспечения требуемой надежности 102

Милых В.А., Абросимова А.В., Коломиец Е.А.
Экономические и информационные аспекты защиты рынка продукции от подделок.....106

Больчевцева Л.А., Морозов А.И.
Идентификация законов распределения случайных погрешностей измерений, проведенных с помощью лабораторных приборов.....111

Бартенев А.А., Рыбочкин А.Ф.
Разработка программного обеспечения для формирования визуальной информации о развитии пчелиной семьи 115

Емельянов Н.А., Рогачев М.А., Сизов А.С., Яковлев О.В.
Оценка возможности применения метаматериалов для повышения коэффициента использования поверхности многолучевой зеркальной антенны 120

Николаев В.Н., Ткаченко К.А.
Модели и методы управления внутренним конкурентным потенциалом вуза 124

Емельянов Н.А., Косинский П.А., Яковлев О.В.
Оценка возможностей использования наноструктурированных сегнетоэлектрических пленок в устройствах сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн 129

Локтионов А.П.
О численном дифференцировании при постоянной внешней нагрузке и с pi-преобразованием входных данных 133

Ткаченко А.В., Ткаченко А.И.
Модели и методы управления идентификацией знаний студентов в системах дистанционного обучения 137

Фролов С.Н., Сазонов С.Ю.
Структурно-функциональная организация автоматизированной информационной системы государственного пожарного надзора на базе многоагентного подхода 142

Андронов В.Г.
Координатно-временная аппроксимация фотограмметрических моделей космических сканерных изображений 147

Спеваков А.Г.
Использование нейросетей в качестве технологии обработки информации в телекоммуникационных системах 151

Емельянов В.М., Пимнева Л.А., Емельянов В.В., Шуклин И.И., Моисеев А.А., Алпеева Т.В.
Оценка влияния термомеханических напряжений в контактных элементах с наноструктурированными сверхпроводящими материалами на параметры надежности..... 156

Титенко Е.А., Скорняков К.С., Бусыгин К.Н.
Методы и сумматоры с параллельными группавыми процессами 161

Волобуев Ю.Н., Заичко В.А., Андронов В.Г.
Модель дрейфа связки проектирующих лучей в фокальной плоскости оптико-электронной сканирующей системы 166

Чебанов А.С., Жук Р.В., Власенко А.В., Сазонов С.Ю.
Модель нарушителя комплексной системы обеспечения информационной безопасности объектов защиты 171

Емельянова Е.Ю., Никулин А.С.
Структурная организация системы управления вниманием пользователей интернет-портала 173

Сизов А.С., Халин Ю.А., Цепов А.Ю.
Разработка концептуальных положений создания системы поддержки принятия решений для оценки рисков инвестирования малого инновационного бизнеса 177

Локтионов А.П.
Об учете начальных условий в обратной начальной задаче при постоянной внешней нагрузке 181

Андронов В.Г., Лазарева Е.В.
Геометрическая модель космической панорамной съемки в прямой задаче координатной привязки..... 186

Артёменко Н.М., Пиккиев В.А.
К вопросу определения координат малых космических аппаратов 190

Милых В.А., Соколова О.С., Степкина Е.Ю.
Информационное обеспечение мониторинга качества дорожного покрытия 195

Малышев А.В.
Организация обменых взаимодействий в мультипроцессоре с использованием данных о текущем состоянии его элементов..... 198

Зотов И.В., Бредихин Р.В., Лисицын Л.А., Ньян Лин
Принципы организации встроенного аппаратного межмодульного взаимоконтроля в матричных логических мультиконтроллерах..... 202

Николаев В.Н.
Метод и устройство управления информационно-вычислительными ресурсами вида «клиент-сервер» 208

Головенков Е.В., Дегтярев С.В.
Метод и устройство автоматической поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов..... 211

Добринова Т.В.
Автоматизация управления предприятием: от диагностики финансового состояния до принятия решений..... 216

Добрица В.П., Ржищев А.С.
Алгоритм шифрования персональной информации на ПК общего пользования 220

Мухин И.Е., Коротков А.В., Мухин А.И.
Модифицированный алгоритм анализа сигналов малозаметных радиолокационных станций на основе оконного преобразования Фурье 223

Свиридов В.В.
MATHCAD – ориентированная система программ для математического моделирования плоских задач теплопроводности методом конечных элементов..... 228

Спеваков А.Г.
Метод выделения движущихся объектов..... 233

Еськов Е.К., Тобоев В.А., Рыбочкин А.Ф.
Тепловые процессы в скоплениях агрегирующихся пчел..... 237

Андронов В.Г.
Геометрическая модель построения связки проектирующих лучей в оптико-электронной сканирующей системе..... 242

Николаев В.Н., Титова Г.С.
Организация построения информационных систем обеспечения управления высшим учебным заведением..... 245

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ..... 250

Куценко Г.И., Иванов В.А.
Геоинформационный анализ распространенности атопического дерматита в сельских территориях 250

Шульга Л.В.
Метод Брауна в прогнозировании потребления лекарственных средств 255

К сведению авторов 260

© Юго-Западный государственный университет, 2013

2013 № 1

Scientific reviewed journal

Published twice a year

PROCEEDINGS

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

CONTENS

Respected Colleques! 10

INFORMATICS, COMPUTER SCIENCES 12

Belov A.V., Belova T.M.
Representation of quadtrees by binary trees 12

Andronov V.G., Zaichko V.A., Volobujev Y.N.
Formation of bundles of projecting lines in space optical-electronic scanning system 15

Chaplygin A.A., Danilov D.E., Dolzhenkov A.Y., Gvozdev R.S., Komkov V.S.
Model view and control system with multimedia content 20

Marukhlenko S.L., Marukhlenko A.L.
Technogenic accident hazard software module..... 22

Emeljanov V.M., Pimneva L.A., Emeljnov V.V., Shuklin I.I., Moiseev A.A., Alpeeva T.V.
Analytical modelling of thermomechanical electrical pressure in contact elements with nano the reticulated superconducting substances for maintenance of management in parameters of dependability 26

Malyshev A.V.
Almost adaptive approach to routing messages in the matrix multiprocessor based on local assessment of his condition 31

Tkachenko A.V., Tkachenko A.I.
Model and algorithm of management of individual learning paths..... 34

Sviridov V.V.
Mathematical simulations of plane heat conduction problem by finite element method 39

Zotov I.V., Bobyntsev D.O., Bredikhin R.V., Nyan Lin
Hardware-level methods for controlling inter-processor coordination in distributed memory parallel systems 43

Loktionov A.P.
On the polynomial approximation in numerical differentiation in the reverse of the initial problem during the constant external load 48

Kuzheleva S.A., Tkachenko K.A.
Algorithmic tools for analysis of the competitive situation of high school 52

Emeljanov V.M., Pimneva L.A., Emeljnov V.V., Shuklin I.I., Moiseev A.A., Alpeeva T.V., Kanunnikov A.A.
Estimation of adequacy and reliability of mathematical modelling multivariate autocorrelation curves of dependability contact nano the reticulated superconducting elements..... 57

Korol'kov O.F., Korol'kova V.O.
The device for production algoritm of many objects control realization 61

Rogachev M.A., Sherbeena R.G., Yakovlev O.V.
Method for digital multipath signal parameter evaluating..... 64

Mirgaleev A.V., Sokolov A.V., Protasova V.V.
The redistribution of the resources of the bodies of the subjects of the russian federation when forming the descriptions of emergency situations in information-analytical systems..... 68

Titova G.S.
Information-analytical systems that automate the management of educational process of the university..... 73

Alyabiev V.N., Sergeev S.A., Horoshilov N.V.
Research and development of information systems control and energy monitoring 77

Birjulin V.I., Gaidash N.M., Filonovich A.V.
Issues creation of energy consumption monitoring systems at industrial enterprises..... 81

Zhuk R.V., Vlasenko A.V., Titenko E.A.
Classification of information systems of personal information: yesterday, today, tomorrow..... 87

Andronov V.G., Lazareva E.V.
Coordinate-time model of space panoramic images in direct and inverse gridding problems..... 91

Borzov D.B., Zotov I.V., Filatov R.A.
Methods of application of planning topology programmable integrated fpgas in-board aviation..... 95

Dmitriev V.I.
Orbitally equivalent elements of banach pairs (ℓ_1, c_0) and (ℓ_1, ℓ_p) 98

Emeljanov V.M., Pimneva L.A., Emeljnov V.V., Shuklin I.I., Moiseev A.A., Alpeeva T.V.
Analytical modelling of thermomechanical electrical pressure in multilayered contact elements from nano the reticulated superconducting substances and with the dielectric material from the organic high-temperature substance for maintenance of demanded dependability..... 102

Milyh V.A., Abrosimowa A.W., Kolomiec E.A.
Economic and informational aspects of protecting the market against counterfeit products..... 106

Bolychevtseva L.A., Morozov A.I.
The identification of distribution laws of random uncertainty of measurement carried out with the help of laboratory equipment.....111

Bartenev A.A., Rybochkin A.F.
Development of software for the formation of visual information about the progress of bee families.....115

Emelyanov N.A., Rogachev M.A., Sizov A.S., Yakovlev O.V.
The evaluation of the possibility of using a metamaterial for increasing multi-beam mirror antenna surface coefficient 120

Nikolaev V.N., Tkachenko K.A.
Models and methods of control of the internal competitive potential of the university..... 124

Emelyanov N.A., Kosinskiy P.A., Yacovlev O.V.
The possibility of using nano-structured ferroelectric films in devices centimeter and millimeter bands wavelengths.....129

Loktionov A.P.
On the numerical differentiation at constant external load and with the pi-transformation of input data.....133

Tkachenko A.V., Tkachenko A.I.
Models and methods of identity management knowledgein distance learning 137

Frolov S.N., Sazono S.Yu.
The structurally functional organization of the automated information system of the state fire supervision on the basis of mnogoagentnogo of approach.....142

Andronov V.G.
Coordinate-time approximation of photogrammetric models of space scanner images.....147

Spevakov A.G.
Neural network application as information processing technology in telecommunication systems.....151

Emeljanov V.M., Pimneva L.A., Emeljnov V.V., Shuklin I.I., Moiseev A.A., Alpeeva T.V.
Estimation of influence of thermomechanical electrical pressure in contact elements with nano the reticulated superconducting substances on parameters of dependability 156

Titenko E.A., Skornyakov K.S., Busygin K.N.
The method and addition units with the parallel croup calculations.....161

Volobujev Y.N., Zaichko V.A., Andronov V.G.
The model of drift of bunch projecting beams in focal plane of optical-electronicscanning system 166

Chebanov A.S., Zhuk R.V., Vlasenko A.V., Sazonov S.Yu.
Model of the violator of complex system of ensuring information security of objects of protection 171

Emelyanova E.Ju., Nikulin A.S.
The structural organization of the attention control system of the web portal users 173

Sizov A.S., Halin Y.A., Cepov A.Y.
Development of a conceptual provisions of decision support system to evaluate the risks of investing small business innovation 177

Loktionov A.P.
On the taken initial conditions in the reverse of the initial problem at the constant external load 181

Andronov V.G., Lazareva E.V.
Geometrical model of space panoramic shooting in direct gridding problem 186

Artemenko N.M., Pikkiev V.A.
On determination of small satellites coordinates 190

Milyh V.A., Sokolova O.S., Stepkina E.Y.
Information support of monitoring of quality of a paving 195

Malyshev A.V.
The organization of exchange interactions in multiprocessors using data about the current state of its elements 198

Zotov I.V., Bredikhin R.V., Lisitsin L.A., Nyan Lin
The organization of built-in hardware-level mutual self-test in mesh-connected logical multicontroller***s*** 202

Nikolaev V.N.
Method and control unit information resources of the look «kliyent-server» 208

Golovenkov E.V., Degtyarev S.V.
A method and a device for automated calibration of pointer-type measuring instruments 211

Dobrinova T.V.
Automation of management by the enterprise: from diagnostics of the financial condition before decision-making 216

Dobritsa V.P., Rzhishchev A.S.
Encryption algorithm personal information on your pc public 220

Mukhin I.E., Korotkov A.V., Mukhin A.I.
Revised version of algoritm of analyzng signals from low observable 223

Sviridov V.V.
Mathcad targeting system software for the mathematical simulations of the plane problem heat finite element method 228

Spevakov A.G.
Method of allocation moving objects 233

Eskov E.K., Toboev V.A., Rybochkin A.F.
Thermal processes in aggregation united bees 237

Andronov V.G.
The geometric model build of bundles of projecting lines in optical-electronicscanning system 242

Nikolaev V.N., Titiva G.N.
Organization of creation of information systems of ensuring management of the higher educational institution 245

MEDICAL INSTRUMENT MAKING 250

Kutsenko G.I., Ivanov V.A.
Geoinformation analysis prevalence atopic dermotita in rural areas 250

Shulga L.V.
Forecasting method Brown in drug consumption 255

Information for authors 260

© Southwest State University, 2013

Уважаемые коллеги!

Предлагаемый читателям журнал объединяет статьи авторов, посвященные развитию научных исследований в области теории управления, вычислительной техники, информатики и медицинского приборостроения.

В разделе «Управление, вычислительная техника, информатика» рассмотрены следующие вопросы: аппаратно-ориентированные методы управления межпроцессорной координацией в параллельных системах с распределенной памятью; аналитическое моделирование термомеханических напряжений в контактных элементах с наноструктурированными сверхпроводящими материалами для обеспечения управления параметрами надежности; формирование связи проектирующих лучей в космической оптико-электронной сканирующей системе; представление квадродеревьев бинарными деревьями; система организации отображения и управления модели мультимедийным содержимым; модуль формирования зон поражающего воздействия при авариях на опасных производственных объектах; квазиадаптивный подход к маршрутизации сообщений в матричном мультипроцессоре на основе локальной оценки его состояния; модель и алгоритм управления индивидуальной траекторией обучения; математическое моделирование плоских задач теплопроводности методом конечных элементов; полиномиальная аппроксимация в обратной начальной задаче при постоянной внешней нагрузке; алгоритмические средства анализа конкурентных ситуаций вуза; оценка адекватности и достоверности математического моделирования многомерных автокорреляционных характеристик надежности контактных наноструктурированных сверхпроводящих элементов; устройство для реализации продукционного алгоритма управления множеством объектов; способ выделения контрастного признака наличия многолучевого цифрового сигнала; информационно-аналитические системы, автоматизирующие управление учебным процессом вуза; исследования и разработки в области информационных систем контроля и мониторинга энергопотребления; вопросы создания систем мониторинга энергопотребления на промышленных предприятиях; классификация информационных систем персональных данных: вчера, сегодня, завтра; координатно-временная модель космических панорамных изображений в прямой и обратной задаче координатной привязки; способы применения метода планирования топологии программируемых интегральных схем в системах бортовой авиации; аналитическое моделирование термомеханических напряжений в многослойных контактных элементах из наноструктурированных сверхпроводящих материалов и с диэлектриком из органического высокотемпературного материала для обеспечения требуемой надежности; экономические и информационные аспекты защиты рынка продукции от подделок; идентификация законов распределения случайных погрешностей измерений, проведенных с помощью лабораторных приборов; разработка программного обеспечения для формирования визуальной информации о развитии пчелиной семьи, а также тепловые процессы в скоплениях агрегирующихся пчел; информационное обеспе-

чение мониторинга качества дорожного покрытия; организация обменных взаимодействий в мультипроцессоре с использованием данных о текущем состоянии его элементов; принцип организации встроенного аппаратного межмодульного взаимоконтроля в матричных логических мультиконтроллерах; метод и устройство управления информационно-вычислительными ресурсами вида «клиент-сервер»; метод и устройство автоматической поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов; автоматизация управления предприятием; алгоритм шифрования персональной информации на ПК общего пользования; модифицированный алгоритм анализа сигналов малозаметных радиолокационных станций на основе оконного преобразования Фурье; метод выделения движущихся объектов;; геометрическая модель построения связки проектирующих лучей в оптико-электронной сканирующей системе; организация построения информационных систем обеспечения управления высшим учебным заведением.

В разделе «Медицинское приборостроение» приведен геоинформационный анализ распространенности атопического дерматита в сельских территориях; а также показаны достоинства прогнозирования потребления лекарственных средств на основе метода Брауна.

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

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 654.17

А.В. Белов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: kvrkstu2010@rambler.ru)

Т.М. Белова, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: 138019451952@nm..ru)

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КВАДРОДЕРЕВЬЕВ БИНАРНЫМИ ДЕРЕВЬЯМИ

В статье предлагается новая форма представления растровой информации с использованием квадродерева в виде бинарного дерева. Основной целью является повышение оперативности обработки и снижение объема памяти для обработки и хранения квадродеревьев.

Ключевые слова: *квадродерево, бинарное дерево.*

***

Квадродеревья как структуры данных широко используются для задания плоских фигур, представляющих собой область произвольной формы [1]. Для аппроксимации квадродеревом области, ограниченной произвольной линией, плоскость изображения разбивается сеткой на минимальные квадранты (МК). На рисунке 1 изображена такая область в системе, где координаты представлены в двоичном коде.

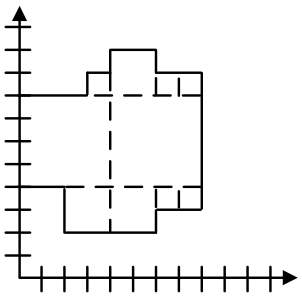


Рис. 1. Аппроксимация фигуры квадрантами наибольшей площади

При использовании квадродеревьев для указания координат точки или узла сетки вместо двух координат x и y используется квадрокод [2], который определяется в соответствии со следующими выражениями. Если адрес координаты x в двоичном коде есть $x_{n-1}x_{n-2}\ldots x_1x_{0,}$, а координаты y: $y_{n-1}y_{n-2}\ldots y_1y_0$, то квадрокод в двоичном коде будет иметь значение $y_{n-1}x_{n-1}y_{n-2}x_{n-2}\ldots\ y_1x_1y_0x_0$. В четверичной системе счисления квадрокод имеет вид $q_{n-1}q_{n-2}\ldots q_i\ldots\ q_1q_0$, где $q_i = 2y_i + x_i$.

Используя терминологию работы [3], представление фигуры произвольной области в виде квадродерева можно описать следующим образом. Кодом узла сетки является квадрокод в четверичной системе счисления. Квадрокодом МК является квадрокод его нижнего левого узла. Среди узлов выделяются минимизирующие узлы (МУ), квадрокоды которых содержат нулевой суффикс. С МУ связывается аппроксимирующий квадрант (АК) наибольшей площади. Максимально возможная площадь АК определяется количеством нулей в нулевом суффиксе квадрокода МУ. Так, МУ с квадрокодом 203000 может определять: АК, содержащий 8*8 МК, в квадродереве кодируется как 203; АК, содержащий 4*4 МК, в квадродереве кодируется как 2030; АК, содержащий 2*2 МК, в квадродереве кодируется как 20300; АК, содержащий 1*1 МК, в квадродереве кодируется как 203000. Узел, квадрокод которого имеет ненулевой суффикс, определяет один МК. На рисунке 1 представлена аппроксимация плоской фигуры в виде аппроксимирующих квадрантов наибольшей площади, а на рисунке 2 – квадродерево, представляющее эту фигуру.

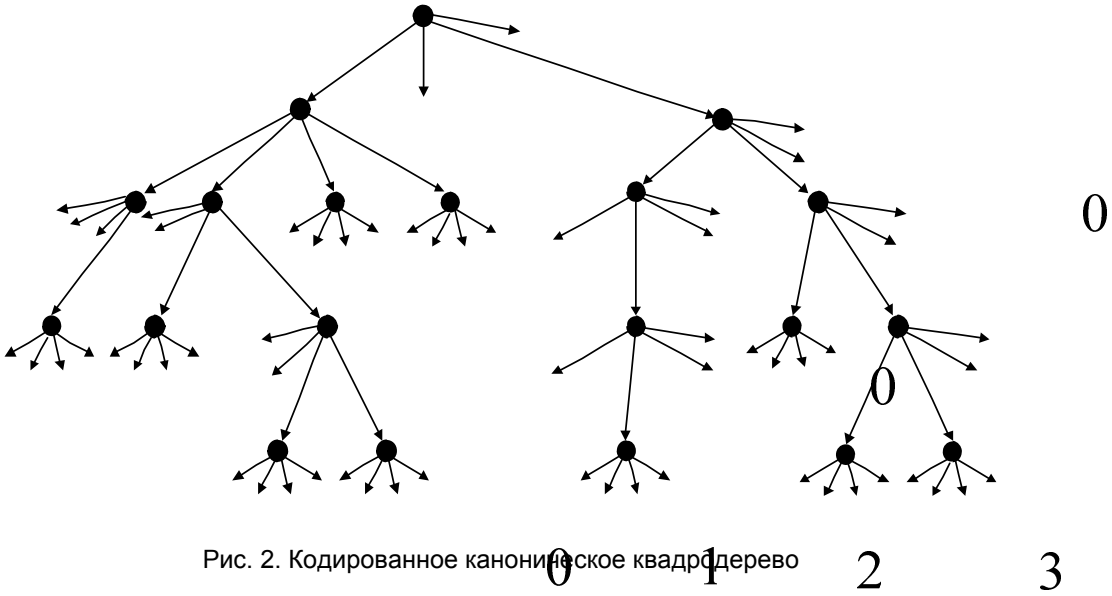


Рис. 2. Кодированное каноническое квадродерево

При этом терминальные вершины с четырьмя пустыми указателями соответствуют аппроксимирующим квадрантам наибольшей площади, принадлежащим аппроксимируемой фигуре. Пустые указатели, выходящие из нетерминальных вершин, соответствуют аппроксимирующим квадрантам наибольшей площади, не входящим в аппроксимируемую фигуру. В данном дереве каждый образующий его элемент при его представлении в памяти будет содержать четыре указателя. Назовем такое квадродерево каноническим.

Кодирование вершин данного квадродерева соответствует его представлению в виде линейного квадродерева [4], когда кодируются только ветви, приводящие к АК, принадлежащим аппроксимируемой фигуре. Если оставить только такие ветви, то получится квадродерево, представленное на рисунке 3. При этом квадродерево на рисунке 2 будет представлять фигуру на рисунке 1 и без кодирования его вершин цифрами квадрокода. А для квадродерева на рисунке 3 кодирование вершин имеет принципиальное значение, и каждые элемент, образующий его структуру, обязательно кроме указателей должен содержать цифру квадрокода. Назовем такое квадродерево компактным.

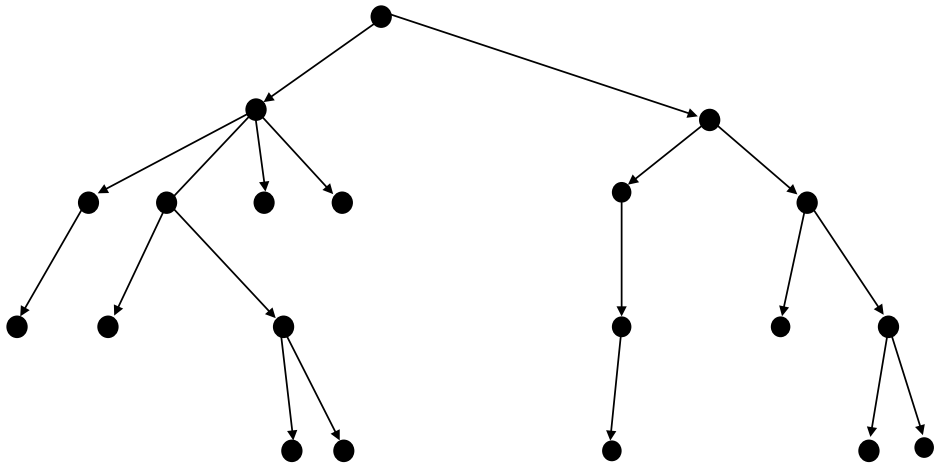


Рис. 3. Компактное квадродерево

Любое дерево можно представить в виде бинарного дерева [5]. При этом бинарное представление канонического квадродерева не дает эффекта уменьшения памяти для указателей, а бинарное представление компактного квадродерева дает эффект уменьшения памяти для указателей. На основании правил преобразования из [3], представленных на рисунках 4–6, компактное квадродерево в виде бинарного дерева будет выглядеть так, как изображено на рисунке 7.

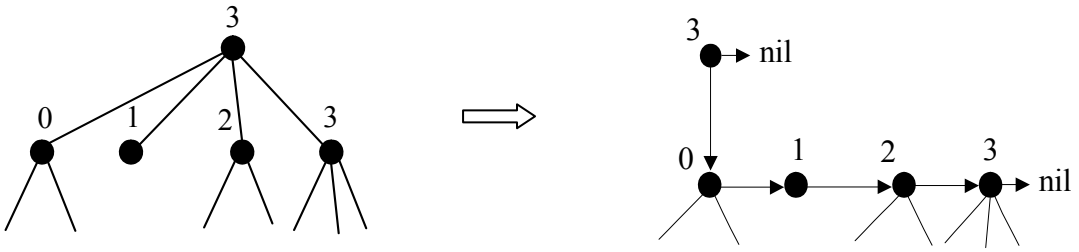


Рис. 4. Преобразование корня

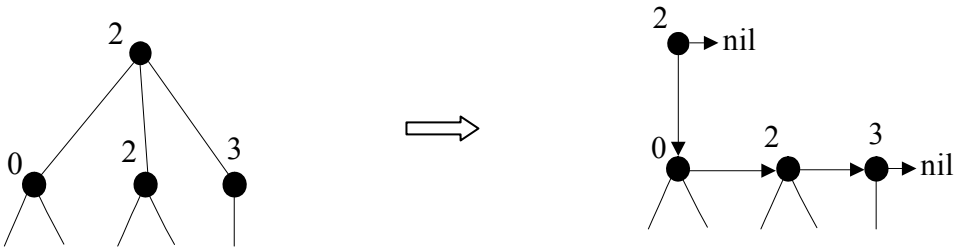


Рис. 5. Преобразование узла

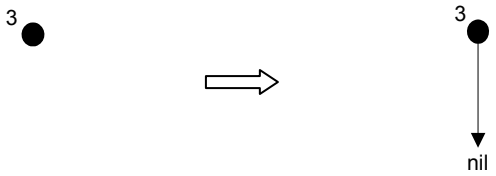


Рис. 6. Преобразование листа

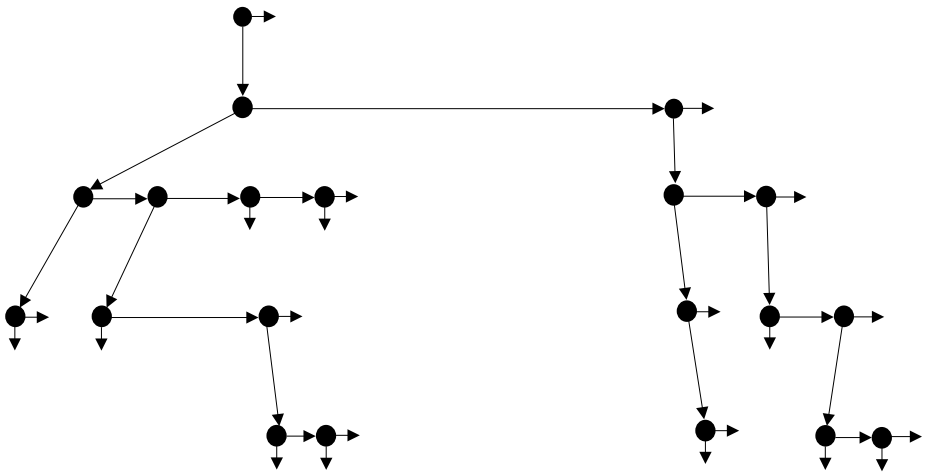


Рис. 7. Бинарное представление компактного квадродерева

Для канонического квадродерева объем памяти для его представления определяется как $v = 4 \cdot k \cdot lp$, где k – количество вершин дерева; lp – количество бит, отводящееся для указателя. Для бинарного представления компактного квадродерева объем памяти для его представления определяется как $v = k(2 + 2 \cdot lp)$. Два бита тратятся на код цифры квадрокода. Таким образом, бинарное представление позволяет снизить затраты памяти практически в два раза.

Если на один указатель будет тратиться 32 бита, то объем требуемой памяти для канонического квадродерева на рисунке 2 равен $20 \cdot 4 \cdot 32 = 2560$ бит, а для бинарного представления компактного квадродерева на рисунке 7 объем требуемой памяти равен $20 \cdot (2 + 2 \cdot 32) =$ =132 бит.

Список литературы

1. Samet H. The Design and Analysis of Spatial Data Structures. Addison-Wesley, Reading, MA, 1990. 493 p.

2. Li S.X., Loew M.H. The Quadcode and Its Arithmetic // Communications of ACM. 1987. Vol. 30, № 7. P. 621–626.

3. Белов А.В. Преобразование квадродерева пространственных данных ГИС в бинарное дерево // Современные информационные технологии: сб. ст. междунар. науч.-техн. конф. / Пензенская государственная технологическая академия. Пенза, 2010. Вып. 11. С. 154–156.

4. Gargantini I. An affective way to represent quadtrees // Communications of ACM. 1982. № 25(12). P. 905–910.

5. Гудрич М.Т., Тамассия Р. Структуры данных и алгоритмы в JAVA / пер. с англ. А.М. Чернухо. Минск: Новое знание, 2003. 671 с.: ил.

Получено 12.10.12.

A.V. Belov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kvrkstu2010@rambler.ru)

T.M. Belova, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: 138019451952@nm.ru)

REPRESENTATION OF QUADTREES BY BINARY TREES

In article the new form of submission of raster information with use quadtree in the form of a binary tree is offered. Main objective is increase of efficiency of processing and decrease in memory size for processing and storage quadtrees.

Key words: *quadtree, binary tree.*

УДК 528.7, 528.72

В.Г. Андронов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: vladiA58@mail.ru)

В.А. Заичко, Роскосмос (Москва) (e-mail: zvalA58@mail.ru)

Ю.Н. Волобуев, инженер НИЦ, ФГУП «18 ЦНИИ МО» РФ (Курск) (e-mail: mryura@bk.ru)

ФОРМИРОВАНИЕ СВЯЗКИ ПРОЕКТИРУЮЩИХ ЛУЧЕЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

Получены аналитические соотношения, устанавливающие строгую функциональную связь порядковых номеров пикселей изображения, времени их формирования на интервале съёмки и координат связки проектирующих лучей в системе координат фокальной плоскости оптико-электронной сканирующей системы.

Ключевые слова: *космические оптико-электронные изображения, оптико-электронная сканирующая система, связка проектирующих лучей.*

***

Физическая сущность процесса временной задержки и накопления (ВЗН) зарядовых пакетов, протекающего в фотоприёмной структуре (ФПС) на матрицах приборов с зарядовой связью (ПЗС), достаточно полно освещена в известной ли-

тературе (см., например, работы [1,2]). Вместе с тем применение описаний этого процесса в терминах цифровой обработки сигналов крайне затруднительно для разработки строгих фотограмметрических моделей космических сканерных изображений, получаемых оптико-электронными сканирующими системами (ОЭСС) высокого и сверхвысокого разрешения. В этой связи целью работы является выделение ключевых фотограмметрических особенностей построения связки проектирующих лучей (СПЛ) в фокальной плоскости (ФП) ОЭСС, обусловленных движением зарядовых пакетов в режиме ВЗН.

Рассмотрим структуру и топологию матриц ПЗС, расположенных в шахматном порядке вдоль экспонирующей щели в ФП ОЭСС (рис. 1) и работающих в режиме ВЗН.

Будем называть ряд матриц ПЗС нечётным и обозначать одной звёздочкой *, если он образован матрицами ПЗС с нечётными порядковыми номерами. Другой ряд – чётным рядом и обозначать двумя звёздочками **. Положим также, что нечетный ряд находится на борту КА впереди чётного, а порядковые номера $\lambda = \overline{1,\Lambda}$ матриц возрастают слева направо, если смотреть по направлению полёта КА. При этом каждая матрица состоит из $p = \overline{1,P}$ строк и $m = \overline{1,\mathrm{M}}$ столбцов ПЗС-датчиков, которые имеют геометрические размеры $\Delta l_X, \Delta l_Y$, а первые и последние столбцы соответственно нечетного и четного рядов расположены на одной линии, т.е. матрицы размещены с перекрытием.

Введём систему координат ФП oxy, начало которой расположено в точке пересечения перпендикуляра, опущенного из центра проекции на ФП. Ось ox направим через геометрические центры ПЗС-датчиков первой строки матрицы ПЗС с номером $(\Lambda/2)+1$ в сторону возрастания номеров столбцов и движения КА, а ось oy – через геометрические центры датчиков – ПЗС последних и первых столбцов матриц ПЗС соответственно чётного и нечётного ряда в сторону первой матрицы ПЗС. Будем также считать, что экспонирующая щель (ЭЩ), геометрический центр которой совпадает с началом системы координат oxy, имеет длину $L_{\text{Щ}} = \Lambda P \Delta \mathrm{l}_{\mathrm{Y}}$, ширину $d_{\text{Щ}} = 2M\Delta l_X$ и расположена при отсутствии разворота КА по углу рысканья перпендикулярно направлению полёта КА.

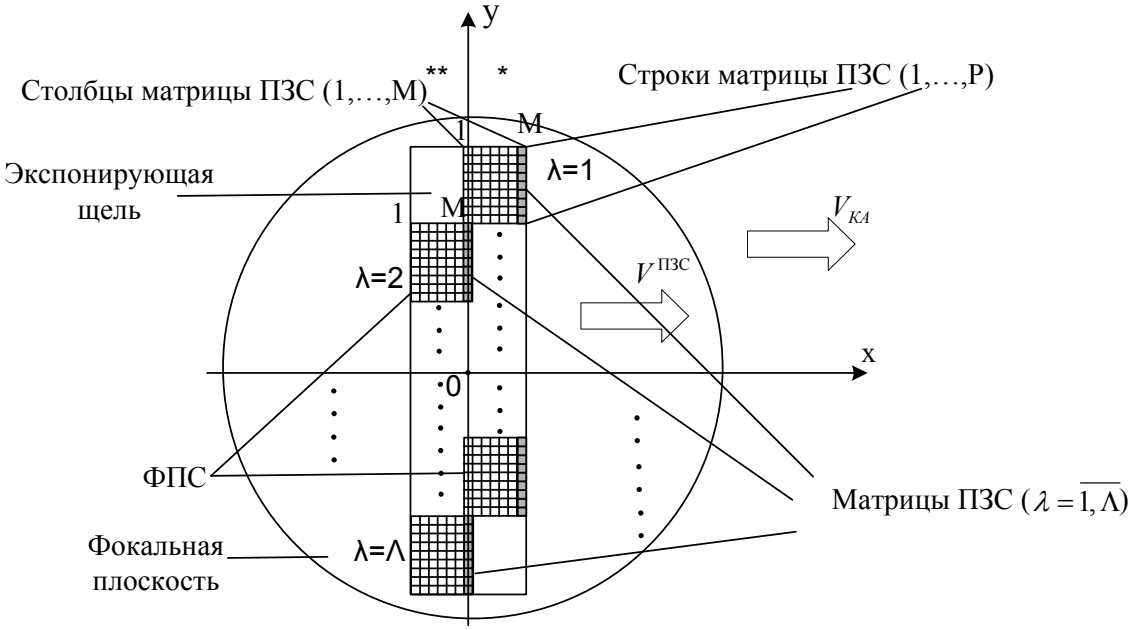


Рис. 1. Структура матриц ПЗС в фокальной плоскости ОЭСС

В теории цифровой обработки сигналов [1, 2] каждый датчик ПЗС рассматривается как устройство преобразования световой энергии $Э$ в зарядовые пакеты $P(n_Э)$ по схеме

$$Э \to \sum_{0}^{\tau_T} P(\mathrm{t}), \qquad (1)$$

которые считываются с частотой опроса $1/\tau_{\mathrm{T}}$ одновременно со всех датчиков ПЗС матриц и записываются в бортовом запоминающем устройстве (БЗУ) для каждого момента времени $[\tau_{\mathrm{T}}, 2\tau_{\mathrm{T}}, 3\tau_{\mathrm{T}}, \ldots, K\tau_{\mathrm{T}}]$ в виде K файлов эквивалентных им уровней оптической плотности $D_{\mathrm{П}}(k,n)$, которые затем разворачиваются в геометрическую и фотометрическую структуру $\Re = \left\{ d_{\mathrm{kn}} \mid k = \overline{1,K};\ n = \overline{1,N};\ d \in [0, D_{\max}] \right\}$ сканерного цифрового изображения.

В терминах теории фотограмметрии в течение тактового времени τ_T синхронно развиваются два процесса (рис. 2, *а*).

В рамках первого процесса (I), протекающего в датчиках строк матриц ПЗС с порядковыми номерами в столбцах $m = \overline{1, \mathrm{M}-1}$, зарядовые пакеты, накопленные в них за время между опросами $(k-1)\tau_{\mathrm{T}}, k\tau_{\mathrm{T}}$, где $k = \overline{1,K}$ – порядковый номер такта, последовательно со скоростью $V^{\mathrm{ЗП}}$ перемещаются в следующие за ними в строке датчики. Этот процесс назовём дрейфом СПЛ в ФП ОЭСС, а след ЛВ в ФП – трассой СПЛ в ФП.

Параллельно этому во всех строках в датчиках последних столбцов с порядковыми номерами M происходит второй процесс (II), включающий в себя считывание зарядовых пакетов в бортовое запоминающее устройство (БЗУ), формирование цифровых кодов оптической плотности и запись цифровых файлов пикселей изображения. Благодаря этому в каждом такте цикла ВЗН образовывается «свободное» место для перемещения зарядовых пакетов из М-1 в М-датчики и тем самым обеспечивается непрерывность процесса (I). Второй процесс назовём позиционированием СПЛ.

На рисунке 2, *а* в рамках первого цикла ВЗН в датчике *m*=1 показано, что в первом такте $(0, \tau_T)$ схема синхронного движения зарядовых пакетов имеет следующий вид: $1 \to 2;\ 2 \to 3;\ \ldots;\ M-1 \to M;$ $\mathrm{M} \to \text{БЗУ} \to \{(1)\text{-}(\mathrm{M})\}$, во втором такте $(\tau_T, 2\tau_T)$: $2 \to 3;\ \ldots;\ M-2 \to M-1;$ $\mathrm{M}-1 \to \text{БЗУ} \to \{(1)\text{-}(\mathrm{M}),\ (2)\text{-}(\mathrm{M}\text{-}1)\}$, а в последнем: $1 \to \text{БЗУ}\{(1)\text{-}(\mathrm{M}),\ (2)\text{-}(\mathrm{M}\text{-}1),$ …, (M-1)-(2), (M)-(1)}, где в фигурных скобках через дефис обозначены соответственно порядковые номера строк изображения и датчика в столбце матрицы ПЗС, сформировавшего их первоначальный уровень зарядовых пакетов.

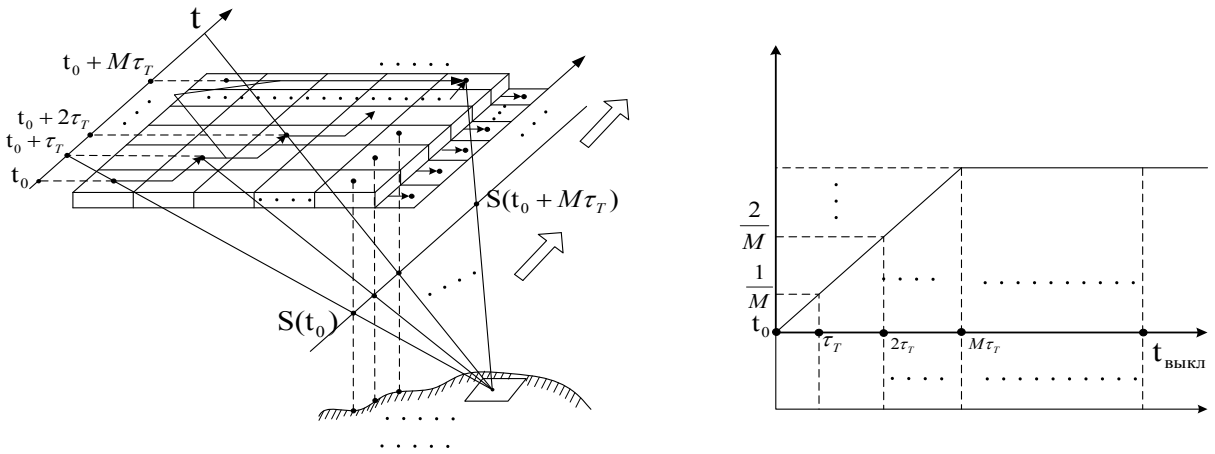


Рис. 2. Геометрическая иллюстрация формирования СПЛ:
а – дрейф и позиционирование СПЛ; *б* – цикл ВЗН ЗП

При этом, как видно на рисунке 2, *а*, линия визирования, направленная в первом такте на точку местности М, в течение всего цикла ВЗН вместе с зарядовыми пакетами совершает дрейф в ФП ОЭСС, отслеживая первоначальное направление на эту точку местности.

Отсюда следует, что зарядовые пакеты, сформированные в первом такте в первых датчиках столбцов матриц ПЗС, имеющих порядковый номер m=1, только по окончании первого цикла ВЗН пройдут M тактов накопления. В этой связи будем называть первый цикл процесса ВЗН разгонным этапом. Тем не менее на этом этапе происходит формирование первых M строк маршрута изображения, порядковый номер которых (от 1 до M) совпадает с числом тактов накопления зарядовых пакетов от одного и того же участка земной поверхности (рис. 2, *б*). По окончании этого этапа происходит достижение максимальных уровней зарядовых пакетов во всех пикселях последующих строк $k=\overline{M+1,K}$ формирующегося маршрута изображения. Иными словами, все пиксели строк маршрута сканерного изображения, формируемого матрицами ПЗС, начиная с номера строки $k=M$, проходят полный цикл ВЗН зарядовых пакетов, знаменующий собой максимальную разрешающую способность съёмочной аппаратуры.

Проведенный анализ позволяет выделить две ключевые фотограмметрические особенности формирования маршрута изображения в ФП ОЭСС, а именно – наличие формирующих краёв (ФК) матриц ПЗС и единых составных строк маршрута изображения, участки которых сформированы матрицами ПЗС нечётного и чётного ряда в разное время.

Первая особенность состоит в том (см. рис. 2, *а*), что каждый момент τ_k формирования k-й строки маршрута изображения строго соответствует моменту считывания зарядовых пакетов с последних M столбцов матриц ПЗС обоих рядов. В этой связи эти столбцы, имеющие абсциссы $x=x_{\text{ФК}}^{**}=0$, $x=x_{\text{ФК}}^{*}=\Delta l_X\times M$ в системе координат ФП xoy, будем в дальнейшем называть формирующими краями (ФК) матриц ПЗС, поскольку они позиционируют СПЛ в ФП ОЭСС в моменты формирования соответствующих строк изображения. Формулы для точной координатной привязки СПЛ в фокальной плоскости ОЭСС будут иметь следующий вид [3]:

$$x=\begin{cases} x_{ФК}^{**}=0, если \quad \lambda=2\zeta; \\ x_{ФК}^{*}=\Delta x, если \quad \lambda=2\zeta+1, \end{cases} \tag{2}$$

где $\zeta=1,2,3,...;\Delta x=\Delta l_X\times M$;

$$\lambda=\begin{cases} E\left[n/P\right]+1, \text{если} \quad n\neq P, \\ n/P, \text{если } n=P, \end{cases} \tag{3}$$

где E – оператор взятия целой части числа.

$$y=L_{Щ}/2-n\times\Delta l_y+\Delta l_n, \tag{4}$$

где $\Delta l_n=\begin{cases} \Delta l_y/2, \text{ если} \quad n\neq N/2, \\ 0, \text{ если} \quad n=N/2. \end{cases}$

Вторая особенность учитывает наличие двух рядов матриц ПЗС. Вследствие этого на борту КА формируются две полосы строк изображения, сформированных матрицами ПЗС соответственно нечётного и чётного ряда в одно и то же время. При этом матрицы чётного ряда производят опережающее формирование строк изображений соответствующих им участков местности относительно смежных с ними по оси oy пустых участков. Строки изображения пустых участков формируются матрицами ПЗС нечётного ряда в режиме заметания, т.е. позднее на величину времени $\tau_M=M\times\tau_{\text{Т}}$. В процессе наземной обработки производится процедура формирования единых составных строк маршрута изображения [4]. В результате маршрут сканерного изобра-

жения включает в себя $\left\{k=\overline{1,K}\right\}$ единых составных строк, каждая из которых состоит из чередующихся между собой участков изображения, сформированных в порядке расположения матриц ПЗС. При этом участки, сформированные элементами ПЗС нечётного ряда матриц, имеют большее на величину τ_M время формирования τ_k.

Отсюда следует, что моменты времени формирования строк соответствуют моментам формирования СПЛ маршрута сканерного изображения матрицами ПЗС, работающими в режиме ВЗН. Эти формулы имеют следующий вид [4]:

$$\tau_k = k \times \tau_T + \tau_\lambda = k \times \frac{\Delta l_x}{V_X^{\text{ПЗС}}} + \tau_\lambda, \qquad (5)$$

где $V_X^{\text{ПЗС}}$ – скорость движения зарядовых пакетов по оси абсцисс системы координат oxy.

Значение времени τ_λ в зависимости от принадлежности датчика ПЗС к матрицам ПЗС чётного или нечётного ряда определяется формулой

$$\tau_\lambda = \begin{cases} 0, \text{ если } \lambda = 2\zeta + 1; \ \zeta = 1,2,3,...; \\ M\tau_T, \text{если } \lambda = 2\zeta; \ \zeta = 1,2,3,... \end{cases} \qquad (6)$$

Полученные формулы (1)-(6) учитывают специфику шахматного расположения матриц ПЗС в ФП ОЭСС и особенности их работы в режиме ВЗН, что при разработке строгой фотограмметрической модели съёмки поволяет по заданным порядковым номерам k, n пикселей маршрута сканерного изображения корректно позиционировать координатно-временные параметры СПЛ.

Список литературы

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: [пер. с англ.]. М.: Мир, 1982. Кн. 1.

2. Bowen H.S. Absolute Radiometric Calibration of the Ikonos Sensor Using Radiometrically Characterized Stellar Sources // Pecora 15/Land Satellite Information IV Conference, ISPRS Commission I Mid-term Symposium/FIEOS (Future Intelligent Earth Observing Satellites). Nov. 10–14. 2002.

3. Андронов В.Г., Дегтярёв С.В., Клочков И.А. Особенности формирования космических сканерных изображений линейками матриц ПЗС // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. Т. 8, № 7. С. 11–15.

4. Координатно-временная модель формирования космических сканерных изображений линейками матриц ПЗС / В.Г. Андронов, Ю.Н. Волобуев, С.В. Дегтярев, И.А Клочков // Изв. вузов. Сер. «Приборостроение». № 9. 2011. С. 83–85.

Получено 22.10.12.

V.G. Andronov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

V.A. Zaichko, Roscosmos (Moskov) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

Y.N. Volobujev, Engineer, Research Center of 18 Central Defense Research Institute of Fussian Federation (Kursk) (e-mail: mryura@bk.ru)

FORMATION OF BUNDLES OF PROJECTING LINES IN SPACE OPTICAL-ELECTRONIC SCANNING SYSTEM

Obtained an analytical relations, establishing a strict functional link between numbers of pixels of imagine, the time of their formation in the interval shooting and coordinate bundles of projecting lines in the coordinate system of the focal plane of scanning optical-electronic system.

Key words: *cosmic electro-optical image, scanning optical-electronic system, a bunch of projecting lines.*

УДК 681.3

А.А. Чаплыгин, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: alex_chaplygin@mail.ru)

Д.Э. Данилов, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712)58-71-22)

А.Ю. Долженков, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712)58-71-22)

Р.С. Гвоздев, студент Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712)58-71-22)

В.С. Комков, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712)58-71-22)

СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ОТОБРАЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫМ СОДЕРЖИМЫМ

Описывается модификация существующего шаблона проектирования Model – View – Controller (Модель – Вид – Управление), предлагается подход, при котором подсистемы отображения и управления остаются неизменными, а модель может изменяться.

Ключевые слова: *модель, отображение, контроллер, клиент, сервер.*

***

В настоящее время процесс проектирования интерактивных мультимедийных приложений занимает всё больше времени у разработчиков программного обеспечения [1, 3, 5]. Причиной этому является необходимость создавать заново для каждого программного продукта систему мультимедийного вывода. В связи с этим встаёт вопрос о рациональности проектирования не цельных программных систем, а их универсализированных частей, что облегчает переносимость и позволяет создавать новые мультимедийные системы на основе старых. В данной работе представлена удовлетворяющая этим требованиям система для разработки приложений, которые включают в себя модуль, отвечающий за обработку внутренних данных, и модуль, отвечающий за их вывод конечному пользователю.

Концепция модели Model-ViewController показана на рис. 1. Она заключается в разделении программного продукта на 2 модуля: Model, выполняющий внутренние алгоритмы обработки данных и реакций на действия пользователя, и View/Controller, выполняющий формирование графического интерфейса и воспроизведение аудиопотока.

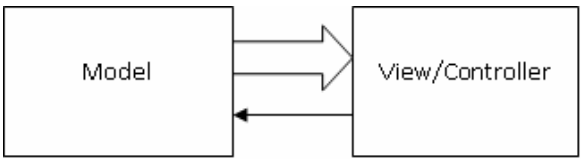


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей в шаблоне MVC

При взаимодействии модулей View/Controller условно считается сервером. Кроме формирования окна приложения, он реализует операции взаимодействия с мультимедиа-файлами (загрузка в оперативную память, вывод на экран приложения/в звуковое устройство, освобождение памяти), операции взаимодействия с пользователем (перехват событий клавиатуры и мыши и их запись для дальнейшей обработки модулем-клиентом).

Модуль Model условно считается клиентом – не имея представления о внутренней реализации операций загрузки и вывода файлов, Model оперирует ими, посылая серверу определенные последовательности команд. При этом алгоритмы вывода мультимедиа-файлов и реакции на действия пользователя заданы только в модуле-клиенте, который периодически запрашивает сервер об изменениях состояний клавиатуры и мыши.

Таким образом, архитектура модели Model-View/Controller не является классической реализацией архитектуры «сервер-клиент».

При детальном рассмотрении процедур сетевого взаимодействия можно выделить программную прослойку Viewer, реализующую протокол передачи данных (рис. 2). При этом Viewer для основной части Model будет представлять собой «черный ящик», получающий на вход данные и выдающий результаты. Соединение Viewer и View/Controller происходит при помощи сетевого протокола, реализованного с помощью TCP-сокетов [2, 4]. Выбор протокола TCP обусловлен более высокой стабильностью соединения по сравнению с UDP-протоколом и целесообразностью по количеству соединений (два непосредственно взаимодействующих сокета). Сетевой протокол организуется командами Model, передаваемыми с параметрами, на которые следует ответ «ok [param1 … paramN]», где [param1 …paramN] – некоторое количество n параметров, определённое для данной команды ($n \geq 0$), в случае успешного выполнения команды, или «error n», где n – внутренний номер ошибки.

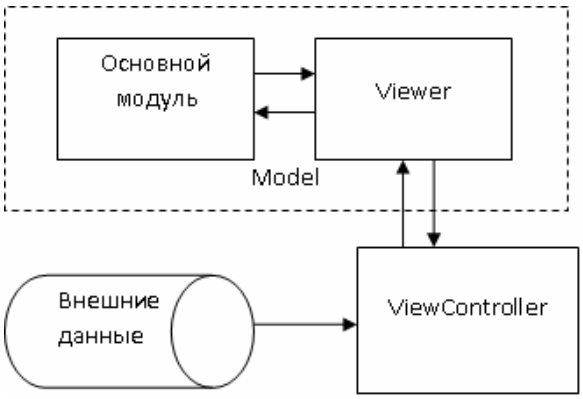


Рис. 2. Взаимодействие модулей в системе

Команды взаимодействия, их описание и спецификация выполняющих команды функций (для реализации был выбран оптимальный для этих целей функциональный язык программирования StandartML) имеют следующий вид:

1. INIT width height – инициализация приложения;

Прототип: val init: int * int -> unit

Примечания: width – ширина окна приложения, height – высота окна приложения.

2. END – команда завершения формирования текущего визуального фрейма и его вывода на экран;

Прототип:val init: unit -> unit

3. LOAD filename – команда загрузки медиа-контента – графического или звукового файла;

Прототип: val init: string -> int

Примечания: в ответ ожидается дескриптор загруженного файла с названием filename или 0 в случае неудачной загрузки.

4. DRAW handle x y scalex scaley – команда вывода изображения;

Прототип: val init: int * int * int * int * int -> unit

Примечания: вывод изображения с дескриптором handle по координатам левого верхнего угла x и y и масштабу по соответственным осям scalex и scaley.

5. PLAY handle – воспроизведение аудиофайла;

Прототип: val init: int -> unit

Примечания: handle – дескриптор аудиофайла.

6. STOP – остановка воспроизведения всех аудиофайлов;

Прототип: val init: unit -> unit

7. KEY n – запрос события клавиатуры или мыши.

Прототип: val init: int -> bool

Примечания: проверка нажатия клавиши с кодом n, в ответ ожидается 1 в подтверждение и 0 в обратном случае.

Таким образом, полученная система может быть применена в широком спектре приложений: мультимедийные приложения, запускаемые на удаленных терминалах (терминалы оплаты, банковские терминалы, терминалы для голосований), компьютерные игры, презентации.

Список литературы

1. Камаев В.А., Костерин В.В. Технологии программирования. М.: Высш. шк., 2006. 454 с.
2. Побегайло А.П. Системное программирование в Windows. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 1056 с.: ил.
3. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. СПб.: Питер, 2001. 368 с.: ил.
4. Стивенс У. Протоколы TCP/IP в подлиннике. Практическое руководство. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 672 с.
5. Брауде Эрик Дж. Технология разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2004. 655 с.

Получено 18.10.12.

A.A. Chaplygin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: alex_chaplygin@mail.ru)

D.E. Danilov, Student, Southwest State University (Kursk)

A.Y. Dolzhenkov, Student, Southwest State University (tel.: (4712)58-71-22)

R.S. Gvozdev, Student, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712)58-71-22)

V.S. Komkov, Student, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712)58-71-22)

MODEL VIEW AND CONTROL SYSTEM WITH MULTIMEDIA CONTENT

The modification of existing design patern Model-View-Controller is considered, the decision with immutable view and control subsystems and mutable model is suggested.

Key words: *model, view, controller, client, server.*

УДК 004.032.22

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

А.Л. Марухленко, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 8-904-522-0330, e-mail: proxy33@mail.ru)

МОДУЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ПОРАЖАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ АВАРИЯХ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Разработанный программный модуль позволяет рассчитывать зоны опасных факторов техногенных аварий и оценивать количество людей, подверженных негативному влиянию. В результате работы модуля формируется протокол, включающий в себя экспорт плана аварийной ситуации с подробной легендой, который является отчетной формой для включения в расчетно-пояснительную записку декларации промышленной безопасности.

Ключевые слова: *системный анализ, программный модуль, техногенная авария, риск, критерии поражения, селитебная зона.*

***

На сегодняшний день в ряде промышленных организаций и частных компаний присутствуют объекты, включающие в себя оборудование или складские площади, которые классифицируются как опасный объект. Важное внимание уделяется рассмотрению таких факторов, как условия содержания опасных веществ в специальном оборудовании, размещение рабочих мест внутри объекта и самого объекта промышленности в масштабах района или области [8]. Разрабатываются все новые требования к опасным объектам для снижения риска возникновений аварий в случае пожаров, взрывов, токсического воздействия, так как главными критериями тяжести последствий аварий является наличие человеческих жертв [5], разрушительное воздействие на окружающую среду, материальные ценности и объекты культуры. Причинами производственных аварий и катастроф могут быть стихийные бедствия, дефекты, допущенные при проектировании или

строительстве сооружений и монтаже технических систем, нарушения технологии производства, правил эксплуатации транспорта, оборудования, машин, механизмов [4]. Для ясности необходимо привести несколько определений риска: риск – возможная опасность какого-либо неблагоприятного исхода; риск – сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятного события; риск – характеристика ситуации, имеющей неопределённость исхода, при обязательном наличии неблагоприятных последствий; риск в узком смысле – количественная оценка опасностей, определяющаяся как частота одного события при наступлении другого.

Для определения уровня риска и соответствия объекта промышленности требованиям безопасности необходимо проведение анализа риска, включающего в себя комплексный расчет показателей риска [3].

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. [1]. Вопросы методического обеспечения разработки деклараций, а также качество работ по декларированию (включая экспертизу деклараций) далеки от полного решения.

Существующие программные средства для расчета рисков отличаются высокой стоимостью, недостаточной гибкостью к изменениям расчетов согласно вновь утверждаемым методикам и неточностью расчета [6], в связи с этим необходима разработка программного модуля, отвечающего требованиям гибкости настройки и полноты проведения расчетных этапов на основании полного множества параметров рассматриваемого объекта промышленности.

Задача оценки последствий аварий на опасном объекте является слабоструктурированной, что обусловливает применение системного анализа параметров аварийной ситуации и характеристик селитебной зоны (условия и количество хранения опасного вещества, методика расчета, расположение и характеристика площадных объектов) с использованием типовых деревьев событий для автоматического построения наиболее вероятного сценария аварии для конкретного типа оборудования.

В программном модуле отдельное внимание уделяется определению расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, так как наиболее опасными поражающими факторами аварии являются волна давления, расширяющиеся продукты сгорания при различных режимах сгорания газо-, паро- или пылевоздушного облака, а также тепловое излучение [2].

В программе происходит расчет зон поражения по детерминированным и вероятностным критериям поражения. Детерминированные критерии используются при невозможности применения вероятностных критериев.

Детерминированные критерии показывают значения параметров опасного фактора пожара [7], при которых наблюдается тот или иной уровень поражения людей. В качестве вероятностного критерия поражения используется понятие пробит-функции. В общем случае пробит-функция *Pr* описывается формулой

$$P_r = a + b \cdot \ln S, \qquad (1)$$

где *a, b* – константы, зависящие от степени поражения и вида объекта;

S – интенсивность воздействующего фактора.

В случае использования детерминированных критериев условная вероятность поражения принимается равной 1, если значение критерия превышает предельно допустимый уровень, и равной 0, если значение критерия не превышает предельно допустимый уровень поражения людей [1].

Вероятностные критерии показывают, какова условная вероятность пораже-

ния людей при заданном значении опасного фактора пожара.

Для того чтобы определить последствия аварии, необходимо рассчитать зоны поражения при пожаре. Радиус RHКПР (м) и высота ZHКПР (м) зоны, ограничивающие область концентраций [2], превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (далее – НКПР), при неподвижной воздушной среде определяются по формулам (2) и (3) соответственно:

для горючих газов (далее – ГГ):

$$R_{НКПР} = 7,8 \cdot \left(\frac{m_Г}{\rho_Г \cdot C_{НКПР}} \right)^{0,33}; \quad (2)$$

$$Z_{НКПР} = 0,26 \cdot \left(\frac{m_Г}{\rho_Г \cdot C_{НКПР}} \right)^{0,33}, \quad (3)$$

где $m_Г$ – масса ГГ, поступившего в открытое пространство при пожароопасной ситуации, кг;

$\rho_Г$ – плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м^3;

$C_{НКПР}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ, % об.;

для паров ЛВЖ

$$R_{НКПР} = 3,2 \cdot \left(\frac{T}{3600} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{P_Н}{C_{НКПР}} \right)^{0,8} \times \times \left(\frac{m_П}{\rho_П \cdot P_Н} \right)^{0,33}; \quad (4)$$

$$R_{НКПР} = 3,2 \cdot \left(\frac{T}{3600} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{P_Н}{C_{НКПР}} \right)^{0,8} \times \times \left(\frac{m_П}{\rho_П \cdot P_Н} \right)^{0,33}; \quad (5)$$

где $m_П$ – масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время испарения, кг; $\rho_П$ – плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа;

$P_Н$ – давление насыщенных паров при расчетной температуре, кПа; Т – продолжительность поступления паров в открытое пространство, с;

СНКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени паров, % об.

За начало отсчета горизонтального размера зоны поражения принимаются внешние габаритные размеры пролива опасного вещества [1].

После того, как зоны поражения рассчитаны, необходимо произвести оценку количества пострадавших людей и материальных ценностей, входящих в селитебную зону, для чего разработан инструмент, входными данными которого являются матрицы зон поражения и матрицы селитебной зоны. В зависимости от критерия точности, задаваемого экспертом, происходит преобразование рассчитанных областей с использованием интерполяционного многочлена. В результате обеспечивается возможность расчета последствий (потенциальный/индивидуальный риск) в некоторой окрестности, являющейся шагом матрицы поражения.

На рисунке представлен экспорт плана аварийной ситуации с подробной легендой, описанной в таблице, что в совокупности представляет собой протокол, который является отчетной формой для включения в расчетно-пояснительную записку декларации промышленной безопасности.

Рис. Ситуационный план для сценария аварии (наиболее вероятный сценарий) пожара пролива при разрушении резервуара с бензином

Легенда к экспорту плана аварийной ситуации

Краткое описание сценария аварии: Частичное разрушение единичного максимально заполненного резервуара с бензином → разлив бензина на ограниченной обвалованием поверхности → частичное испарение бензина → образование облака пожаровзрывоопасной смеси паров бензина с воздухом → распространение пролива и взрывоопасного облака парогазовой смеси → попадание паровоздушного облака и/или разлитого бензина в зону нахождения источника зажигания → сгорание взрывоопасного облака и возможное последующее горение разлитого нефтепродукта → пожар → горение нефтепродукта в резервуаре, обваловании	
Наименование и количество вещества, участвующего в аварии	до 2900 т бензина
Количество пострадавших	до 23 чел. среди персонала
Зоны поражения (радиусы)	**E1** – смертельное поражение (площадь пролива 1620 м^2)
1 – Смертельное поражение с вероятностью 10% (45 м)	**3** – Непереносимая боль через 20 сек (7 кВт/м^2) – 95,1 м
2 – Непереносимая боль через 3–5 сек (10,5 кВт/м^2) – 69,9 м	**4** – Безопасно для человека в брезентовой одежде (4,2 кВт/м^2) – 104,8 м
Методика: Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Утв. приказом МЧС России № 404 от 10.07.2009 (с изм., утв. приказом МЧС России № 649 от 14.12.2010)	

Результаты, приведенные выше, являются составной частью и применяются экспертными организациями для формирования пояснительной записки декларации промышленной безопасности.

Программный модуль включает в себя несколько независимых блоков, взаимодействующих в неявном виде: блок ввода параметров оборудования, количества и условий хранения опасного вещества, блок задания объектов селитебной зоны, расчетный блок методик пожарного ГОСТа, инструмент формирования матриц зон поражающих факторов и площадных объектов и блок определения жертв и материальных потерь.

Таким образом, результаты работы модуля позволяют автоматизировать формирование протокола, являющегося отчетной формой для включения в расчетно-пояснительную записку декларации промышленной безопасности, совершая минимальное число команд и операций в явном виде, а гибкость программной реализации обеспечивается за счет возможности добавления новых расчетных блоков без принципиального изменения структурно-функциональной организации программного модуля.

Список литературы

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России № 404 от 10.07.2009: [с изм., утв. приказом МЧС России № 649 от 14.12.2010]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. РД-03-26–2007. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ. Сер. 27. Вып. 6. М.: ФГУП «НТЦ Промышленная безопасность», 2008. С. 47–94.

3.. 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.

4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер.

закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Российская газета. 2008. № 4720. 1 авг.

5. Программная модель для автоматизации расчета показателей риска техногенных аварий / С.Л. Марухленко [и др.] // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. № 11. С. 35–39.

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

7. Декларирование промышленной и пожарной безопасности // Методы и программные средства оценки риска. 20-21 октября 2009 г. URL: http://safety.moy.su/publ/ 12-1-0-123.

8. Марухленко С.Л. Использование программного комплекса ТОКСИ+Risk для оценки пожарного риска // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 1. С. 44–50.

Получено 19.10.12.

S.L. Marukhlenko, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Proxy33@Inbox.Ru)

A.L. Marukhlenko, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: proxy33@mail.ru)

TECHNOGENIC ACCIDENT HAZARD SOFTWARE MODULE

A developed software module lets analyze hazard areas of technogenic accident and estimate number of people subjected to negative influence. As a result of this software module operation, a log file including an incident plan export with the detailed legend is made. The log file is a form for industry safety explanatory and calculation declaration report.

Key words: *system analyses, software module, technogenic accident, hazard, damage criterion, settlement zone.*

УДК 681.2

В.М. Емельянов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: emelianov@nm.ru)

Л.А. Пимнева, д-р хим. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: l.pimneva@mail.ru)

В.В. Емельянов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: wemelyanov@yandex.ru)

И.И. Шуклин, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: shuklin@nm.ru)

А.А. Моисеев, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: anton.anatolievic.moiseev@qmail.ru)

Т.В. Алпеева, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: tanja-alpeeva@rambler.ru)

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ СВЕРХПРОВОДЯЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ НАДЕЖНОСТИ

Проведено аналитическое моделирование возникновения термомеханических напряжений в контактных элементах с наноструктурированными сверхпроводящими материалами для определения диапазона допустимых значений прочностных характеристик. Предложено решение уравнений сложного напряженного состояния для определения допустимой величины адгезии металлизации, учитывающих зависимости линейных характеристик материалов от температуры, а также деформации межслойных соединений в пределах упругого участка.

Ключевые слова: *надёжность, аналитическая модель, многослойные межсоединения, сверхпроводящие материалы, наноструктурирование, прочность.*

***

Построение электронных и электротехнических программно-аппаратных комплексов (ЭЭПАК) требует решения общей теоретической проблемы количественной оценки воздействия разрушающих факторов на прочностные характеристики, выходные параметры и надежность контактных соединений (межсоединений). Решение этой научной проблемы позволяет априорно выявить закономерности в отказах и прогнозировать надежность с целью управления технологическими процессами изготовления межсоединений по надежностной обратной связи, что повысит надежность ЭЭПАК за счет снижения отказов межсоединений компонентов более чем на порядок [1–3].

Решение научной проблемы деформации межсоединений представляет математическую сложность из-за анизотропных свойств подложек, на которых выполнены межсоединения, а также из-за нелинейных явлений в деформациях и нелинейных зависимостей характеристик материалов от разрушающего температурного воздействия.

Целью исследований, проверенных в данной работе, является создание теоретических основ математического моделирования прочностных параметров межсоединений с наноструктурированными сверхпроводящими материалами при воздействии температурных разрушающих факторов.

Для управления надежностью контактных соединений необходимым условием является выявление оптимальных значений конструктивно-технологических параметров при воздействии разрушающих факторов. К таким параметрам относятся: адгезия металлизации к торцам сверхпроводящих материалов контактных площадок и к диэлектрику, физико-механические характеристики наноструктурированных сверхпроводящих материалов, толщина основы и толщина слоев; слойность и чередование слоев; диаметры отверстий и т.д.

В основу аналитической модели межслойных переходов многослойных контактных соединений положены векторно-матричные уравнения деформации диэлектрика и металлизации [1]:

$$\vec{\varepsilon}_g = \frac{\mu_g}{E_g} \cdot \sigma_g ; \qquad (1)$$

$$\vec{\varepsilon}_m = \frac{\mu_m}{E_m} \cdot \sigma_m , \qquad (2)$$

где $\mu_g = \left(\mu_{rg}, \mu_{tg}, \mu_{zg}\right)$ – коэффициенты Пуассона диэлектрика, $E_g = \left(E_{rg}, E_{tg}, E_{zg}\right)$ – модули упругости диэлектрика, $\vec{\varepsilon}_g = \left(\varepsilon_{rg}, \varepsilon_{tg}, \varepsilon_{zg}\right)$ – вектор деформаций диэлектрика в радиальном, тангенциальном и осевом направлениях отверстий, $\vec{\varepsilon}_m = \left(\varepsilon_{rm}, \varepsilon_{tm}, \varepsilon_{zm}\right)$ – вектор деформаций металлизации в ортогональных направлениях, $\vec{\sigma}_g = \left(\sigma_{rg}, \sigma_{tg}, \sigma_{zg}\right)$ – вектор механических напряжений диэлектрика в радиальном, тангенциальном и осевом направлениях отверстий, $\vec{\sigma}_m = \left(\sigma_{rm}, \sigma_{tm}, \sigma_{zm}\right)$ – вектор механических напряжений металлизации в ортогональных направлениях, $\vec{\mu}_m = \left(\mu_{rm}, \mu_{tm}, \mu_{zm}\right)$ – вектор коэффициентов Пуассона металлизации, $E_m = \left(E_{rm}, E_{tm}, E_{zm}\right)$.

Решение уравнений (1) и (2) представляет математическую сложность из-за анизотропных свойств сверхпроводящих и диэлектрических материалов, так как эти материалы в радиальном и тангенциальном направлениях имеют анизотропию.

При воздействии температурного фактора условие совместимости деформации сверхпроводящих материалов и металлизации можно записать в следующем виде (рис. 1):

$$\varepsilon_{zg} + \varepsilon_{zm} = \Delta\alpha_z \cdot \Delta T;$$
$$\varepsilon_{rg} + \varepsilon_{rm} = \Delta\alpha_r \cdot \Delta T, \qquad (3)$$

где $\Delta\alpha_r$ и $\Delta\alpha_z$ – разности температурных коэффициентов расширения сверхпроводящих материалов и металлизации в радиальном и осевом направлениях, ΔT – величина температурного воздействия.

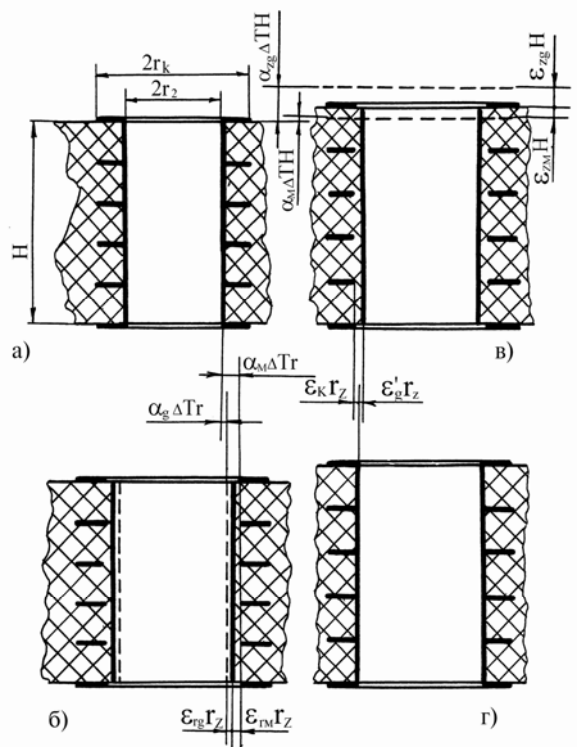


Рис. 1. Деформации межслойного перехода при температурном воздействии: *а* – исходное состояние; *б* – состояние без учета деформации по толщине; *в* – состояние без учета влияния контактных площадок; *г* – рабочее состояние

Непосредственное решение уравнений (1), (2) и (3) очень сложно, поэтому необходимо сделать ряд допущений [3]:

– рассмотреть многослойную структуру из сверхпроводящих и диэлектрических материалов как толстостенную трубу;

– представить металлизацию как тонкостенную трубу.

Тогда соотношение механических напряжений в многослойной структуре и металлизации можно записать в следующем виде [6]:

$$\sigma_{zg} = \frac{\sigma_{rm} r_2^2}{r_1^2 - r_2^2}\left(1 - \frac{r_1^2}{r^2}\right), \qquad (4)$$

где r_1 – внешний радиус многослойной структуры вокруг отверстия, при котором деформацией диэлектрика в радиальном направлении можно пренебречь; r – текущий радиус; r_2 – радиус отверстия.

Решая уравнения (1)–(4), получим величину напряжения металлизации в радиальном направлении:

$$\sigma_{rm} = \frac{\Delta a_{zt} - (n+m)\Delta a_z}{S - \beta - k(m+n)}\Delta T,$$
$$\frac{\mu_m / E_m (1 - m + \mu_{zg}/\mu_m \cdot n)}{S - \beta - k(m+n)}\sigma_{t0}, \qquad (5)$$

и в осевом направлении:

$$\sigma_{zm} = \frac{E_m}{\mu_m} n \Delta a_2 \Delta T + \sigma_{rm}\frac{E_m}{\mu_m} n\left(k + \mu_m \frac{\sigma_{to}}{Em}\right), \qquad (6)$$

где $n = \dfrac{\mu_m}{1 + \dfrac{E_m F_{zm}}{E_{zg} F_{zg}}}$; $m = \dfrac{\mu_{zg}}{1 + \dfrac{E_{zg} F_{zg}}{E_z F_{zm}}}$;

$$S = \frac{1}{E_m}\left(1 - \mu_m \frac{r_2}{B}\right); \ \beta = \frac{1}{E_g}\left(1 - \mu_g \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_1^2 - r_2^2}\right);$$

$$k = \frac{2\mu_{zg} r_2^2}{E_g\left(r_1^2 - r_2^2\right)} + \frac{\mu_m}{E_m}\left(1 + \frac{r_2}{B}\right);$$

σ_{to} – начальное механическое напряжение металлизации;

F_{zg} – площадь диэлектрика под контактной площадкой;

$F_{zм}$ – площадь кругового сечения металлизации.

При решении уравнений (3), (4) относительно любых параметров контактных элементов можно получить допустимые значения этих параметров. В частности, получено значение допустимой адгезии металлизации к торцам контактных площадок:

$$[\sigma_k] = \frac{\dfrac{\Delta a_{rt} - (m+n)\Delta a_2}{S - \beta - k(m+n)}(S - nk) + n\Delta a_z}{\dfrac{F_k}{F_g}(\beta + mk) + \gamma} \times$$

$$\times \Delta T - \frac{\dfrac{\mu_m}{F_m}\left[\dfrac{\left(1 - m + \dfrac{\mu_{zg}}{\mu_m}\right)(S - nk)}{S - \beta - k(m+n)}\right]}{\dfrac{F_k}{F_g}(\beta + mk) + \gamma} \cdot \sigma_{to}, \qquad (7)$$

где $\gamma = \dfrac{1}{E_m}\left(1 + \mu_m \dfrac{r_2^2 + r_{1k}^2}{r_{1k}^2 - r_2^2}\right)$;

$r_{1к}$ – радиус контактной площадки.

Уравнение (7) представляет собой детерминированную аналитическую модель межслойных переходов контактных элементов при воздействии температурного разрушающего фактора. Полученные данные решения приведены на графиках рис. 2. Графики отражают свойства межслойных переходов контактных элементов с обычно встречающимися типовыми параметрами.

На рис. 3 показана оценка зависимости параметра надежности – интенсивности отказав многослойных контактных соединений с наноструктурированными сверхпроводящими материалами от слойности F_k/F_g и автокорреляции взаимозависимых параметров. Статистические данные этого рисунка наглядно указывают на значительное влияние слойности многослойной структуры контактных переходов на интенсивность отказов. Эти данные получены на основе вероятностного динамического моделирования и прогнозирования с применением разработанных в данной работе аналитических моделей.

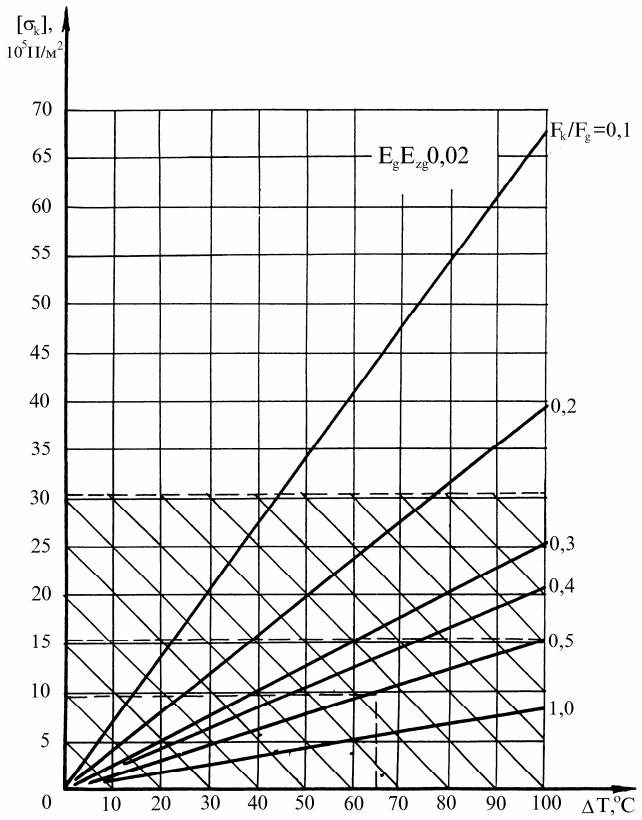


Рис. 2. Зависимость допустимой величины адгезии от величины температурного воздействия для типовых контактных элементов

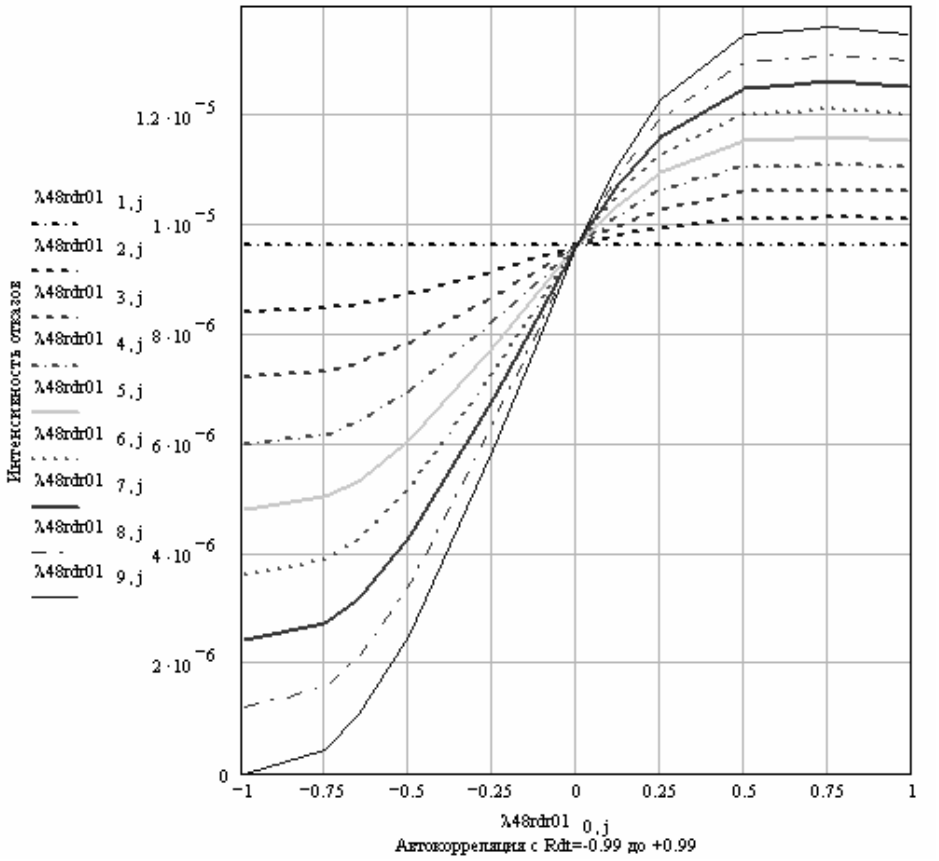


Рис. 3. Зависимость интенсивности отказов межслойных переходов от автокорреляции и слойности многослойных структур: $\lambda 48rdr01_{1,j}$ – 1 слой; $\lambda 48rdr01_{2,j}$ – 2 слоя; $\lambda 48rdr01_{3,j}$ – 3 слоя; $\lambda 48rdr01_{4,j}$ – 4 слоя; $\lambda 48rdr01_{5,j}$ – 5 слоев; $\lambda 48rdr01_{6,j}$ – 6 слоев; $\lambda 48rdr01_{7,j}$ – 7 слоев; $\lambda 48rdr01_{8,j}$ – 8 слоев; $\lambda 48rdr01_{9,j}$ – 9 слоев

Из полученных результатов следует, что для устойчивости межслойных переходов к термомеханическим напряжениям величина адгезии металлизации к контактным площадкам должна составить для диэлектриков 35×10^5 Н/м^2. При этом минимально допустимая толщина металлизации для многослойных структур составляет для диэлектриков 25 мкм.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки.

Список литературы

1. Математическое моделирование автоматизированной системы технологической подготовки производства при адаптивном управлении взаимозависимыми параметрами надежности контактных элементов из наноструктурированных сверхпроводящих материалов / В.М. Емельянов, Л.А. Пимнева, В.В. Емельянов, И.И. Шуклин, А.А. Моисеев, Т.В. Алпеева, Е.Л. Нестерова // Нанотехника. 2012. № 2 (30). С. 98–103.

2. Повышение точности оценки вероятности безотказной работы телеметрической системы управления с взаимозависимыми параметрами / В.М. Емельянов, И.И. Шуклин, С.Ю. Носорев, В.В. Емельянов // Телекоммуникации. 2005. № 10.

3. Емельянов В.М., Шуклин И.И., Емельянов В.В. Управление надежностью межсоединений многослойных печатных плат. Корреляционные и автокорреляционные параметры межсоединений и процессов наноповерхностной термодиффузии // LAP LAMBERT Academic Publiscing GmbH & Co. KG, Saarbrucken, Germany, 2012. С. 188.

Получено 24.10.12.

V.M. Emeljanov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: emelianov@nm.ru)

L.A. Pimneva, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: l.pimneva@mail.ru)

V.V. Emeljnov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: wemelyanov@yandex.ru)

I.I. Shuklin, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: shuklin@nm.ru)

A.A. Moiseev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: anton.anatolievic.moiseev@qmail.ru)

T.V. Alpeeva, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tanja-alpeeva@rambler.ru)

ANALYTICAL MODELLING OF THERMOMECHANICAL ELECTRICAL PRESSURE IN CONTACT ELEMENTS WITH NANO THE RETICULATED SUPERCONDUCTING SUBSTANCES FOR MAINTENANCE OF MANAGEMENT IN PARAMETERS OF DEPENDABILITY

Analytical modeling of emergence of thermomechanical tension in contact elements with the nanostructured superconducting materials for definition of a range of admissible values of prochnostny characteristics is carried out. The solution of the equations of a difficult tension for determination of admissible size of adhesion of the metallization, straight-line characteristics of materials considering dependence on temperature, and also deformation of interlaminar connections within an elastic site is offered.

Key words: *dependability, analytical model, a multilayered interconnection wiring, superconducting substances, nano structurization, durability.*

УДК 004.274

А.В. Малышев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: alta76@yandex.ru, тел.: (4712) 58-71-22)

КВАЗИАДАПТИВНЫЙ ПОДХОД К МАРШРУТИЗАЦИИ СООБЩЕНИЙ В МАТРИЧНОМ МУЛЬТИПРОЦЕССОРЕ НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЕГО СОСТОЯНИЯ

В данной работе предложен вариант алгоритма отказоустойчивой маршрутизации, использующий в процессе своего функционирования динамически изменяющиеся блоки достижимости, вследствие чего оптимизируется поиск абонента в мультипроцессоре без дополнительной глобальной настройки его коммуникационного слоя.

Ключевые слова: *мультипроцессор, маршрутизация, отказоустойчивость.*

***

В известных алгоритмах маршрутизации, предназначенных для использования их в мультипроцессорных решётках [1], в каждом узле матрицы часто собирается информация о текущей отказовой ситуации всего мультипроцессора, что обеспечивает простое формирование соответствующих маршрутов, однако требует дополнительных аппаратурных и временных затрат.

Для их сокращения был разработан алгоритм формирования локальной [2], а не глобальной информации об отказовых ситуациях, задающей для каждого узла расстояния L_{ij} до ближайших отказов вправо по строкам. Формируется вышеназванная информация с помощью клеточного алгоритма по следующему правилу:

$$L_{ij} = \begin{cases} L_{i,j+1}, \text{ если } L_{i,j+1} = 0; \\ L_{i,j+1} + 1, \text{ если } \left(L_{i,j+1} > 0\right) \vee \left(r_{i,j+1} = 1\right) \end{cases}$$

где $r_{i,j+1} \in \{1, 0\}$ – отказ/работоспособность узла.

В данном алгоритме применяется понятие динамического блока маршрутизации (ДБМ) (рис. 1), состоящего из текущего узла (i, j), узла-последователя по вертикали (i+1, j) и потенциальных последователей по горизонтали (i, j+1), (i, j+2) … (i, j+L_{ij}).

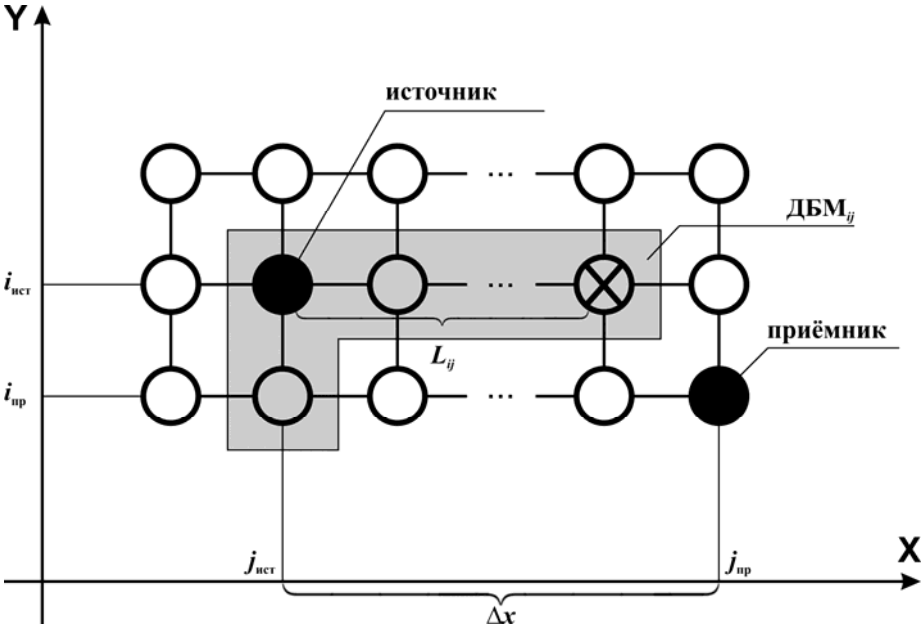


Рис. 1. Динамический блок маршрутизации

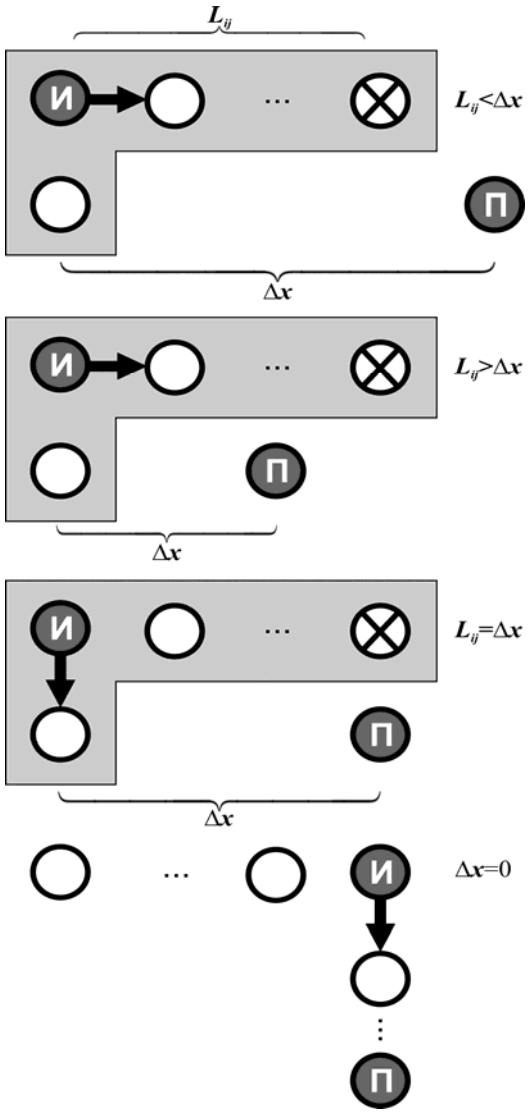


Рис. 2. Порядок выбора направления передачи сообщения

При этом выбор узла-последователя в рассматриваемом алгоритме для каждого текущего узла-источника выполняется среди ближайших соседей по ДБМ$_{ij}$ по следующему правилу:

$$f_{ij} = \begin{cases} i+1, j, \text{ если } \left(L_{ij} = \Delta x\right) \vee \left(\Delta x = 0\right), \\ i, j+1, \text{ если иначе.} \end{cases}$$

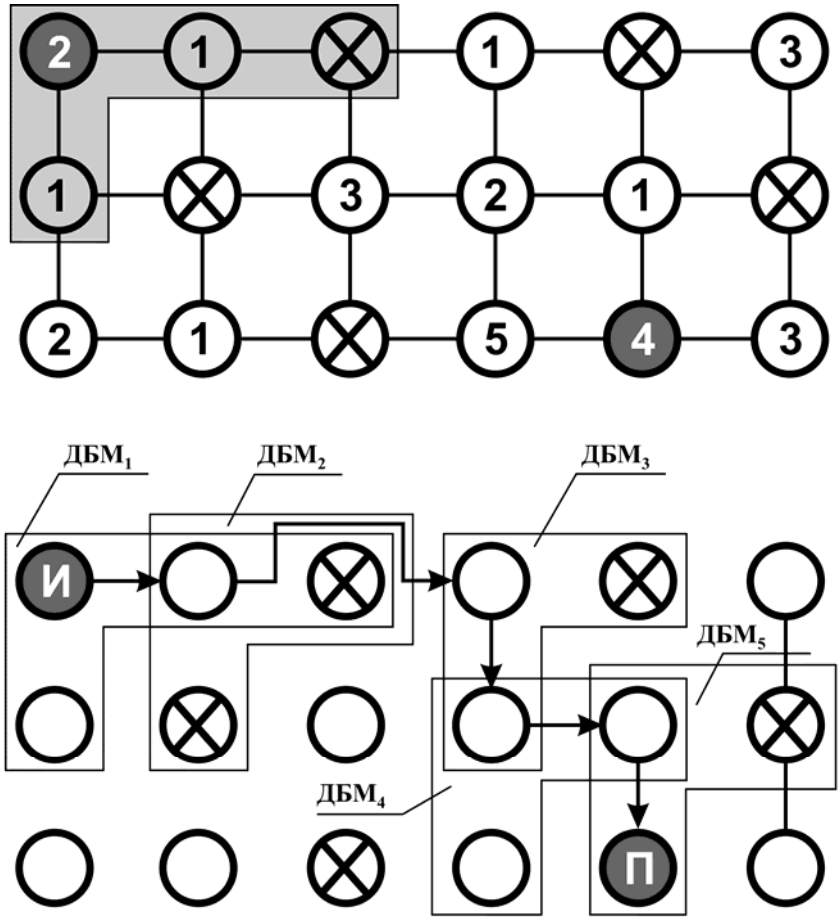
$$\Delta x = \left| j_{\text{пр}} - j_{\text{ист}} \right|.$$

Рисунок 2 иллюстрирует порядок выбора направлений передачи сообщения в соответствии с предлагаемым алгоритмом, а рис. 3 – пример маршрутизации с использованием ДБМ.

Сам алгоритм маршрутизации можно при этом записать в виде системы параллельных подстановок. Для одного из режимов работы, конкретно для ситуации приёма сообщения, данная система будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} a_{xx} * d_1 * b_{ij} \to R_{ij}; \\ R_{ij} = a_{xx} \cdot d_1, \end{cases}$$

где a_{xx} – адрес абонента; d_1 – виртуальный адрес сообщения; b_{ij} – характеристическая переменная.



ДБМ	ДБМ1	ДБМ2	ДБМ3	ДБМ4	ДБМ5
L_{ij}	2	1	1	2	1
Δx	4	3	1	1	0
f_{ij}	→	→	↓	→	↓

Рис. 3. Пример функционирования алгоритма маршрутизации с использованием динамических блоков

Таким образом, необходимо отметить, что в предложенном алгоритме маршрутизации, использующем лишь локально формируемые данные об отказах, не требуются дополнительные чрезмерные аппаратурные и алгоритмические затраты на их хранение и обработку.

1. Path Routing in Mesh Optical Networks / by Eric Bouillet. New York: Wiley, 2007. 304 p.

2. Малышев А.В., Старков Ф.А. Модифицированный алгоритм маршрутизации сообщений в матричных мультиконтроллерах // Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий ISDMIT-2007: сб. докл. междунар. науч. конф. (14–18 мая 2007 г.). Евпатория, 2007. С. 182–183.

Получено 26.10.12.

A.V. Malyshev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: alta76@yandex.ru, tel.: (4712) 58-71-22)

ALMOST ADAPTIVE APPROACH TO ROUTING MESSAGES IN THE MATRIX MULTIPROCESSOR BASED ON LOCAL ASSESSMENT OF HIS CONDITION

This paper presents an algorithm of fault tolerant routing, which uses the process of operation, dynamically changing blocks reachable, thus optimizing search party in multiprocessor without additional global settings to the communication layer.

Key words: *multiprocessor, routing, fault-tolerance.*

УДК 378.146

А.В. Ткаченко, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: tkachenko46@list.ru)

А.И. Ткаченко, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: tkachenkoai@list.ru)

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИЕЙ ОБУЧЕНИЯ

Рассматриваются модель и алгоритм управления индивидуальной траекторией обучения студентов в системах дистанционного образования.

Ключевые слова*: модель, алгоритм, дистанционное обучение, качество обучения, контроль уровня знаний, управление индивидуальной траекторией обучения.*

***

В последние годы в связи с быстрым расширением рынка дистанционного образования на передний план выходит проблема повышения качества обучения при освоении обучающимися программ повышения уровня знаний. Важным фактором здесь является соотношение продолжительности и результативности обучения. Например, при обучении по программам переподготовки или повышения квалификации обучающийся заинтересован в освоении программы обучения в короткие сроки. В этих условиях актуальной задачей является управление индивидуальной траекторией обучения.

Вопросы моделирования процессов управления обучением и построения алгоритмов обучающих воздействий рассматриваются в ряде работ, например [1, 2, 3], и список публикаций в настоящее время быстро расширяется. Проводятся исследования по созданию автоматизированных систем обучения с элементами искусственного интеллекта. Например, в работе [4] приводится математический аппарат и схема функционирования такой системы.

В ряде работ, например [7, 8], управление обучением рекомендуется осуществлять с учетом следующих показателей: количества задач; количества ответов; количества правильных и неправильных ответов; количества самостоятельных попыток исправления неправильного ответа; количества обращений за помощью.

Формирование компетенций (знаний, умений и навыков) происходит в процессе освоения учебной единицы, которую схематично можно представить в виде последовательности этапов.

На первом этапе производится освоение теоретических знаний из предметной области. Они являются основой практической стороны деятельности и представляют собой «идеальное выражение в знаковой форме объективных свойств и связей мира, природного и человеческого» [6, с. 150].

После освоения заданного объема знаний начинается следующий этап – формирование практических навыков: «действий, которые в результате длительного повторения становятся автоматическими» [6, с. 297].

На заключительном этапе формируются умения «способности человека выполнять предписанные действия на основе соответствующих знаний и навыков в новых условиях.

Система умений различного вида и является ядром компетенций» [6, с. 28].

В некоторых работах процесс обучения рассматривается как управляемый и контролируемый процесс решения учебных задач. Определение свойств учебных задач и консультирование по методам их решения осуществляются на основе идентификации знаний обучаемого на каждом шаге обучения. В процессе обучения должен соблюдаться принцип перехода от усвоения простого учебного материала к сложному. Переход к усвоению нового учебного материала осуществляется в случае успешного усвоения предыдущего материала.

В качестве основного компонента модели обучаемого используется вектор $P(k)=[P_1(k),P_2(k),...,P_j(k),...P_J(k)]$, где $P_j(k)$ – вероятность правильного применения операции y_i на k-м шаге обучения. Значение $P_j(k))$ осуществляется следующим образом. Для каждой операции y_j вводится N гипотез $H_i(i=1,2,...,N)$, соответствующих N состояниям обученности. Каждому i-му состоянию обученности соответствует условная вероятность $P(A_j/H_j)$ правильного применения операции y_j, в каждом из L_j ее применений равная $\frac{i}{N+1}$.

Гипотезы H_i образуют полную группу несовместимых событий, то есть имеет место: $\sum_{i=1}^{N} P_{ij}=1$, где P_{ij} – вероятность гипотезы H_i для операции y_j.

На каждом шаге обучения наблюдается событие $B_j(k)$, состоящее в правильном применении j-й операции $M_j(k)$ раз из $L_j(k)$ заданных.

Эта информация служит для пересчета вероятностей гипотез P_{ij} с помощью формулы Байеса.

Каждый k-й шаг обучения характеризуется априорным и апостериорным распределениями вероятностей гипотез состоянии обученности $P_{ij}^0(k)$ и $P_{ij}^1(k)$, связанных между собой следующей зависимостью:

$$P_{ij}^1(k)=\frac{P_{ij}^0(k)\times P(B_j(k)/H_j)}{\sum_{s=1}^{N} P_{sj}^0(k)\times P(B_j(k)/H_s)}, \quad (1)$$

где $P(B_j(k)/H_j)$ определяется по теореме Бернулли, то есть

$$P(B_j(k)/H_i) = \\ = C_{L_j(k)}^{M_j(k)} \times P(A_j/H_j)^{M_j(k)} \times \\ \times (1 - P(A_j/H_i))^{L_j(k)-M_j(k)}, \quad (2)$$

где $C_{L_j(k)}^{M_j(k)}$ – число сочетаний из $L_j(k)$ по $M_j(k)$.

Вероятность правильного применения операции y_j на k-м шаге определяется по формуле полной вероятности:

$$P(A_j(k)) = \sum_{i=1}^{N} P_{ij}^{1}(k) \times P(A_j/H_i). \quad (3)$$

Окончательная оценка $P_j(k)$ получается приведенным значением, вычисленным по формуле (2), до введенных состояний обученности.

Сложность задания определяется как: $S(k) = \sum_{j=1}^{J} L_j(k)$, где $L_j(k)$ – число операций y_j, используемых при его выполнении на k-м шаге обучения. Численные значения сложности задают экспертным путем.

Мера трудности задания $T(k)$ вводится как средняя доля ошибок, ожидаемых при выполнении задания:

$$T(k) = \frac{\sum_{j=1}^{J} q_j(k) \times L_j(k)}{\sum_{j=1}^{J} L_j(k)}, \quad (4)$$

где $q_j(k)$ – вероятность неправильного применения операции y_j на k-м шаге обучения.

Значения меры трудности задают по итогам экспертных оценок. В педагогической психологии доказывается, что трудность заданий должна быть ориентирована на знания среднего по уровню подготовки обучающегося. При этом на каждом шаге обучения трудность заданий должна возрастать. Данные по трудности заданий могут быть получены экспертным путем или путем статистической обработки результатов тестирования контрольной группы обучающихся.

Математически цель обучения задается в виде соотношений [5]:

$$Z: \begin{cases} P_j(k) \geq P_{jk}; \\ S(k) = S_{кон}; \\ t \to \min, \end{cases} \quad (5)$$

где P_{jk} – требуемое значение вероятности правильного применения операции;

$S_{кон}$ – требуемая сложность задачи в r-м классе задач;

t – время обучения.

Если достигнут заданный уровень обученности, то обучение заканчивается.

Процесс контроля знаний состоит из трех этапов: формирование вопросов для контроля знаний на основе контрольных заданий, хранящихся в базе данных; выдача их студенту и получение его ответа; по итогам выполнения контрольных заданий оценивания уровня знаний.

Определение и оценка уровня знаний представляет собой задачу распознавания, основанную на обучении. Решение проблемы оценивания состоит из трех этапов:

– определение параметров контроля (обучение), выполняемое до начала контроля знаний;

– сбор, анализ и/или преобразование данных, получаемых в процесс контроля (распознавание);

– выставление оценки по завершении контроля (распознавание).

В виде модели этот процесс показан на рисунке 1.

На первом этапе по результатам контрольного эксперимента определяются метаданные заданий (трудность, значимость и т.д.) и устанавливаются параметры контроля знаний (число вопросов, время на ответ и т.д.). Эти данные помещаются в систему контроля и используются на последующих этапах. На втором этапе идет сбор данных, полученных при выполнении контрольного задания обучающимся, и их предварительная обработка. На последнем этапе выставляется итоговая оценка.

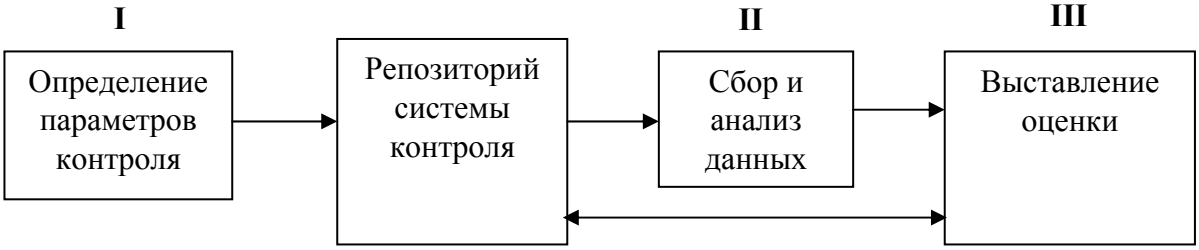


Рис. 1. Модель оценивания знаний при контроле

Процесс обучения рассматривается как управляемый и контролируемый процесс решения учебных задач. При дистанционной технологии обучения наиболее значительная доля контроля за усвоением изучаемого материала должна выполняться компьютеризированной системой обучения.

В процессе обучения необходимо соблюдать принцип перехода от решения простых учебных задач к сложным. Переход к усвоению нового учебного материала осуществляется в случае успешного усвоения предыдущего материала.

Определение свойств учебных задач и материалов для изучения предполагается осуществлять на основе идентификации знаний и умений обучаемого на каждом шаге обучения путем тестирования.

Каждый обучаемый может работать со своей индивидуализированной обучающей программой, которая от занятия к занятию изменяется и позволяет к моменту окончания обучения по данной дисциплине достичь поставленных целей и сформировать как интегральный, так и подробный (по заданным параметрам) портрет текущего уровня развития, обученности и перспектив дальнейшего профессионального становления обучаемого. Следовательно, обучающая система должна включать в свой состав подсистему управления ходом учебного процесса. Схема алгоритма показана на рисунке 2.

Алгоритм обучения состоит в следующем:

– осуществляется оценка начального уровня знаний обучаемого;

– на основании проверки знаний формируются основные параметры обучения;

– корректируется вектор незнания элементов обучающей информации;

– вычисляется уровень полученных знаний.

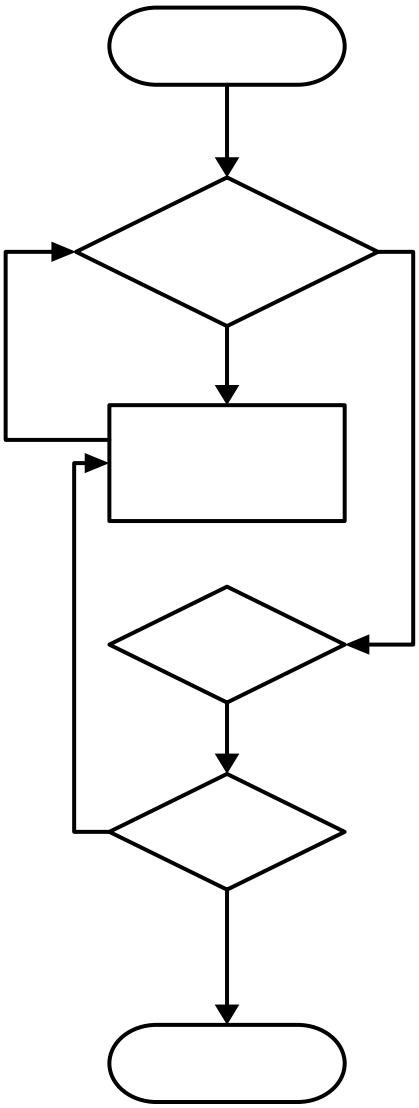


Рис. 2. Схема алгоритма управления индивидуальной траекторией обучения

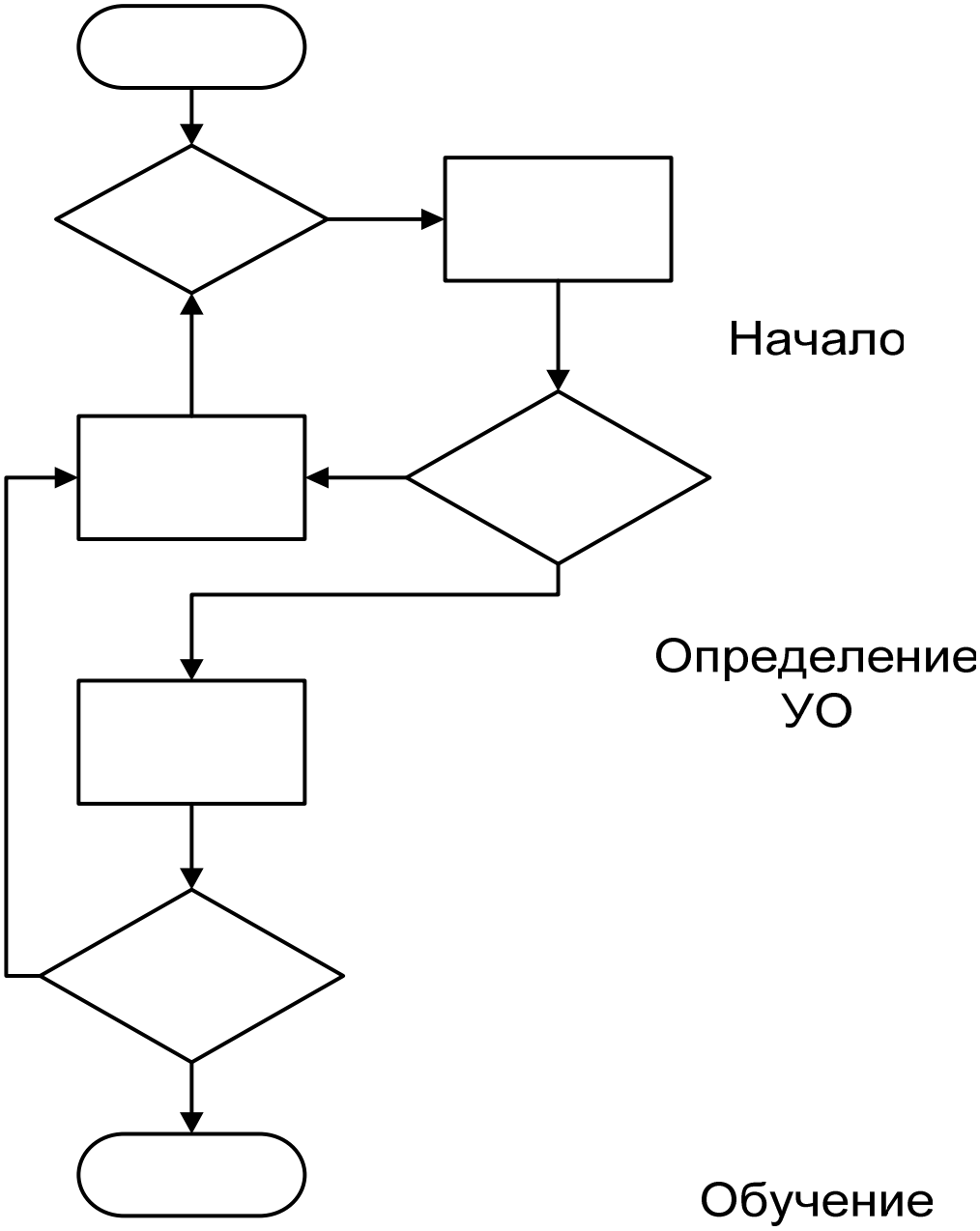


Рис. 3. Схема алгоритма управления индивидуальной траекторией обучения с учетом сложности заданий

Схема алгоритма управления индивидуальной траекторией обучения с учетом уровня сложности тестовых заданий показана на рисунке 3.

Из представленного на рисунке 3 алгоритма видно, что в зависимости от критерия качества обучения принимается решение: заканчивать обучение или по определенным правилам подбирать очередную порцию обучающей информации.

Алгоритм управления индивидуальной траекторией обучения насчитывает ряд шагов. На первом шаге определяется уровень подготовленности обучающегося. Затем обучаемый изучает теоретический материал и выполняет представляемые ему практические задания, формирующие у него знания, умения и навыки. После окончания изучения осуществляется оценка уровня подготовленности. На

Тест

Повышенная сложность

основании этой оценки обучаемому выдаются следующие задания, если уровень подготовленности ниже заданного, если не ниже заданного, процесс обучения заканчивается.

Разработанная модель управления индивидуальной траекторией обучения с учетом сложности и трудности заданий, представляемых обучаемому, может быть использована для разработки исследовательского программного комплекса.

Список литературы

1. Долинер Л.И., Пашкова Р.Р. Управление обучением и сервисные функции АСО АМОС // Применение ЭВМ для обеспечения учебного процесса и управления образованием. Свердловск, 1985.

2. Зайцева Л.В. Разработка и применение автоматизированных обучающих систем на базе ЭВМ. Рига: Зинатне, 1989. 174 с.

3. Растригин Л.А. Обучение с моделью // Вопросы кибернетики: Человеко-машинные обучающие системы. М., 1979. С. 40–49.

4. Галеев И.Х. Модель управления процессом обучения в ИОС [Электронный ресурс]. URL: http://ifets.ieee.org/ russian/depository/v13_i3/html/1r.htm.

5. Zaiceva L., Bule J., Kuplis U. Advanced e-learning system development. // Proceedings of the International Conference on Advanced Learning technologies and Applications (ALTA'03). 11-12 September. Kaunas: Lithuania, 2003. P. 14–18.

6. Философский словарь / под ред. И.Т. Фролова [и др.]. Изд. 5-е. М.: Изд-во полит. лит., 1987. 590 с.

7. Липатникова И.Г. Создание индивидуальной образовательной траектории как один из способов обучения студентов приёмам принятия решений // Фундаментальные исследования. 2009. № 5. С. 108–110.

8. Образование через всю жизнь: Непрерывное образование для устойчивого развития: тр. междунар. сотрудничества / сост. Н.А. Лобанов; под науч. ред. Н.А. Лобанова и В.Н. Скворцова; ЛГУ им. А.С. Пушкина, НИИ соц.-экон. и пед. пробл. непрерыв. образования. 2010. Т. 8. 652 с.

Получено 25.10.12.

A.V. Tkachenko, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tkachenko46@list.ru)

A.I. Tkachenko, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tkachenkoai@list.ru)

MODEL AND ALGORITHM OF MANAGEMENT OF INDIVIDUAL LEARNING PATHS

Discusses the model and the control algorithm individual learning paths of students in distance education.

***Key words**: model, algorithm, distance education, quality of teaching, level control, knowledge management, individual learning paths.*

УДК 517.711.3

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОСКИХ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Дано описание конечно-элементная модели решения плоских задач теории теплопроводности.

***Ключевые слова:** краевая задача, слабая форма краевой задачи, конечные элементы.*

***

Постановка краевой задачи о стационарном тепловом поле в конечной области (непрерывная задача)

В области Q необходимо рассчитать стационарное тепловое поле $T(x)$, где $x = \begin{pmatrix} x_1 & \cdots & x_n \end{pmatrix}^T$ – точка области (n<=3 размерность пространства), удовлетворяющее уравнению теплопроводности внутри области:

$$\operatorname{div}\left(\underline{\lambda} \cdot \overrightarrow{\operatorname{grad}}\,(T)\right) + Q = 0 \quad \text{в } \Omega, \quad (1)$$

где $\underline{\lambda}$ – квадратная симметрическая матрица (тензор) теплопроводности, по которой тепловой поток внутри области вычисляется согласно закону Фурье по формуле $\vec{\varphi} = -\underline{\lambda} \cdot \overrightarrow{\operatorname{grad}}(T)$, и краевым условиям на границе:

$$\left(\underline{\lambda} \cdot \overrightarrow{\operatorname{grad}}(T)\right) \cdot \vec{n} = q \quad \text{на } \partial\Omega_T; \quad (2)$$

$$T = T_d \quad \text{на } \partial\Omega_T. \quad (3)$$

Таким образом, на части $\partial\Omega_T$ задается тепловой поток, а на части $\partial\Omega_T$ – заданная температура. Величина потока на границе области в уравнении (2) может задаваться в форме

$$q = h\ \left(T_{ext} - T\right) + q_0, \quad (4)$$

где T_{ext} – температура внешней среды на бесконечности, h – коэффициент конвективного теплообмена, q_0 – дополнительный заданный поток, например, $q_0 = 0$.

Граничное условие (4) является линейным граничным условием типа конвекции и включает в себя, в частном случае $h = 0$, обычное задание потока на границе.

Непрерывная постановка задачи

В интегральной (слабой) форме используем пространство функций, в котором ищется решение

$$E_T = \left\{T \in H^1(\Omega) \mid T(x) = T_d(x), x \in \partial\Omega_T\right\},$$
$$E_\psi = \left\{\psi \in H^1(\Omega) \mid \psi(x) = 0, x \in \partial\Omega_T\right\}$$

и пространство пробных функций.

Найдем функцию $T \in E_T$, такую, что для всех так называемых пробных функций $\psi \in E_\psi$:

$$R(T) = \int_\Omega \psi \cdot Q \cdot dv + \int_{\partial\Omega_q} \psi \cdot q \cdot ds - \\ -\int_\Omega \overrightarrow{\operatorname{grad}}^T(\psi) \cdot \underline{\lambda} \cdot \overrightarrow{\operatorname{grad}}(T)\, dv = 0. \quad (5)$$

Величина $R(T)$ (так называемая невязка), которая при поиске температурного поля $T(x)$ минимизируется и должна быть обращена в 0.

Конечная аппроксимация непрерывной задачи по методу конечных элементов

При использовании метода конечных элементов область, где изучается процесс теплопередачи, разбивается на достаточно густую сеть конечных элементов, как показано на рисунке.

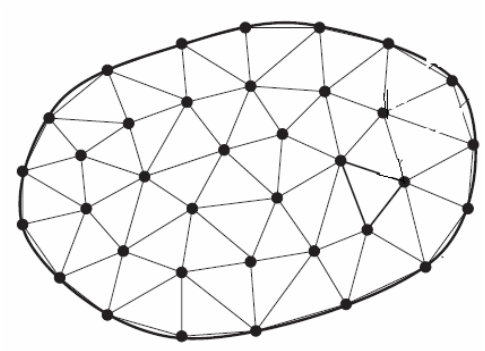


Рис. Разбивка области на конечные элементы

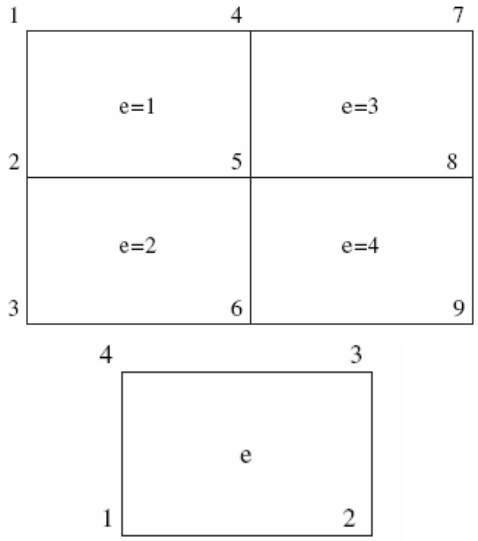
Используются следующие параметры сети: n_t – количество всех узлов сети; m – количество конечных элементов; $\{T\}$ – вектор столбец температур в узлах, глобальный вектор температур.

Для каждого конечного элемента e указывается число n_e – количество узлов в пределах данного элемента, для сетки, состоящей из треугольных элементов, например $n_e = 3$. Для каждого элемента e рассматривается вектор $\{T^e\}$ температур в узлах данного элемента, локальный вектор температур.

Переход от глобального вектора температур к локальному осуществляется с помощью матрицы связности $[A^e]$ по формуле $\{T^e\} = [A^e] \cdot \{T\}$, для связи локального и глобального векторов весовых функций эта матрица используется следующим образом: $\langle \psi^e \rangle = \langle \psi \rangle \cdot [A^e]^T$.

Матрица A^e задается для каждого элемента и имеет n_e строк и n_t столбцов, ее элементы равны 0 или 1 и имеют следующий смысл: $A^e_{i,j} = 1$, если узел i в пределах элемента e, т.е. при локальной нумерации, совпадает с узлом j в глобальном списке узлов.

Пусть, например, имеется следующая сеть и выделен элемент $e = 1$ со своей локальной нумерацией узлов:



Для элемента $e = 1$ матрица связности $[A^e]$ имеет следующий вид:

$$[A^e] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Внутри области, занятой конечными элементами, выполняем аппроксимацию температурного поля по формуле

$$\forall x \in \overline{\Omega^e}, \quad T(x) = \sum_{i=1}^{n_e} N_i^e(x) \cdot T_i^e. \qquad (6)$$

Данное выражение можно записать как произведение матрицы строки базисных функций на матрицу столбец значений температуры в узлах сетки, т.е. в виде $T(x) = \langle N^e(x) \rangle \cdot \{T^e\}$.

Такую же аппроксимацию мы производим для значений пробной функции внутри области:

$$\psi(x) = \sum_{i=1}^{n_e} \psi_i^e(x) \cdot T_i^e = \langle N^e(x) \rangle \cdot \{\psi^e\}. \qquad (7)$$

Вектор градиента температуры также аппроксимируется внутри конечного элемента через базисные функции и значения температуры в узлах:

$$x \in \Omega^e$$

$$\overrightarrow{\mathrm{grad}}(T(x)) = \sum_{i=1}^{n^e} \overrightarrow{\mathrm{grad}}(N_i^e(x)) \cdot T_i^e = \\ = \langle \overrightarrow{\mathrm{grad}}(N^e(x)) \rangle \cdot \{T^e\}. \qquad (8)$$

Чтобы аппроксимации (6) и (7), гладкие внутри конечных элементов, приводили к достаточно гладкой во всей области, т.е. порождали функции класса $H^1(\Omega)$, накладываются дополнительные условия конформности на систему базисных функций $N_i^e(x)$:

$N_i^e(x_j) = \delta_{i,j}$ – ортогональность в узлах сетки; $N_i^e(x) = 0$ – в любой точке

грани конечного элемента, не содержащей узел x_i.

При аппроксимации по базисным функциям в пределах каждого элемента компоненты уравнения (5) приобретают следующий вид:

$$\int_{\Omega} \psi \cdot Q \cdot dv = \sum_{e=1}^{m} \left\langle \psi^e \right\rangle \cdot \int_{\Omega^e} \left\{ N^e \right\} \cdot Q \cdot dv;$$

$$\int_{\partial\Omega_q} \psi \cdot q \cdot ds = \sum_{e=1}^{m} \left\langle \psi^e \right\rangle \cdot \int_{\partial\Omega^e \cap \partial\Omega_q} \left\{ N^e \right\} \cdot q \cdot ds;$$

$$\int_{\Omega} \overrightarrow{\mathrm{grad}}^T (\psi) \underline{\lambda} \cdot \overrightarrow{\mathrm{grad}}(T)\, dv =$$

$$= \sum_{e=1}^{m} \left\langle \psi^e \right\rangle \int_{\Omega^e} \left\{ \overrightarrow{\mathrm{grad}}^Y \left(N^e \right) \right\} \cdot \underline{\lambda} \cdot \overrightarrow{\mathrm{grad}}(T)\, dv.$$

При подстановке этих выражений в (5) невязка $R(T)$, которую требуется обнулить, приобретает вид

$$R(T) = \sum_{e=1}^{m} \left\langle \psi^e \right\rangle \cdot \left\{ R^e(T) \right\}, \text{ где}$$

$$\left\{ R^e(T) \right\} = \int_{\Omega^e} \left\{ N^e \right\} Q \cdot dv + \int_{\partial\Omega^e \cap \partial\Omega_q} \left\{ N^e \right\} q \cdot ds -$$

$$- \int_{\Omega^e} \left\{ \overrightarrow{\mathrm{grad}}^T \left(N^e \right) \right\} \cdot \underline{\lambda} \cdot \left\langle \overrightarrow{\mathrm{grad}} \left(N^e \right) \right\rangle \cdot \left\{ T^e \right\} dv \; -$$

компоненты общей невязки, обусловленные вкладами отдельных элементов.

Если все коэффициенты не зависят от температуры, т.е. имеет место линейная задача, то элементную невязку можно записать в виде

$$\left\{ R^e(T) \right\} = \left\{ F^e \right\} - \left[K^e \right] \cdot \left\{ T^e \right\},$$

где $\left[K^e \right]$ – квадратная $n_e \times n_e$ матрица проводимости элемента e и F_e – $n_e \times 1$ – вектор тепловых нагрузок.

Эти величины вычисляются следующим образом: $\left[K^e \right] = \left[N^e \right] + \left[H^e \right]$, где

$$\left[N^e \right] = \int_{\Omega^e} \left\{ \overrightarrow{\mathrm{grad}}^T \left(N^e \right) \right\} \cdot \underline{\lambda} \cdot \left\langle \overrightarrow{\mathrm{grad}} \left(N^e \right) \right\rangle dv \; -$$

компонента матрицы проводимости элемента, обусловленная эффектом теплопроводности;

$\left[H^e \right] = \int_{\partial\Omega^e \cap \partial\Omega_q} \left\{ N^e \right\} \cdot h \cdot \left\langle N^e \right\rangle \cdot ds$ – компонента матрицы проводимости элемента, обусловленная эффектом конвекцией теплоотдачи с границы элемента. Если данный эффект в реальности отсутствует, то полагают $h = 0$.

Вектор тепловых нагрузок элемента e вычисляется следующим образом:

$$\left[F^e \right] = \int_{\Omega^e} \left\{ N^e \right\} \cdot Q \cdot dv +$$

$$+ \int_{\partial\Omega^e \cap \partial\Omega_q} \left\{ N^e \right\} \left(h \cdot T_{ext} + q_0 \right) ds.$$

Данная формула описывает также случай, когда задан просто поток $q = q_0$ без конвективной составляющей, в этом случае полагают $h = 0$.

Процедура ассемблирования конечных элементов

Ассемблирование конечных элементов осуществляется с помощью матриц связности $\left[A^e \right]$ элементов следующим образом.

Общая невязка может быть записана в виде

$$\left\{ R(T) \right\} = \sum_{e=1}^{m} \left[A^e \right]^T \left\{ R^e(T) \right\} = \left\{ F \right\} - \left[K \right] \cdot \left\{ T \right\},$$

где $\left[K \right] = \sum_{e=1}^{m} \left[A^e \right]^T \left[K^e \right] \cdot \left[A^e \right]$ – глобальная матрица теплопроводности;

$\left\{ F \right\} = \sum_{e=1}^{m} \left[A^e \right]^T \left\{ F^e \right\}$ – глобальный вектор тепловых нагрузок.

Задача обнуления интегральной невязки $R(T) = 0$ сводится к системе n_t линейных алгебраических уравнений отно-

сительно неизвестных температур в узлах сетки:

$$[K]\cdot\{T\}=\{F\}. \qquad (9)$$

Далее решается различными методами система линейных алгебраических уравнений (9), решение которой позволяет получить ответы о характере и уровне физических процессов, изучаемых в данной задаче.

Характерной чертой системы (9) является большой размер и разреженность, а учет разреженности системы линейных алгебраических уравнений является важнейшей чертой конечно-элементных методов исследования практических задач.

Список литературы

1. Корнеев В.Г. Схемы метода конечных элементов высоких порядков точности. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1977. 205 с.

2. Лоран П.-Ж. Аппроксимация и оптимизация: [пер. с фран.]. М.: Мир, 1975.

3. Митчелл Э. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными: [пер. с англ.]. М.: Мир, 1981.

4. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов: [пер. с англ.]. М.: Мир, 1977.

Получено 29.10.12.

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

MATHEMATICAL SIMULATIONS OF PLANE HEAT CONDUCTION PROBLEM BY FINITE ELEMENT METHOD

The description of the finite-element model solutions of plane problems of the theory of heat conduction.
Key words: *boundary value problem, a weak form of the boundary value problem, finite elements.*

УДК 004.272.3

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

Д.О. Бобынцев, преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: daniel8728@yandex.ru)

Р.В. Бредихин, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (pycek@list.ru)

Ньян Лин, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: nyanlin@mail.ru)

АППАРАТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕЖПРОЦЕССОРНОЙ КООРДИНАЦИЕЙ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАМЯТЬЮ

Дан обзор известных методов управления межпроцессорными координационными взаимодействиями в параллельных вычислительных и управляющих системах с распределенной памятью, ориентированных на аппаратную реализацию.
Ключевые слова: *параллельные системы, распределенная память, межпроцессорные взаимодействия, координация, барьерная синхронизация, аппаратные средства.*

***

Как известно, межпроцессорное взаимодействие является одним из критических факторов, влияющих на производительность параллельных вычислительных систем [1]. К числу важнейших коммуникационных процедур, выполняемых в ходе межпроцессорного взаимодействия в системах широкого класса, относятся координационные процедуры и в их числе барьерная синхронизация. В её основе лежит понятие барьера [2]. Барьер можно рассматривать как логический разделитель в потоке управления параллельной программы, по достижении ко-

торого все (или некоторые) процессы (потоки) приостанавливают выполнение до тех пор, пока остальные процессы также не достигнут этого разделителя, с тем чтобы продолжить дальнейшее выполнение синхронно. Барьеры обычно используются с целью задания определенного порядка следования участков программного кода (ветвей параллельной программы) и не предусматривают передачи каких-либо данных для вычислений в процессорах. Различают глобальную и локальную барьерную синхронизацию. В первом случае в синхронизации участвуют все процессы параллельного приложения, выполняющиеся в системе в данными момент времени. Во втором случае участниками синхронизации является только часть процессов, образующих так называемую барьерную группу.

Процесс барьерной синхронизации принято разбивать на отдельные барьерные события (эпизоды). Каждое такое событие представляет собой один завершенный акт синхронизации процессов для одного барьера и включает две фазы. На первой фазе, называемой фазой *ожидания*, каждый процесс, участвующий в синхронизации, сообщает о своём достижении данного барьера и переходит в состояние ожидания. Сразу после перехода в состояние ожидания последнего процесса начинается вторая фаза синхронизации, называемая *активизацией*. В ходе этой фазы все процессы, ожидающие завершения данного барьера, получают сигнал, разрешающий им немедленно продолжить выполнение.

Барьерная синхронизация является не только одним из часто встречающихся видов межпроцессорного взаимодействия, но и считается базовой стандартной коммуникационной операцией параллельных программ, разрабатываемых в соответствии с современными стандартами параллельного программирования. Так, стандарт программирования систем с распределенной памятью MPI содержит процедуру MPI_Barrier, которая обеспечивает синхронизацию группы параллельных процессов, объединённых так называемым коммуникатором (барьерной группы) [3].

Практика показывает, что барьерная синхронизация значительно снижает степень параллелизма параллельных программ из-за необходимости ожидания процессами завершения барьерных эпизодов. С увеличением числа процессоров (процессов) в системе и с повышением связности реализуемых программ негативное влияние барьерной синхронизации на производительность существенно усиливается. Поскольку полностью исключить барьеры из параллельных программ рассматриваемого класса принципиально невозможно, основные усилия исследователей и разработчиков были направлены на минимизацию времени, затрачиваемого в среднем на один барьерный эпизод (т.е. среднего времени синхронизации).

За последние три десятилетия было разработано широкое многообразие методов, способов и средств барьерной синхронизации, используемых на различных уровнях параллелизма и ориентированных на параллельные вычислительные системы разных архитектурных классов. В зависимости от уровня реализации существующие решения можно разделить на три класса: программные [4-6], гибридные [7-9] и аппаратные [10-13]. Программные решения полностью базируются на использовании стандартного коммуникационного оборудования и протоколов и обычно представляются в виде набора специализированных системных утилит. Гибридный подход к барьерной синхронизации предполагает введение незначительных расширений в структуру стандартных коммуникационных аппаратных средств (например, барьерных регистров и логических схем), которые не меняют архитектуры коммуникационной среды вычисли-

тельной системы. Аппаратные решения, в противоположность гибридным, предусматривают введение отдельной управляющей коммуникационной сети, логически отображенной на стандартную (базовую) коммуникационную среду системы. Эта управляющая сеть может иметь такую же топологию, что и базовая среда, но может и отличаться от неё по топологии.

Будучи весьма гибкими, масштабируемыми и простыми, программно реализованные процедуры барьерной синхронизации, как правило, на 1-3 порядка медленнее аппаратно реализованных процедур и поэтому не используются в системах с распределенной памятью. Гибридные решения, как правило, базируются на стандартных коммуникационных протоколах, определяющих функционирование типовых коммуникационных сетей, и используют специализированные аппаратные средства на уровне отдельных узловых маршрутизаторов. Они имеют распределенный характер и топологически согласованы с вычислительной системой, что позволяет достичь высокой масштабируемости и гибкости среды барьерной синхронизации. Недостатками гибридного подхода являются: большие временные затраты на формирование и удаление барьерных групп; значительный поток служебных сообщений, не несущих никаких данных, обрабатываемых процессорными модулями (который стремительно возрастает с увеличением числа барьеров в программе и числа участников барьерных групп); сложность исключения блокировок и дисбаланса в коммуникационной сети.

Методы барьерной синхронизации, ориентированные на аппаратную реализацию, не предполагают выдачи дополнительных служебных сообщений в базовую коммуникационную сеть системы, поскольку управляющие межпроцессорные взаимодействия осуществляются через отдельную барьерную сеть (которая, как правило, многократно проще базовой сети). Для поддержки барьерной синхронизации на уровне каждого модуля вводятся специальные логические схемы и регистры, подключенные к барьерной сети. Различия между аппаратными решениями определяются главным образом топологией барьерной сети, а также логическими функциями объединения барьерных сигналов. Наиболее часто в их основе лежит сеть с шинной, кольцевой или древовидной топологией либо их комбинация.

Одна из распределенных аппаратных процедур барьерной синхронизации описана в работе [11]. Основу данной процедуры составляют древовидные структуры, определенным образом отображенные на матричную топологическую структуру. Каждая такая структура (называемая MDBS-сетью) строится из двух одноразрядных аппаратно реализованных деревьев. Первое из них (дерево И) реализует операцию ожидания завершения параллельных ветвей, второе (дерево ИЛИ) выполняет операцию сигнализации, в результате которой происходит активизация процессорных модулей, ожидающих завершения синхронизации. Построенная таким образом MDBS-сеть обеспечивает высокую скорость синхронизации и обладает низкой аппаратной сложностью, однако ее использование требует предварительного преобразования кода параллельной программы, которое приводит к существенному увеличению его длины. Для преодоления указанного недостатка MDBS-сеть предлагается модифицировать и строить на основе многоразрядных деревьев, узлы которых реализуют операцию нахождения максимума (max-дерево).

Следует отметить, что MDBS-сеть тривиально вкладывается в топологическую структуру матричной системы, обеспечивая хорошую масштабируемость. Каждый модуль сети является конфигурируемым, что позволяет дина-

мически формировать разнообразные конфигурации поддеревьев для синхронизации произвольных подгрупп параллельных ветвей. Сеть MDBS не требует размещения синхронизируемых процессов строго в рамках топологии барьерной среды. Напротив, сама среда динамически настраивается на заданное размещение параллельных ветвей. MDBS-сеть легко вкладывается в топологическую модель матричной системы, что обеспечивает её масштабируемость. Кроме того, MDBS-сеть обеспечивает высокую скорость синхронизации и низкую сложность реализации.

Основным недостатком MDBS-сети является невысокая гибкость в связи с необходимостью размещения синхронизируемых ветвей только в соседних модулях системы. На практике, однако, это требование зачастую невыполнимо. С одной стороны, при размещении задачи в системе часто не удается найти сплошную область достаточного размера и задаче приходится выделять несколько подобластей. С другой стороны, даже если задачи всегда назначаются на непрерывные области системы (что можно обеспечить на уровне операционной системы), заранее неизвестно, каким образом в них будут сгруппированы параллельные ветви.

Еще один распределенный аппаратный механизм барьерной синхронизации предложен в работе [10]. В отличие от MDBS-сети и других аналогичных подходов данный механизм не использует барьерных сред древовидной структуры. В его основе лежит барьерная среда с матричной топологией, узлы которой связаны операцией «логическое И». Процедура синхронизации в этой среде включает $n-1$ последовательно выполняемых фаз, где n – наибольший из размеров матрицы. В каждой из них происходит независимое взаимодействие четверок соседних модулей через элементы монтажной логики (распределение модулей по четверкам определяется их индексами в матрице). Взаимодействие сводится к выдаче единичных сигналов окончания параллельных ветвей и завершается, как только все модули четверки достигают текущий барьер. После этого сигналы завершения синхронизации распространяются в соседние четверки модулей. Как только все модули получат подтверждение о завершении синхронизации, начинается активизация требуемых модулей системы.

Рассмотренный механизм обеспечивает высокую скорость синхронизации. Сложность его реализации относительно невысока и не зависит от числа модулей системы. Существенным недостатком рассмотренного механизма является невысокая гибкость, обусловленная необходимостью размещения барьерных групп в областях прямоугольной конфигурации. Попытки преодоления данного ограничения приводят к резкому росту аппаратной сложности ячейки барьерной среды. Еще один недостаток данного подхода связан со сложностью его распространения на системы более высокой размерности (гиперкубы). Отметим, что MDBS-сеть, рассмотренная выше, обладает несколько большей гибкостью и допускает относительно простое расширение на гиперкубы.

Использование дерева логических элементов И при построении барьерной среды распределенных систем нашло своё дальнейшее развитие в механизме синхронизации, описанном в работах [14]. В данном механизме барьерные ячейки распределены между всеми модулями системы и соединены в древовидную структуру несколько иначе, чем в известных случаях.

Каждый эпизод синхронизации разделяется на фазу опроса и фазу запуска. В первой фазе происходит распространение единичного сигнала от инвертора через матрицу барьерных модулей. Каждый барьерный модуль пропускает единичный сигнал, если соответствующий ему процессор не участвует в данном барьерном эпизоде или уже завершил свою ветвь программы, а также получены еди-

ничные сигналы от соседних модулей. В противном случае на выходе барьерного модуля устанавливается нулевой уровень сигнала. Соответственно, появление единичного сигнала на входе инвертора означает достижение барьера всеми процессорами – участниками барьерной группы. Далее сигнал инвертируется и лавинообразно распространяется через матрицу барьерных элементов в направлении правого верхнего модуля, активизируя процессоры, ожидающие завершение синхронизации. Соответствие между текущим барьером и каждым процессором задается с помощью битовой маски. При синхронизации параллельных барьеров в системе необходимо наличие нескольких параллельно функционирующих деревьев.

Данный механизм характеризуется высоким быстродействием и возможностью динамической синхронизации, при этом ограничения на размещение участников барьерных групп в процессорной матрице отсутствуют. Недостатком его является невысокая гибкость, обусловленная необходимостью введения отдельного дерева синхронизации на каждый барьер (максимальное число которых заранее неизвестно и зависит от задачи). Кроме того, линии обратной связи «вокруг» процессорной матрицы нарушают однородность системы, усложняют ее реализацию (особенно интегральную) и ухудшают масштабируемость.

Модифицированный вариант описанного механизма синхронизации воплощен в параллельно-последовательном барьерном синхронизаторе, представленном в [15]. Изменение схем барьерных модулей и способа их соединения позволило устранить нерегулярность межмодульных связей. Сигналы завершения барьерного эпизода и запуска после достижения правого верхнего модуля распространяются обратно через матрицу элементов, а не по цепям обратной связи, как в предыдущем случае. Однако данный модифицированный механизм не устраняет основной недостаток базового варианта и по-прежнему характеризуется невысокой гибкостью, поскольку требует введение отдельного дерева синхронизации на каждый барьер. Также ему свойственная более высокая аппаратная сложность.

Анализ разработанных аппаратно-ориентированных методов барьерной синхронизации показывает, что их главным недостатком является невысокая гибкость, обусловленная разными факторами. Её повышение, по-видимому, должно стать предметом дальнейших исследований и разработок.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-2218.2011.8.

Список литературы

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 608 с.

2. Axelrod T.S. Effects of synchronization barriers on multiprocessor performance // Parallel Computing. 1986. № 3. P. 129–140.

3. MPI: A Message-Passing Interface Standard, Version 3.0 // Message Passing Interface Forum. September 21, 2012 [Электронный ресурс]. URL: http://www.mpi-forum.org/docs/docs.html (дата обращения: 25.11.2012).

4. Tsafrir D., Feitelson D.G. Barrier synchronization on a loaded SMP using two-phase waiting algorithms // Proc. Int'l Parallel Distrib. Processing Symp., 2002. P. 80–87.

5. Li J., Martinez J.F., Huang M.C. The thrifty barrier: energy-aware synchronization in shared-memory multiprocessors // Proc. 10th Int'l Symp. High Performance Computer Architecture, 2004. P. 14–23.

6. Tzeng N.-T., Kasula B., Hongyi Wu. Efficient barrier synchronization on wireless computing systems // Proc. 11th Int'l Conf. Paral. Distrib. Systems, 2005. P. 782–788.

7. Four-ary tree-based barrier synchronization for 2D meshes without nonmember involvement / H.Y. Youn, D. Han, D. Lee [et al.] // IEEE Trans. Comput. 2001. Vol. 50, № 8. P. 811–823.

8. Hindam T. Connecting the distributed hardware agents for barrier synchronization operation // Proc. Int'l Conf. Electrical, Electronic and Computer Engineering, 2004. P. 261–264.

9. Exploiting fine-grained data parallelism with chip multiprocessors and fast barriers / J. Sampson, R. González, J.-F. Collard [et al.] // Proc. 39th Annual IEEE/ACM Int'l. Symp. Microarchitecture, 2006. P. 235–246.

10. Delgado M. and Kofuji S. A Distributed Barrier Synchronization Solution in Hardware for 2D-Mesh Multicomputers // Proc. 3rd Int'l Conf. High Performance Computing, 1996. P. 368–373.

11. Ramakrishnan V., Scherson I.D., Subramanian R. Efficient techniques for nested and disjoint barrier synchronization // Paral. Distrib. Comput. 1999. Vol. 58, № 8. P. 333–356.

12. Cohen W.E., Hyde D.W., Gaede R.K. An optical bus-based distributed dynamic barrier mechanism // IEEE Trans. Comput. 2000. Vol. 49, № 12. P. 1354–1365.

13. Johnson T.A., Hoare R.R. Cyclical cascade chains: a dynamic barrier synchronization mechanism for multiprocessor systems // Proc. 15th Int'l Paral. Distrib. Processing Symp., 2001. P. 2061–2068.

14. Зотов И.В. Модель синхронизации параллельных управляющих процессов в микроконтроллерных сетях с матричной организацией // Автоматика и вычислительная техника. 2001. № 3. С. 44–55.

15. Пат. 2280887 Рос. Федерация, МКИ8 G 05 B 19/18, G 06 F 9/28. Микроконтроллерная сеть / Иванов А.А., Абдель-Джалил Дж.Н., Зотов И.В. [и др.]. № 2005104065/09; заявл. 15.02.05; опубл. 27.07.06, Бюл. № 21. 26 с.

Получено 26.10.12.

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

D.O. Bobyntsev, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: daniel8728@yandex.ru)

R.V. Bredikhin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: pycek@list.ru)

Nyan Lin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: nyanlin@mail.ru)

HARDWARE-LEVEL METHODS FOR CONTROLLING INTER-PROCESSOR COORDINATION IN DISTRIBUTED MEMORY PARALLEL SYSTEMS

A brief overview of existing hardware-level methods for controlling inter-processor coordination in distributed memory parallel computer and control systems is given.

Key words: *parallel systems, distributed memory, inter-processor communication, coordination, barrier synchronization, hardware.*

УДК 519.65

А.П. Локтионов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: loapa@mail.ru)

О ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ В ОБРАТНОЙ НАЧАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКЕ

На основе полиномиальной аппроксимации в численном дифференцировании исследована оптимизация погрешности в обратной начальной задаче при постоянной внешней нагрузке. Оптимизация достигается регуляризацией распределения первичных преобразователей.

Ключевые слова*: обратная начальная задача, численное дифференцирование, аппроксимация, погрешность.*

***

Введение

В технических приложениях по выходным сигналам первичных преобразователей решением обратной задачи вычисляют неизмеряемые входные данные расчетной схемы, уточняют граничные условия [1, 2]. Одна из проблем уточнения исходного расчета – учет особенностей начальных условий, допускающих их зависимость от внешней нагрузки.

В данной статье рассматриваются с точки зрения теории обратных задач лагранжева аппроксимация второй производной преобразуемой функции, определяемой преобразовательно-вычислительной системой как средством интерпретации результатов наблюдений. Первичные преобразователи размещаются вне зоны начальных условий, что позволяет исключить влияние на точность преобразования параметров начальных условий.

1. Постановка обратной преобразовательно-вычислительной задачи численного дифференцирования

Задаем преобразуемую функцию $y(x)$ результатами совместных измерений – конечными значениями (отсчетами) $y(x_i)$ на $[a, b]$ в узлах аппроксимации – точках x_i. Функция $y(x)$ есть решение начальной задачи с дифференциальным уравнением четвертого порядка

$$\mathrm{D}^4 y = f_\partial(x),\ x \in I, \qquad (1)$$

где внешняя нагрузка $f_\partial(x) = D_4 = \mathrm{const}$ на замкнутом промежутке $I = [0, l]$ задания решени; $\mathrm{D}^4 = d^4/dx^4$ – стационарный дифференциальный оператор четвертого порядка.

Для определенности в частных задачах для n отсчетов используем условия

$$0,05l = a \le x_0 < x_n \le b = 0,95l \qquad (2)$$

вне зоны начальных условий.

При отсутствии ступенчатой внешней нагрузки уравнения третьего порядка, сходного с уравнением (1), получаем начальную задачу

$$y''(x) = f_{2q}(x), \qquad (3)$$

где $D_2 = D_4 l^2/2$; $f_{2q}(x) = D_2(1 - x/l)^2$ – подлежащая определению функция – решение обратной начальной задачи.

Задача имеет частные решения:

$$y(x_i) = \xi_0 + \xi_1 x_i + f_{2q}(x)\frac{x_i^2}{2(1-x/l)^2}\gamma_i,$$

$$\gamma_i = 1 - \frac{2x_i}{3l} + \frac{x_i^2}{6l^2}, \qquad (4)$$

удовлетворяющие начальным условиям

$$y_0 = \xi_0,\ y_0' = \xi_1, \qquad (5)$$

где ξ_{i0} – значения начальных данных.

В [1] введено определение класса p-преобразования отсчетов $y^*(x_i)$ – линейного преобразования с равномерной непрерывной нормой абсолютной погрешности с одинаковой приведенной погрешностью ε_p отсчетов во всех отсчетных точках x_i и одинаковым пределом измерений y_p, равным верхней границе $\sup|y^*(x_i)|$ на компактном наборе вещественных чисел $\{y^*(x_0), \ldots, y^*(x_{n+1})\}$. При p-преобразовании для верхней границы абсолютного значения погрешности отсчетов выполняется соотношение

$$\Delta_m y(x_i) = \varepsilon_p y_p. \qquad (6)$$

Замечание 1. Рассматриваем технически реализуемые задачи, когда погрешность задания известных начальных данных решения удовлетворяет соотношениям

$$\Delta\xi_{00} \le \varepsilon_{py}|(a)|,\ \Delta\xi_{10} \le \varepsilon_{py}|(a)/a|, \qquad (7)$$

а также когда выполняется условие

$$|\xi_0 + \xi_1 x_i| << |y(x_i)|. \qquad (8)$$

Введем обозначения $\alpha_{il} = x_i/l$, $\alpha_l = x/l$, $b_l = b/l$. Тогда по решению (4)

$$f_{2q}(x)=\frac{2\left(y(x_i)-\xi_0-\xi_1 x_i\right)\left(1-\alpha_l\right)^2}{x_i^2\left(1-2\alpha_{il}/3+\alpha_{il}^2/6\right)}. \quad (9)$$

При условии (8) из уравнения (9) следует приближенное равенство

$$f_{2q}(x)\approx 2y(x_i)\frac{\left(1-\alpha_l\right)^2}{x_i^2\left(1-2\alpha_{il}/3+\alpha_{il}^2/6\right)}. \quad (10)$$

2. Решение обратной задачи численного дифференцирования с двумя узлами аппроксимации при неизвестном начальном данном ξ_1

Двух отсчетов $y(x_i)$ достаточно для определения производной f_{2q}, если значение одного из начальных данных известно ($\xi_0 = \xi_{00}$) и удовлетворяет условию (7), а значение другого начального данного ξ_1 неизвестно, или погрешность его задания не удовлетворяет условию (7), известно также значение параметра l. Тогда по (4)

$$\begin{aligned} y(x_i)&=\xi_{00}+\xi_1 x_i+\\ &+f_{2q}(x)x_i^2\gamma_i/2\left(1-\alpha_l\right)^2. \end{aligned} \quad (11)$$

Для того чтобы двучлен $\sum_{i=0}^{1}L_{12si}^{*}y(x_i)$ со значениями отсчетов (11) не был функцией неизвестной ξ_1, необходимо выполнить условие

$$\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}^{*}\alpha_{il}=0, \quad (12)$$

по которому принимаем

$$L_{12\sim 0}^{*}=-\alpha_1/\alpha_0,\ L_{12\sim 1}^{*}=1. \quad (13)$$

Тогда с учетом формулы (11) получаем выражение

$$\begin{aligned} &\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}^{*}y(x_i)-\xi_{00}\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}^{*}=\\ &=f_{2q}(x)\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}^{*}x_i^2\gamma_i\Big/2\left(1-\alpha_l\right)^2, \end{aligned} \quad (14)$$

не содержащее ξ_1.

Суммарная абсолютная погрешность определения $f_{2q}(x)$ по двум отсчетным точкам имеет вид

$$\Delta f_{2q}(x)=\frac{2\left(1-\alpha_l\right)^2\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}^{*}\Delta y(x_i)}{l^2\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}^{*}\alpha_{il}^2\gamma_i}, \quad (15)$$

а относительная погрешность

$$\delta f_{2q}(x)=\delta f_{2q}(x)\Big/\left|f_{2q}(x)\right|. \quad (16)$$

Вводим приведенное абсолютное число обусловленности задачи дифференцирования v_Δ, а также относительное число обусловленности задачи v_δ соотношениями

$$\begin{aligned} \Delta_m(f_{2q}(x))&\le (v_\Delta/l^2)\sup\Delta_m(y(x_i)),\\ \delta_m(f_{2q}(x))&\le v_\delta\,\varepsilon_p, \end{aligned} \quad (17)$$

где $\Delta_m(f_{2q}(x))$ и $\delta_m(f_{2q}(x))$ – соответственно граница абсолютного и относительного значения погрешности результата задачи.

Вводим соотношения

$$\gamma_b=1-2b_l/3+b_l^2/6,$$

$$\begin{aligned} \gamma_0&=1-2\alpha_{0l}/3+\alpha_{0l}^2/6,\\ \gamma_1&=1-2\alpha_{1l}/3+\alpha_{1l}^2/6. \end{aligned} \quad (18)$$

Утверждение 1. Пусть на участке [*a, b*] два отсчета функции (11) выполняются *p*-преобразованием, причем $y_p=y(x_1)$. Тогда приведенное абсолютное число обусловленности задачи определения второй производной $f_{2q}(x)$ представимо функцией

$$v_\Delta=2\left(1-\alpha_l\right)^2\sum_{i=0}^{1}\left|L_{12\sim i}^{*}\right|\Big/\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}^{*}\alpha_{il}^2\gamma_i, \quad (19)$$

принимающей наименьшее значение при α_{0l}, равном корню уравнения

$$\begin{aligned} &\alpha_{0l}^4-4\alpha_{0l}^3(2-b)/3+2\left(1-2b_l\right)\alpha_{0l}^2+\\ &+4b_l\alpha_{0l}-2\gamma_b b_l^2=0 \end{aligned} \quad (20)$$

на [*a, b*] и при

$$\alpha_{1l}=b_l. \quad (21)$$

Формула приведенного абсолютного числа обусловленности задачи имеет следующий вид:

$$\nu_{\Delta} = \frac{2\left(1-\alpha_l\right)^2\left(\alpha_{1l}+\alpha_{0l}\right)}{\alpha_{0l}\alpha_{1l}\left(\alpha_{1l}\gamma_1-\alpha_{0l}\gamma_0\right)}, \qquad (22)$$

откуда из условия $\left(\nu_{\Delta}\right)'_{\alpha_0} = 0$ получаем действительное алгебраическое уравнение (20), которое решаем численным способом для получения приведенной меры структурной абсолютной погрешности задачи редукции $(\nu_{\Delta})_{\min}$ – минимального числа обусловленности задачи, полученного регуляризацией компакта узлов аппроксимации.

Для варианта рассматриваемой задачи при $b_l = 0{,}95$, $\alpha_l = 0{,}05$, $\alpha_{1l} = 0{,}95$ приведенная абсолютная мера структурной погрешности $(\nu_{\Delta})_{\min} = 32{,}1$ при $\alpha_{0l} = 0{,}294$.

При отсутствии структурной оптимизации, в частности, минимизацией по координате α_{1l} функции (22) при $\alpha_l = 0{,}05$, приведенное абсолютное число обусловленности задачи, как следует из рисунка, где $\alpha = \alpha_{1l}$, возрастает до 50 при условии $0{,}60 < \alpha_{0l}$, $\alpha_{1l} = 0{,}95$ или $0{,}55 < \alpha_{0l}$, $\alpha_{1l} = 0{,}85$.

При определении второй производной $f_{2q}(0) = D_2$ в формуле (22) $\alpha_l = 0$, абсолютная мера структурной погрешности 35,5.

Утверждение 2. Пусть на участке [*a, b*] два отсчета функции (11) выполняются *p*-преобразованием, выполняется условие (10), причем $y_p = y(x_1)$. Тогда относительное число обусловленности задачи определения второй производной $f_{2q}(x)$ представимо функцией

$$\nu_{\delta f} = \frac{\alpha_{1l}\left(1-2\alpha_{1l}/3+\alpha_{1l}^2/6\right)\left(\alpha_{1l}+\alpha_{0l}\right)}{\alpha_{0l}\left(\alpha_{1l}\gamma_1-\alpha_{0l}\gamma_0\right)}. \qquad (23)$$

Регуляризируем данную задачу с относительным числом обусловленности (23) численным методом. Результат решения задачи – относительная мера структурной погрешности $(\nu_{\delta})_{\min} = 6{,}0$ при $\alpha_{0l} = 0{,}050$, $\alpha_{1l} = 0{,}121$.

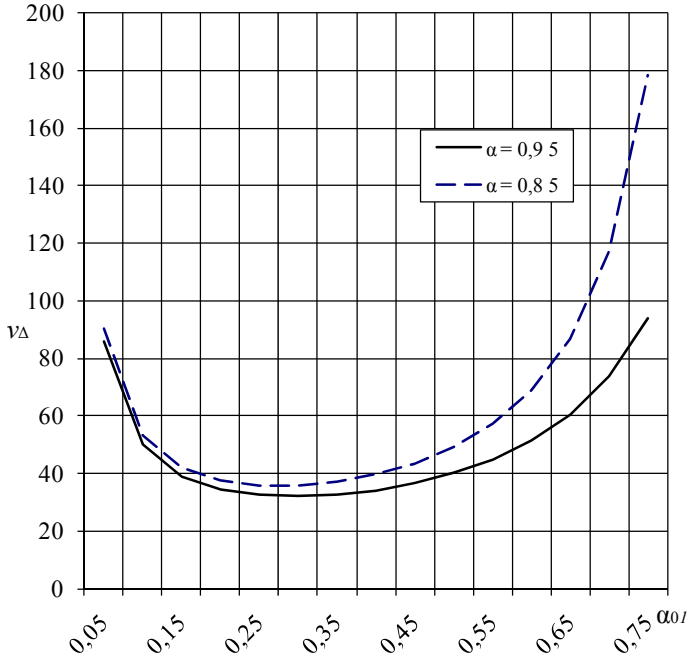


Рис. Влияние на абсолютное число обусловленности изменения координаты первого отсчета по формуле (22), $\alpha_l = 0{,}05$

Выводы

Представлена математическая модель обратной преобразовательно-вычислительной задачи численного дифференцирования с постоянной внешней нагрузкой с использованием полиномиальной аппроксимации с равномерной непрерывной нормой.

Получены численные значения приведенного абсолютного и относительного числа обусловленности задачи определения второй производной.

Основным результатом исследования является доказательство возможности практического определения значений производной с относительной мерой структурной погрешности, равной шести.

1. Локтионов А. П. Принцип построения системы управления исследованиями и испытаниями механических конструкций на основе редукции преобразований // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 6. С. 57–61.

2. Локтионов А.П. Регуляризация решетчатой временной функции сигнала канала связи // Телекоммуникации. 2010. № 8. С. 2–7.

Получено 31.10.12.

A.P. Loktionov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: loapa@mail.ru)

ON THE POLYNOMIAL APPROXIMATION IN NUMERICAL DIFFERENTIATION IN THE REVERSE OF THE INITIAL PROBLEM DURING THE CONSTANT EXTERNAL LOAD

On the basis of polynomial approximation in numerical differentiation there was studied optimization of error in the reverse of the initial problem at constant external load. Optimization is achieved by regularization of the distribution of primary converters.

Key words: *inverse initial the problem, numerical differentiation, approximation, error.*

УДК 004.896

С.А. Кужелева, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712)58-71-22)

К.А. Ткаченко, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (4712)58-71-22)

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АНАЛИЗА КОНКУРЕНТНЫХ СИТУАЦИЙ ВУЗА

Представлено обоснование выбора метода управления конкурентоспособностью вуза, позволяющего формализовать конкурентную ситуацию. Приводится описание основных алгоритмических средств анализа конкурентных ситуаций.

Ключевые слова: *конкурентоспособность, ситуационный анализ, алгоритмические средства.*

***

Необходимость адаптации вузов к сложившимся социально-экономическим условиям требует проведения системных исследований их внутренней и внешней среды. Для поддержания приемлемого уровня конкурентоспособности вуза в условиях демографического спада и снижения емкости рынка необходима систематическая работа, направленная на привлечение потребителей, на расширение занимаемой доли рынка по сравнению с конкурентами или, по крайней мере, на ее удержание на прежнем уровне.

Возникает проблема четкого установления вузом своих конкурентных позиций, определения и повышения уровня конкурентоспособности. При выборе системы показателей для оценки конкурентоспособности вуза необходимо учитывать региональные особенности рынка образовательных услуг: состояние и перспективы экономического развития ре-

гиона; большое число вузов-конкурентов, реализующих широкий спектр образовательных услуг; наличие вузов-монополистов по ряду направлений подготовки специалистов в различных областях народного хозяйства.

Поэтому деятельность вузов характеризуется повышенной сложностью процессов управления с учетом множества неполной, неточной, в том числе преднамеренно искаженной информации.

Под конкурентоспособностью вуза будем понимать состояние (конкурентную ситуацию) образовательной системы, оцениваемое по внешним и внутренним нормативным показателям.

Метод управления конкурентоспособностью должен учитывать:

– региональные особенности конкурентных условий вуза;

– многоаспектность исследуемых процессов и их взаимосвязанность;

– отсутствие возможности полной формализации всех состояний конкурентной среды;

– возможность обработки данных, представленных в разнотипных шкалах;

– учитывать изменчивость большинства показателей во времени;

– учитывать, что конкурентоспособность объекта динамична и для объективной оценки ее текущего уровня нельзя применять лишь статические показатели;

– учитывать тот факт, что полученные исходные данные могут быть ненадежными (неточными, неполными, зашумленными, противоречивыми и искаженными) и др.

При работе с объектами, с которыми сталкивается теория управления, не всегда существует возможность использования для управления ими традиционных методов и приемов. Проблема состоит в самом описании уникального объекта управления, учета в этом описании не только его специфической структуры и функционирования, но и поведения людей, и возможности эволюции объекта во времени.

При управлении конкурентоспособностью вуза наиболее целесообразным является использование подхода, основанного на методе ситуационного управления. Общая схема ситуационного управления, рассмотрена в работах [1, 2].

Метод ситуационного управления основан на введении понятия ситуации, классификации ситуаций и их преобразовании. Будем называть текущей ситуацией на объекте управления совокупность всех сведений о структуре объекта управления и его функционировании в данный момент времени.

Будем называть полной ситуацией совокупность, состоящую из текущей ситуации, знаний о состоянии системы управления в данный момент и знаний о технологии управления.

Будем обозначать полные ситуации через Si (i – отличительный номер ситуации), а текущие ситуации – через Qj (j – отличительный номер ситуации). Пусть в распоряжении системы управления имеется *n* различных способов воздействия на объект управления (одношаговых решений). Каждое такое решение мы будем обозначать как U_k (k – отличительный номер воздействия). Элементарный акт управления можно представить в следующем виде:

$$Si;\ \ Qj \underset{Uk}{\Rightarrow} Q_t$$

Если на объекте управления сложилась ситуация и состояние системы управления и технологическая схема управления, определяемые Si, допускают использование воздействия U_k, то оно применяется, и текущая ситуация Qj превращается в новую ситуацию. Подобные правила преобразования в дальнейшем называются логико-трансформационными правилами (ЛТП) или корреляционными правилами. Полный список ЛТП задает возможности системы управления

воздействовать на процессы, протекающие в объекте.

Очевидно, что в силу конечности числа различных воздействий все множество возможных полных ситуаций как-то распадается на n классов, каждому из которых будет соответствовать одно из возможных воздействий на объект управления. Другими словами, должны существовать такие процедуры, которые позволили бы классифицировать полные ситуации так, чтобы из них можно было образовать столько классов, сколько различных одношаговых решений есть в распоряжении системы управления. Эти процедуры можно назвать процедурами классификации. Если для некоторых полных ситуаций невозможно в силу не слишком хорошего знания как объекта, так и влияния воздействий на него, указать единственное одношаговое решение, то можно пока включить эту ситуацию в несколько классов.

Но из-за такого пересечения классов возникнет задача выбора того или иного решения из числа возможных для данной полной ситуации. Для осуществления подобного выбора нужны специальные процедуры экстраполяции последствий принятия того или иного решения. С их помощью можно на основании знаний об объекте управления и его функционировании заранее оценить результаты применения выбранного воздействия и сравнить полученные прогнозы для всех возможных для данной полной ситуации воздействий.

Фактически из-за сложности большинства объектов управления нет надежды на то, что исходные знания о них и способах управления ими будут достаточно полны. Поэтому система управления подобного типа принципиально должна быть открытой системой. Она должна иметь возможность корректировать свои знания об объекте и методах управления им. В работе такой системы управления имеется два этапа: этап обучения и настройки и этап работы.

На первом этапе в проект системы закладывается значительное количество субъективной информации об объекте управления и процедурах управления им. Это коллективный опыт тех людей, которые выполняли свои обязанности при управлении объектом.

Схемы управления конкурентоспособностью на практике не имеют универсальных решений. Выработка решений в виде стратегии функционирования производится с учетом располагаемых вузом ресурсов и текущей ситуации на рынке образовательных услуг. При управлении конкурентоспособностью возникает множество ситуаций, число которых несоизмеримо велико по сравнению с множеством решений по управлению. Между тем задача принятия решений может трактоваться как задача поиска такого разбиения множества ситуаций на классы, при котором каждому классу соответствует решение, наиболее целесообразное с точки зрения заданных критериев функционирования. При этом возникает необходимость решения конкретных задач, в описании которых содержатся качественные неопределенности и использование критерия оптимизации функции цели затруднительно.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для управления конкурентоспособностью вуза целесообразно использовать подход, основанный на принципах ситуационного управления, который подразумевает выявление проблемных ситуаций и выполнение различных преобразований имеющейся информации в управленческие решения, приводящие к их разрешению.

Используя общий подход к разработке модели исследуемой предметной области (M), определим ее пятеркой

$$M=\langle R,C,D_{вх},D_{вых},Z\rangle,$$

где $R=\{r_k, k=1, K\}$ – множество информационных компонентов, характеризующих состояние системы S_{vuz};

$C=\{c_m, m=1,M\}$ – множество воздействий конкурентной среды, существенных для системы S_{vuz};

$D_{вх}=\{d_{вхg}, g=1,G\}$ – множество входных данных, характеризующих состояние системы S_{vuz};

$D_{вых}=\{d_{выхq}, q=1,Q\}$ – множество выходных данных, характеризующих ситуации в конкурентной среде;

$Z=\{z_e, e=1,E\}$ – множество аналитических зависимостей, обеспечивающих по данным $D_{вх}$ формирование выводов.

С целью создания алгоритмических средств анализа конкурентных ситуаций разработан ряд алгоритмов подготовки и обработки данных, описание которых приводится ниже.

Например, входными данными алгоритма идентификации и ранжирования конкурирующих специальностей вуза по программам высшего профессионального образования с учетом их востребованности на рынке образовательных услуг является (0,1)-матрица, в которой по столбцам j описываются вузы, а по строкам i – специальности. Особенность обработки (0,1) – матрицы сводится к поиску по содержимому, заключающемуся в определении позиций логической единицы при вычислений показателей степени активности рынка по специальности (SR) и степени пересечения специальностей (SK).

При этом i = 1,m; j = 1,n,

где m – общее количество специальностей в исследуемом вузе;

n – количество вузов в конкурентной среде.

$$SR_i = \sum_{j=1}^{n} P_{i,j}, \quad i = 1, m,$$

где SRi – степень активности рынка по специальности i;

$P_{i,j}$ – элемент (0,1) матрицы;

$P_{i,j} = 1$, если вуз j ведет подготовку по специальности i;

$P_{i,j} = 0$, если вуз j не ведет подготовку по специальности i.

$$SK_j = \sum_{i=1}^{m} P_{i,j}, \quad j = 1, n,$$

где SK_j – степень пересечения специальностей с j-м конкурентом.

Ранжирование специальностей производится в порядке убывания их востребованности на рынке образовательных услуг (SVi) в пределах следующих групп:

1) конкурирующие специальности с растущей востребованностью на рынке образовательных услуг: если $SR_i > 0$ и $\Delta SV_i>0$;

2) конкурирующие специальности со снижающейся востребованностью на рынке образовательных услуг: если $SR_i > 0$ и $\Delta SV_i\leq 0$;

3) монопольные специальности с растущей востребованностью на рынке образовательных услуг: если $SR_i = 0$ и $\Delta SV_i>0$;

4) монопольные специальности со снижающейся востребованностью на рынке образовательных услуг: если $SR_i = 0$ и $\Delta SV_i\leq 0$.

$$SVi = Ki/K_{общ}, \quad i = 1, m,$$

где Ki – количество заявлений, поданных абитуриентами при поступлении в исследуемый вуз по специальности i;

$K_{общ}$ – общее количество заявлений, поданных абитуриентами при поступлении в исследуемый вуз.

$$\Delta SV_i = SV_{i\ (в\ отчетном\ году)} - SV_{i\ (в\ базисном\ году)}.$$

При реализации алгоритма идентификации конкурентных позиций вузов и основных конкурентов рассчитывается доля рынка $Д_j$ каждого вуза j, j=0,n, где n – количество вузов в конкурентной среде.

Далее для удобства представления данных производится ранжирование вузов по значению $K_{Дj} \in \{0,1\}$:

$$K_{Дj} = Д_j / Д_{max},$$

где $К_{Дj}$ – коэффициент занимаемой доли рынка,

$Д_j$ – доля рынка вуза j, j=0, n;

$Д_{max}$ – доля рынка с максимальным значением данного показателя.

Идентификация вузов по занимаемым конкурентным позициям проводится на основе анализа значений $Д_j$. Для описания выделенных 4 групп конкурентных позиций вузов используется лингвистическая переменная $poz_j \in$ {«Аутсайдер», «Слабая», «Средняя», «Сильная»}. Границы конкурентных позиций устанавливаются в соответствии с законом вариации средних величин, т.к. группы являются неоднородными. Определяется группа конкурентной позиции исследуемого вуза N и выполняется процедура идентификации основных конкурентов.

Основными являются все прямые конкуренты за исключением вузов, для которых значения лингвистической переменной poz_j= «Аутсайдер» и poz_j=«Слабая», если N=«Сильная»; poz_j=«Аутсайдер», если N= «Средняя». Вуз j является прямым конкурентом, если $SK_j > SK_{cp}$, где SK_{cp} – среднее значение SK.

Особенностью алгоритма идентификации конкурентов по степени влияния их активности на изменение конкурентных позиций исследуемого вуза является применение метода цепных подстановок. При этом используется обобщенная факторная модель, которая имеет вид

$$Д = ЧС_0 / \sum_{j=0}^{n} ЧС_1,$$

где $ЧС_0$ – численность студентов исследуемого вуза ($ЧС_J$ для j=0);

$ЧС_J$ – численность студентов вуза j, j=0,n;

n – количество вузов в конкурентной среде.

В основе алгоритма идентификации типа текущей конкурентной ситуации лежит анализ значений показателей конкурентной среды и конкурентного потенциала вуза, определенные при реализации 1-3 этапов метода. Тип текущей конкурентной ситуации оценивается на основе логического вывода по схеме «И-ИЛИ».

Таким образом, алгоритмы идентификации и ранжирования конкурирующих специальностей, идентификации конкурентных позиций вузов и основных конкурентов, идентификации конкурентов по степени влияния их активности на изменение конкурентных позиций исследуемого вуза позволяют сформировать алгоритмические средства анализа конкурентных ситуаций и определить возможности транспозиции ситуаций для достижения целей управления с учетом состояния конкурентного потенциала вуза.

1. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. М.: Энергия, 1974.

2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М: Наука, 1986.

Получено 30.10.12.

S.A. Kuzheleva, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 58-71-22)

K.A. Tkachenko, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 58-71-22)

ALGORITHMIC TOOLS FOR ANALYSIS OF THE COMPETITIVE SITUATION OF HIGH SCHOOL

Presented by the rationale for the choice of the method of management competitiveness of high school, which allows to formalize the competitive situation. The basic algorithmic tools to analyze competitive situations were described.

Key words: *competitiveness, situation analysis, algorithmic approaches.*

УДК 681.2

В.М. Емельянов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: emelianov@nm.ru)

Л.А. Пимнева, д-р хим. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: l.pimneva@mail.ru)

В.В. Емельянов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: wemelyanov@yandex.ru)

И.И. Шуклин, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: shuklin@nm.ru)

А.А. Моисеев, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: anton.anatolievic.moiseev@qmail.ru)

Т.В. Алпеева, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tanja-alpeeva@rambler.ru)

А.А. Канунников, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: kanunnikov.aleks@mail.ru)

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОМЕРНЫХ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ КОНТАКТНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Выполнена оценка адекватности и достоверности математического моделирования многомерных автокорреляционных характеристик надежности контактных наноструктурированных сверхпроводящих элементов. Разработаны программы оценки адекватности и достоверности при различной корреляции и автокорреляции. Основу оценки адекватности и достоверности составляет критерий Смирнова. Рассматриваются положительные коэффициенты корреляции и автокорреляции, при которых наработка до отказа снижается на 3 порядка. При отрицательных многомерных коэффициентах корреляции и автокорреляции наработка до отказа значительно повышается на 2-3 порядка.

Ключевые слова: *надежность, сверхпроводимость, контактные наноструктурированные сверхпроводящие элементы, корреляция, автокорреляция.*

***

Проверка адекватности и достоверности моделирования параметров надёжности межсоединений многослойных контактных наноструктурированных сверхпроводящих элементов (МКЭНСП) путём сравнения результатов прогнозирования с результатами эксперимента на изучаемом объекте будут представлять собой активный эксперимент [1]. В связи с высокой стоимостью и длительностью ресурсных испытаний межсоединений МКЭНСП необходимое количество данных моделируется по характеристикам имеющихся значений сопротивлений МКЭНСП.

Исходя из формулировки расчёта надежности по вероятности одного отказа, рассматриваются значения сопротивлений, вероятность выхода на отказ которых максимальна. Таким образом, представляет интерес множество значений R, удовлетворяющих требованию $R \in \Omega\left(R = \max\left(R_j\right)\right)$, где j – количество плат, Ω – множество всех значений сопротивлений. С целью идентификации закона распределения максимальных значений сопротивления межсоединений проводилось имитационное моделирование нескольких партий по 100 плат каждого типа.

В процессе обработки значений сопротивлений межсоединений формируется объединённый вектор сопротивлений межсоединений слоёв МКЭНСП. Характеристики закона распределения значений этих векторов для нескольких МКЭНСП определяются с помощью разработанной программы [1].

Проведём соответствие смоделированных значений сопротивлений межсоединений для одной МКЭНСП со значениями, полученными в результате моделирования для 100 МКЭНСП (рис. 1). Так как смоделированных значений сопротивлений межсоединений значительно больше, то плотность их распределения шире экспериментальных значений.

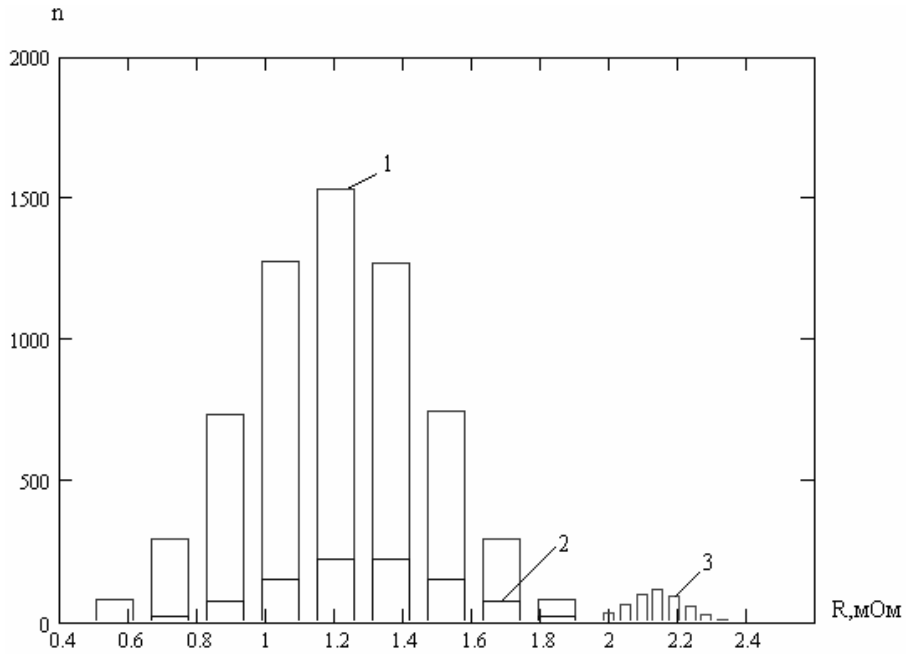


Рис. 1. Гистограммы значений сопротивлений межсоединений МКЭНСП: 1 – гистограмма значений сопротивлений межсоединений, полученных при помощи моделирования 100 МКЭНСП (масштаб по оси ординат 1:15); 2 – гистограмма смоделированных значений сопротивлений межсоединений для одной МКЭНСП; 3 – гистограмма максимальных значений сопротивлений межсоединений (масштаб по оси ординат 5:1).

Для смоделированных МКЭНСП вычисляется наработка до отказа с учётом и без учёта корреляционной взаимосвязи электрического сопротивления межсоединений МКЭНСП и сравнивается с наработкой, полученной по экспериментальным значениям сопротивлений межсоединений. Проверка осуществляется по критерию Смирнова:

$$\left|m_x^* - m_x\right| \le \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}},\ \frac{\sigma_x^{*\,2}}{\sigma_x^{\,2}} \le q, \qquad (1)$$

где m_x^*, m_x – математические ожидания (МО) исследуемого параметра по результатам эксперимента и моделирования соответственно; σ_x^*, σ_x – среднеквадратические отклонения исследуемого параметра по результатам эксперимента и моделирования соответственно; q – табличное значение критерия Смирнова.

С учётом взаимосвязи $\left|3{,}499\times10^7 - 3{,}375\times10^7\right| \le \frac{3{,}375\times10^7}{\sqrt{100}}$ или $1{,}24\times10^5 \le 3{,}4\times10^6$;

без учёта взаимосвязи $\left|1{,}803\times10^9 - 1{,}899\times10^9\right| \le \frac{1{,}899\times10^9}{\sqrt{100}}$ или $9{,}6\times10^7 \le 1{,}9\times10^8$;

по среднеквадратическим отклонениям: с учётом взаимосвязи $\left(\frac{3{,}499\times10^7}{3{,}375\times10^7}\right)^2 \le 1{,}24$ или $1{,}23 \le 1{,}24$;

без учёта взаимосвязи $\left(\frac{1{,}803\times10^9}{1{,}899\times10^9}\right)^2 \le 1{,}24$ или $0{,}9 \le 1{,}24$.

Вышеизложенные результаты подтверждают стационарность построенных математических моделей как с учётом, так и без учёта взаимосвязи значений электрических сопротивлений межсоединений.

Оценка адекватности математической модели надёжности межсоединений МКЭНСП основана на следующем свойстве экспериментальных значений сопротивлений межсоединений. Вычисляется сумма векторов электрических сопротивлений межсоединений:

$$\begin{pmatrix} R_{\Sigma 1} \\ R_{\Sigma 2} \\ \vdots \\ R_{\Sigma n} \end{pmatrix} = \sum_{j=1}^{m} \begin{pmatrix} R_{1j} \\ R_{2j} \\ \vdots \\ R_{nj} \end{pmatrix}, \qquad (2)$$

где n – количество межсоединений на МКЭНСП, m – количество слоёв.

Вычисляется СКО σ_Σ полученного вектора $\overrightarrow{R_\Sigma}$. Затем вычисляется квадратичная форма вектора $\overrightarrow{R_\Sigma}$ без учёта взаимосвязи электрических сопротивлений межсоединений:

$$k_{\Sigma n} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \sigma_j^2}, \qquad (3)$$

где σ_j – СКО значений сопротивлений межсоединений j-го слоя МКЭНСП, и с учётом взаимосвязи электрических сопротивлений межсоединений

$$k_{\Sigma з} = \sqrt{\vec{\sigma}^T \cdot \vec{r} \cdot \vec{\sigma}}, \qquad (4)$$

где $\vec{r}$ – корреляционная матрица значений электрических сопротивлений межсоединений слоёв. При этом для некоррелированных данных величины σ_Σ, $k_{\Sigma n}$ и $k_{\Sigma 3}$ равны; при $r \neq 0$ соответственно $\sigma_\Sigma = k_{\Sigma 3} \neq k_{\Sigma n}$. Следовательно, вектор $\overrightarrow{R_\Sigma}$ учитывает взаимосвязь электрических сопротивлений межсоединений слоёв.

Исходя из этого для вектора $\overrightarrow{R_\Sigma}$ с коэффициентом корреляции r=0 и коэффициентом корреляции экспериментальных значений сопротивлений межсоединений вычисляется наработка до отказа. При этом зависимость наработки до отказа межсоединений от коэффициента корреляции, рассчитанная по вектору $\overrightarrow{R_\Sigma}$, приведена на рис. 2.

Тогда по выражениям (1) при проверке адекватности по математическим ожиданиям: с учётом взаимосвязи $\left|3,591\times10^7 - 3,499\times10^7\right| \le \frac{3,499\times10^7}{\sqrt{119}}$ или $9,2\times10^5 \le 3.2\times10^6$;

без учёта взаимосвязи $\left|3,591\times10^7 - 1,803\times10^9\right| \le \frac{1,803\times10^9}{\sqrt{119}}$ или $1,767\times10^9 \ge 3.21\times10^8$;

при некоррелированных данных $\left|2,025\times10^9 - 1,803\times10^9\right| \le \frac{1,803\times10^9}{\sqrt{119}}$ или $2,22\times10^8 \le 3.21\times10^8$;

по среднеквадратическим отклонениям: с учётом взаимосвязи $\left(\frac{3,591\times10^7}{3,499\times10^7}\right)^2 \le 1,24$ или $1,05 \le 1,24$; без учёта взаимосвязи $\left(\frac{3,591\times10^7}{1,803\times10^9}\right)^2 \le 1,24$ или $0,001 \le 1,24$;

при некоррелированных данных $\left(\frac{2,025\times10^9}{1,803\times10^9}\right)^2 \le 1,24$ или $1,23 \le 1,24$.

Следовательно, без учета взаимосвязи сопротивлений межсоединений слоёв математическая модель адекватна по среднеквадратическим отклонениям и математическим ожиданиям только для некоррелированных данных, тогда как с учётом взаимосвязи – адекватна по рассматриваемым критериям.

Достоверность процесса моделирования значений параметров надёжности межсоединений МКЭНСП для коррелированных и некоррелированных значений электрического сопротивления межсоединений МКЭНСП подтвердилась путем проверки попадания моделируемых значений наработки до отказа межсое-динений $T_к = 3,499\times10^7$ ч и $T_н = 1,803\times10^9$ ч в доверительные интервалы $\left[2,27\times10^7 \;\cdots\; 3,77\times10^7\right]$ ч и $\left[7,56\times10^8 \;\cdots\; 2,25\times10^9\right]$ ч.

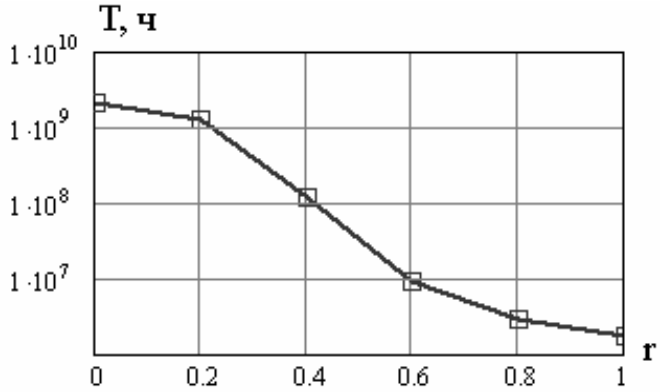


Рис. 2. Зависимость моделируемого значения наработки до отказа межсоединений от положительного коэффициента автокорреляции сопротивлений межсоединений слоёв

Исследования выполнены при финансировании Министерством образования и науки РФ.

1. Емельянов В.М., Шуклин И.И., Емельянов В.В. Управление надежностью межсоединений многослойных печатных плат. Корреляционные и автокорреляционные параметры межсоединений и процессов наноповерхностной термодиффузии: монография // LAP LAMBERT Academic Publiscing GmbH & Co. KG, Saarbrucken, Germany, 2012. С. 188

Получено 01.11.12.

V.M. Emeljanov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: emelianov@nm.ru)

L.A. Pimneva, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: l.pimneva@mail.ru)

V.V. Emeljnov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: wemelyanov@yandex.ru)

I.I. Shuklin, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: shuklin@nm.ru)

A.A. Moiseev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: anton.anatolievic.moiseev@qmail.ru)

T.V. Alpeeva, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tanja-alpeeva@rambler.ru)

A.A. Kanunnikov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kanunnikov.aleks@mail.ru)

ESTIMATION OF ADEQUACY AND RELIABILITY OF MATHEMATICAL MODELLING MULTIVARIATE AUTOCORRELATION CURVES OF DEPENDABILITY CONTACT NANO THE RETICULATED SUPERCONDUCTING ELEMENTS

The estimation of adequacy and reliability of mathematical simulation of multidimensional autocorrelated performances of reliability contact the nanoreticulated superconducting elements is executed. Programs of an estimation of adequacy and reliability are developed at various correlation and autocorrelation. The ground of an estimation of adequacy and reliability is made with criterion Smirnov. Positive coefficients of correlation and autocorrelations at which the mean lifetime decreases on 3 orders are considered. At negative multidimensional coefficients of correlation and autocorrelations a mean lifetime considerably raises on 2-3 orders.

Key words: *reliability, superconductivity, contact the nanoreticulated superconducting elements, correlation, autocorrelation.*

УДК 681.3

О.Ф. Корольков, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: POVT55@mail.ru)

В.О. Королькова, инженер, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: POVT55@mail.ru)

УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ МНОЖЕСТВОМ ОБЪЕКТОВ

Рассматривается работа и изменения, которые необходимо внести в два универсальных устройства обработки символьной информации для модифицированной продукционной алгоритмической системы А.А. Маркова, позволяющие реализовать продукционные алгоритмы для управления множеством объектов.

Ключевые слова: *управляющий продукционный алгоритм, композиции, скорость обработки, модифицированный продукционный алгоритм.*

***

Введение

Развитие вычислительной техники требует новых подходов к организации алгоритмических, программных и аппаратных средств, ориентируемых на обработку символьной информации (ОСИ). ОСИ используется в таких областях, как принятие решений, интеллектуальный анализ данных, структурное распознавание образов, обработка естественных и формальных языков, в частности языков программирования. В работе рассматривается алгоритмическая система модифицированных продукций А.А. Маркова. В частности, для систем управления был реализован продукционный алгоритм, реализующий управляющий автомат. Цель данной статьи заключается в рассмотрении принципов работы устройств, реализующих продукционные алгоритмы, с помощью которых можно управлять множеством объектов.

Принципы реализации устройств символьных вычислений

Основные положения теории обработки символьной информации на основе модифицированных продукций приведены в работах [1, 2, 3, 4], а важные для данной статьи положения теории нормальных модифицированных алгоритмов рассматриваются в [3, 5].

В работе [3] был рассмотрен продукционный алгоритм, моделирующий работу автомата Мура, рассмотрим, например, граф автомата Мура (рис. 1).

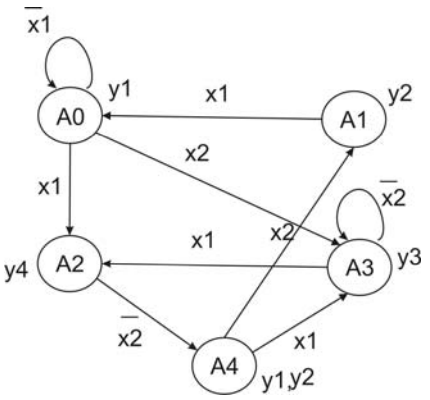


Рис. 1. Граф автомата Мура

Обозначим буквы входного и выходного алфавита следующим образом: входные x1-X1; $\overline{X1}$-X2; x2-X3; $\overline{X2}$-X4; выходные y1-У1; y2-У2; y3-Y3; y1,y2-Y4; y4-Y5.

Используя [3], построим продукционный алгоритм А.А. Маркова, реализующий заданный автомат Мура, который будет состоять из трех блоков.

Первый блок композиции

1 →* A0

Второй блок композиции

2	A0X1 → Y5A2	
3	A0X3 → Y3A3	
4	A0X2 → Y1A0	(1)
5	A1X1 → Y1A0	
6	A2X4 → Y4A4	
7	A3X1 → Y5A2	
8	A3X4 → Y3A3	

9 A4X1 → Y3A3

10 A4X4 → Y2A1

Третий блок композиции

11 φ →*.

Служебный символ «*» в продукции с номером 11 продукционного алгоритма (1) обозначает продукцию, завершающую свою работу после однократного срабатывания, а φ – алфавитная переменная, принимающая свои значения на алфавите внутренних состояний автомата.

Продукционные модифицированные алгоритмы представляют собой конечный список продукций и переходов на их множестве. Каждая из продукций в общем случае задается словом вида

$$M1i: \gamma i \rightarrow \beta j : M2j, \qquad (2)$$

где γi (образец), βj (модификатор) – цепочки символов заданного рабочего алфавита; M1i, M2j – метки (натуральные числа) перехода на определенные номера продукций из списка алгоритма, причем переход на вторую метку происходит в том случае, кода обнаружено вхождение образца в обрабатываемое слово, а на первую в противном случае.

Можно провести модификацию [4] продукционного алгоритма (1) и каждую продукцию записать с метками перехода.

В работе [5] представлены устройства для реализации модифицированных алгоритмов с одним и двумя блоками памяти для обрабатываемого слова (ОС). Структурная схема устройства с двумя блоками памяти для обрабатываемого слова представлена на рис. 2.

Структурная схема устройства с одним блоком памяти для ОС представлена на рисунке 3.

Рассмотрим работу, которую должен выполнять управляющий автомат, реализованный в виде продукционного алгоритма. Такой автомат управляет множеством одинаковых объектов, которые могут находиться в различных состояниях, но управляться по одному и тому же алгоритму. Реализованный в виде продукционного алгоритма автомат получает сигнал XI, обрабатывает его и в результате посылает сигнал YI. Чтобы идентифицировать объект с каждым XI, связывается уникальный номер. Сигналы XI от разных объектов по скоростному каналу (каналам) поступают в буфер устройства, а затем оттуда выбираются устройством. Необходимо провести исследование, в ходе которого можно выяснить, каким количеством объектов может управлять реализуемый автомат. Отведем этому количеству объектов столько же адресов от единицы до N (число объектов). Продукционный алгоритм будут соответственно записываться после N по старшим адресам.

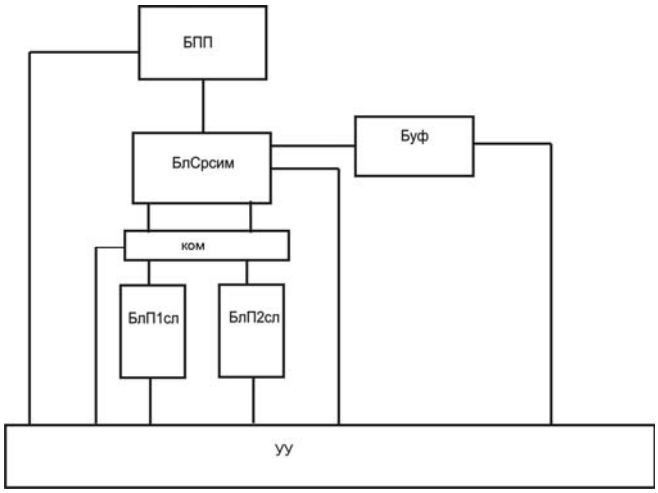


Рис. 2. Структурная схема устройства с двумя блоками памяти для обрабатываемого слова: УУ – устройство управления; БПП – блок памяти продукций; БП1сл, БП2сл – блоки памяти обрабатываемого слова; Ком – коммутатор; БлСрсим – блок сравнения символов; Буф – буфер

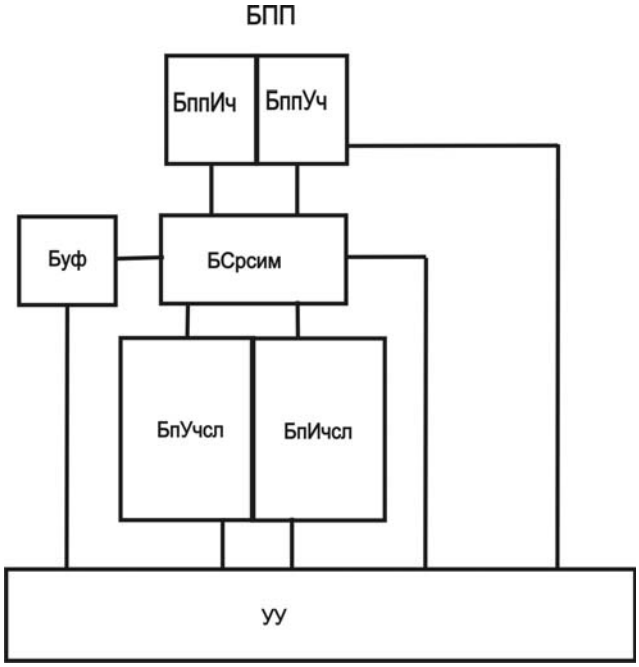


Рис. 3. Структурная схема устройства с одним блоком памяти для ОС:
УУ – устройство управления; БПП – блок памяти продукций; ПлПсл – блок памяти ОС;
БлАнал – блок анализа символов; Буф – буфер

Обрабатываемое слово будет состоять из состояния AI и сигнала XI. На очередном шаге работы устройства выбирает из буфера сигнал XI. По его уникальному номеру, используя его как адрес, из памяти обрабатываемого слова выбирается предыдущее состояние AI. По этому же номеру из памяти продукций выбираем адрес очередной продукции, а уже затем по этому адресу выбирается сама продукция, сначала образец для сравнения с образованным словом, затем модификатор. Два символа слова (состояние AI и сигнал XI) и продукция (образец) записываются в два регистра для обрабатываемого слова и два для образца, после сравнения и замены на модификатор имеем выходной сигнал YI и новое состояние AI. Уникальный номер сигнала XI связываем с выходным сигналом YI и записываем в канал, а состояние по этому адресу – в память слова, адрес перехода на очередную продукцию алгоритма записываем в память продукций по тому же адресу.

Устройство рисунка 3 имеет два байта памяти в отличие от устройства рисунка 2, что увеличивает адресное пространство (запись состояния и адрес продукции). Кроме того, необходимо скорректировать устройство управления и добавить четыре регистра и отдельный компаратор.

Заключение

Таким образом, предложен способ реализации продукционных алгоритмов управления множеством объектов на устройствах ОСИ. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы в дальнейшем при разработке процессоров обработки символьной информации.

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. К вопросу решения проблемы автоматической генерации кода программ по заданному управляющему продукционному алгоритму / О. Корольков [и др.] // В мире научных открытий. 2012. № 1(25). С. 220–236.

4. Методы и алгоритмы ветвящихся продукционных вычислений в информационных системах / Корольков О.Ф. [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. 123 с.

5. 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.

Получено 12.11.12.

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) (e-mail: POVT55@mail.ru)

THE DEVICE FOR PRODUCTION ALGORITM OF MANY OBJECTS CONTROL REALIZATION

The work and changes, which must be implemented in two universal devices of symbolic information processing for modified algorithmic Markov's system letting the realization of production algorithms for many objects controling, are considered.

Key words: *controlling production algorithm, composition, processing speed, modified production algorithm.*

УДК 621.391, 621.396

М.А. Рогачев, научный сотрудник НИЦ, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск)
(e-mail: maxvavs@yandex.ru, тел.: (906) 572-21-52).

Р.Г. Щербина, канд. техн. наук, начальник отдела НИЦ, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск)

О.В. Яковлев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет
(e-mail: yacovlevoleg@yandex.ru, тел.: (920)700-17-71)

СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТРАСТНОГО ПРИЗНАКА НАЛИЧИЯ МНОГОЛУЧЕВОГО ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

Предложен способ выделения контрастного признака многолучевого сигнала с амплитудной и фазовой манипуляцией. Способ позволяет оценить количество лучей многолучевого сигнала, относительные амплитуды и временные задержки между ними. Способ может быть использован для сокращения времени «слепого» выравнивания переходной характеристики канала с помощью адаптивных эквалайзеров.

Ключевые слова*: способ, оценка, корреляционная, многолучевой, слепая обработка, фильтр.*

***

В настоящее время для построения сетей связи широко используются цифровые радиорелейные линии связи. С целью повышения их пропускной способности и частотно-энергетической эффективности применяются сигналы с многопозиционными видами модуляции и шириной спектра до 85 МГц. Многолучевое распространение таких сигналов в канале с типовой городской застройкой приводит к возникновению межсимвольной интерференции (МСИ) и искажениям их спектра. Такие искажения являются причиной снижения отношения сигнал/шум и невозможности демодуляции принимаемых сигналов. Для борьбы с частотно-селективными замираниями сигнала в приемном оборудовании цифровых радиорелейных станций используются трансверсальные фильтры (эквалайзеры), которые выделяют наиболее сильный сигнал и подавляют остальные его копии, тем самым снижая степень воздействия.

В настоящее время для настройки весовых коэффициентов эквалайзера применяются алгоритмы, различаемые по наличию априорной информации о принимаемом сигнале [1], наиболее перспективными являются стохастические алгоритмы «слепого» выравнивания [2], так как позволяют уменьшить объем передаваемой служебной информации. Однако алгоритмы слепого выравнивания уступают алгоритмам, использующим тесто-

вую последовательность, в скорости сходимости.

Для увеличения оперативности адаптации «слепого» эквалайзера предлагается использовать способ предварительной оценки параметров сигнала на наличие многолучевости, количества дискретных компонент многолучевого сигнала, относительных амплитуд и временных задержек между его компонентами.

В качестве контрастного признака наличия многолучевости используется экстремумы усредненной автокорреляционной функция принимаемого сигнала. Рассмотрим более подробно предлагаемый способ.

Реализация сигнала на выходе канала на интервале времени наблюдения описывается выражением [1]

$$s(t)=\sum_{p=1}^{M}A_p\cdot g(t-p\cdot T)+n(t), \qquad (1)$$

где M – число импульсов, наблюдаемых на интервале наблюдения $T_н$;

T – период следования импульсов;

a_p – амплитуда p-го импульса;

$g(t)$ – базовая форма импульса [2].

Спектр реализации сигнала определяется преобразованием Фурье (1):

$$S(\omega)=\int_0^{T_H}s(t)\cdot e^{-j\cdot\omega\cdot t}dt. \qquad (2)$$

Подставим в выражение (1) выражение (2):

$$S(\omega)=$$
$$=\int_0^{T_H}\left[\sum_{p=1}^{M}A_p\cdot g(t-pT)+n(t)\right]\cdot e^{-j\cdot\omega\cdot t}dt=$$
$$=G(\omega)\sum_{p=1}^{M}A_p\cdot e^{-j\cdot\omega\cdot T\cdot p}+N(\omega). \qquad (3)$$

Найдем спектральную плотность мощности принимаемого сигнала:

$$\left|S(\omega)\right|^2=\left|G(\omega)\cdot\sum_{p=1}^{M}A_p\cdot e^{-j\cdot\omega\cdot T\cdot p}+N(\omega)\right|^2=$$
$$=G^2(\omega)\cdot\left[\sum_{p=1}^{M}A_p\cdot e^{-j\cdot\omega\cdot T\cdot p}\right]^2+N^2(\omega)+$$
$$+N(\omega)G^*(\omega)\cdot\sum_{p=1}^{M}A_p^*\cdot e^{j\cdot\omega\cdot T\cdot p}+$$
$$+N^*(\omega)G(\omega)\cdot\sum_{p=1}^{M}A_p\cdot e^{-j\cdot\omega\cdot T\cdot p}. \qquad (4)$$

Рассмотрим первое слагаемое и перепишем его в виде

$$G^2(\omega)\cdot\left[\sum_{p=1}^{M}A_p\cdot e^{-j\cdot\omega\cdot T\cdot p}\right]^2=G(\omega)^2\times$$
$$\times\left(\sum_{p=1}^{M}A_p^2+2\cdot\sum_{p=1}^{M-1}\sum_{q=1}^{M-p}A_p\cdot A_{p+q}\cdot\cos(q\cdot\omega\cdot T)\right). \qquad (5)$$

Найдем усредненный энергетический спектр сигнала по N реализациям:

$$\left\langle\left|S(\omega)\right|^2\right\rangle=\frac{1}{N}\cdot\sum_{v=1}^{N}\left|S_v(\omega)\right|^2. \qquad (6)$$

В результате усреднения в выражении (4) остается первое и второе слагаемое, а последние два слагаемых принимаем равным нулю, так как математическое ожидание произведения двух независимых случайных величин равно произведению математических ожиданий, а шум на выходе канала описывается гауссовским законом распределения с нулевым средним [2].

Подставим выражение (5) в выражение (6), в результате получим выражение, которое раскроем, воспользовавшись свойством математического ожидания:

$$\left\langle\left|S(\omega)\right|^2\right\rangle=G(\omega)^2\times$$
$$\times\left(\begin{array}{l}\sum_{p=1}^{M}\left\langle A_p^2\right\rangle+\\+2\cdot\sum_{p=q}^{M-1}\sum_{q=1}^{M-p}\left\langle A_{pq}A_{p+q)}\right\rangle\cdot\cos(q\cdot\omega\cdot T)\end{array}\right)+$$
$$+\left\langle N^2(\omega)\right\rangle, \qquad (7)$$

где $\left\langle A_{pi} A_{p(i+q)} \right\rangle = \dfrac{\sum_{p=1}^{N} A_{pi} A_{p(i+q)}}{N}$.

Таким образом, выражение усредненного энергетического спектра (7) будет представлять собой сумму мощности шума с произведением энергетического спектра базового импульса длительностью T на корреляционную функцию сигнала.

Из выражения (7) следует, что если амплитуды отсчетов независимы, то при $N \to \infty$ слагаемое, стоящее под знаком суммы в выражении (7), стремится к нулю, тогда выражение (7) можно упростить и записать в следующем виде:

$$\left\langle \left| S_p(\omega) \right|^2 \right\rangle = G(\omega)^2 \cdot M \cdot \left\langle A_p^2 \right\rangle + \left\langle N^2(\omega) \right\rangle. \quad (8)$$

Выражение (8) описывает спектральную плотность мощности базового импульса (пример спектра на выходе трехлучевого канала распространения приведен на рисунке 1).

Проведем анализ выражения (9) на примере двухлучевого сигнала, причем один из сигналов представляет собой задержанную по времени на $qT_{такт}$ и ослабленную на коэффициент К копию другого сигнала.

$$s(t) = n(t) + \\ + \sum_{i=1}^{M} \left(A_i \cdot g_i(t - t_i) + K \cdot A_{i-q} \cdot g_i(t - t_{i-q}) \right). \quad (9)$$

В этом случае усредненная спектральная плотность мощности сигнала будет описываться выражением:

$$\left\langle \left| S_p(\omega) \right|^2 \right\rangle = \left\langle N^2(\omega) \right\rangle + G(\omega)^2 \times \\ \times \begin{bmatrix} M \left\langle A_p^2 \right\rangle + \\ 2 \cdot (M - q) \cdot K \cdot \left\langle A_p^2 \right\rangle \cdot \cos(\omega \cdot T \cdot q) \end{bmatrix}. \quad (10)$$

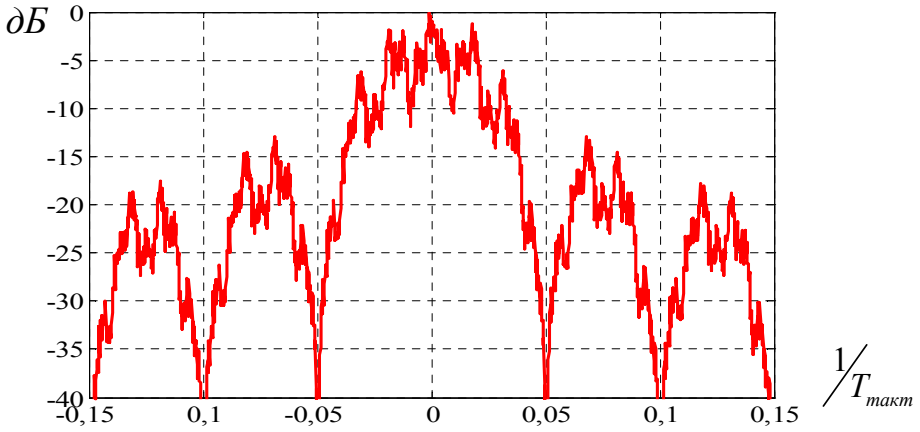


Рис. 1. Вид усредненного энергетического спектра сигнала в трехлучевом канале

Анализ полученного выражения и вида усредненного энергетического спектра сигнала показывает, что усредненный энергетический спектр в двухлучевом канале представляет собой сумму постоянной и гармонической составляющих. Постоянная составляющая определяется суммой мощностей всех лучей в многолучевом сигнале, амплитуда гармонической составляющей определяется коэффициентом корреляции между первым и вторым лучом, а скорость изменения её фазы определяется задержкой между лучами в канале. Из этого следует, что для определения задержки между лучами в канале необходимо повторно применить преобразование Фурье к выражению усредненного энергетического спектра (7):

$$\int_{-\infty}^{\infty}\left\langle\left|F_p(\omega)\right|^2\right\rangle e^{j\omega t}d\omega=\int_{-\infty}^{\infty}\left(\frac{\sin(\omega\cdot T/2)}{\omega/2}\right)^2 M\cdot\left(\left\langle A_{pi}^2\right\rangle+\left\langle n_{pi}^2\right\rangle\right)e^{j\omega t}d\omega+$$

$$+\int_{-\infty}^{\infty}\left(\frac{\sin(\omega\cdot T/2)}{\omega/2}\right)^2 2\cdot\sum_{p=1}^{M-1}(M-p)\left\langle A_i A_{i+p}\right\rangle\cdot\cos(p\cdot\omega\cdot T)\cdot e^{j\omega t}d\omega. \quad (13)$$

С учетом формулы Эйлера и интегрального выражения треугольного импульса второе слагаемое (13) запишется следующим образом:

$$\frac{1}{2\pi}\cdot\sum_{q=1}^{M-1}(M-q)\left\langle A_{pi}A_{p(i+q)}\right\rangle\left[\begin{cases}T-|t-qT|, & |t-qT|\le T\\ 0, & |t-qT|>T\end{cases}+\begin{cases}T-|t+qT| & |t+qT|\le T\\ 0 & |t+qT|>T\end{cases}\right]. \quad (14)$$

Как видно из (14), обратное преобразование усредненного энергетического спектра позволяет по положению экстремумов оценить временные задержки, а по его значению в точке экстремума – относительные амплитуды между сигналами в многолучевом канале.

В частном случае для трехлучевого канала преобразование Фурье, взятое от усредненной спектральной плотности мощности сигнала, показано на рисунке 2.

Аналогичные результаты путем математического моделирования получены для сигналов с модуляциями ФМ-2, ФМ-4, КАМ-16, КАМ-64, АФМ-32.Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что для сигналов с фазовой и амплитудной манипуляцией автокорреляционная функция принимаемого сигнала позволяет:

– классифицировать сигнал как многолучевой при наличии более одного треугольного импульса;

– определить количество лучей в многолучевом сигнале по количеству треугольных импульсов;

– определить взаимные задержки между компонентами многолучевого сигнала по положению треугольных импульсов;

– определить относительные амплитуды компонент многолучевого сигнала по амплитудам треугольных импульсов.

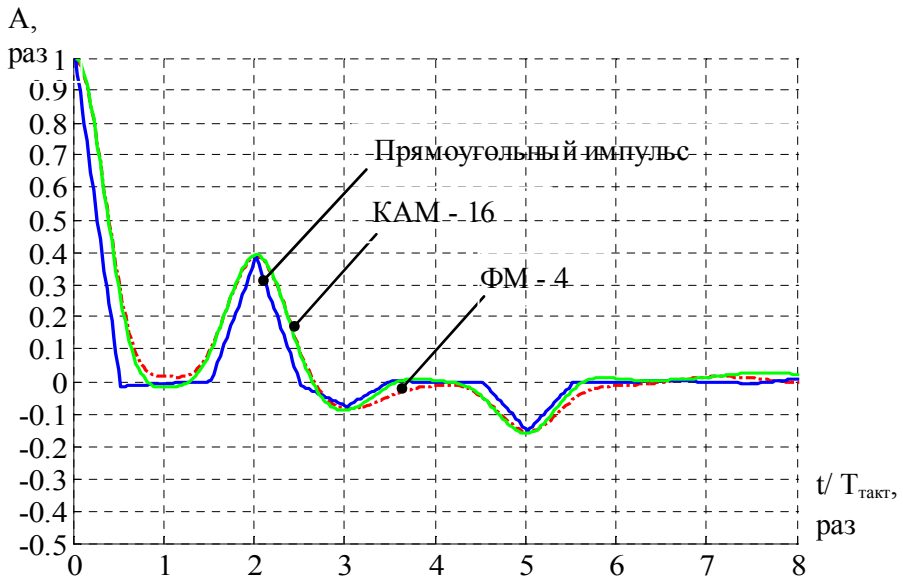


Рис. 2. График обратного преобразования Фурье от усредненного энергетического спектра сигнала в трехлучевом канале

Таким образом, предложенная последовательность преобразований является способом выделения контрастных признаков основных параметров многолучевого сигнала цифровых радиорелейных линий связи с амплитудной и фазовой манипуляцией, который может быть использован для предварительной настройки корректирующего фильтра.

Список литературы

1. Монзиго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: [пер. с англ.]. М.: Радио и связь, 1986.

2. Цифровая связь: [пер. с англ.] / под ред. Д.Д. Кловского. М.: Радио и связь, 2000.

3. Горячкин О. Методы слепой обработки сигналов и их приложения в системах радиотехники и связи. М.: Радио и связь, 2003.

Получено 12.11.12.

M.A. Rogachev, Research Engineer, Federal State Unitary Enterprise «18 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation (Kursk)
(e-mail: maxvavs@yandex.ru, (tel.: (906) 572-21-52).

R.G. Sherbeena, Candidate of Sciences, Federal State Unitary Enterprise «18 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation (Kursk)

O.V. Yakovlev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: yacovlevoleg@yandex.ru, tel.: (920)700-17-71)

METHOD FOR DIGITAL MULTIPATH SIGNAL PARAMETER EVALUATING

There is proposed multipath signal identification method for signal with amplitude and phase modulation. Method evaluates path number, relative amplitude and relative time delay between signals. Method can be used for reduce of blind equalizing time.

Key words: *method, estimate, correlating, multipath, blind, processing, equalizer.*

УДК 004.8

А.Т. Миргалеев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: aleksmirg@mail.ru)

А.В. Соколов, канд. техн. наук, доцент, начальник управления НИЦ, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск) (e-mail: falcon_kursk2@mail.ru)

В.В. Протасова, научный сотрудник НИЦ, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск)
(e-mail: Protasova.Viktoriya@gmail.com)

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ОРГАНОВ ВЛАСТИ СУБЪЕКТОВ РФ В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Предложен подход к перераспределению ресурсов подразделений органов власти субъектов РФ при формировании описаний чрезвычайных ситуаций в информационно-аналитических системах. Метод основан на поиске вариантов распределения задач подразделений между ресурсами и исполнителями подразделений органов власти, учитывает важность задач, которые выполняются или являются новыми для подразделений, а также возможность изменения во времени приоритетов задач.

Ключевые слова: *органы власти, обработка данных, перераспределение задач, информационно-аналитические системы.*

***

Задача построения суперкомпьютеров с каждым днём приобретает все большую актуальность и становится флагманом в передовых разработках науки и техники, что подтверждается растущим спросом на высокопроизводительные вычисления со стороны коммерческих, государственных и научных организаций.

В настоящее время деятельность органов власти (ОВ) субъектов РФ направлена на решение задач по своему предна-

значению. Однако в условиях возрастания рисков наступления чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера каждое подразделение ОВ должно обеспечивать оперативное формирование описаний складывающейся обстановки на территории субъекта РФ в соответствии с решаемыми им задачами. Такую деятельность подразделений ОВ в рамках данной работы будем называть прогнозной.

В работе представлен метод перераспределения ресурсов подразделений ОВ с использованием информационно-аналитических систем (ИАС) при наступлении (возможности наступления) ЧС природного и техногенного характера на территориях субъектов РФ.

Показано, что задачи, решаемые *i*-м подразделением ОВ в ходе прогнозной деятельности, связаны с оценкой возможного влияния ЧС или их последствий на сферу хозяйства субъекта РФ, в которой функционирует указанное подразделение.

Например, для такого подразделения, как комитет финансов субъекта РФ, задачами, решаемыми в ходе прогнозной деятельности, могут быть:

– определение размера компенсаций населению, выплачиваемых в ходе ликвидации последствий ЧС;

– определение суммы, выделяемой из бюджета субъекта РФ на приобретение оборудования и материалов, утраченных в ходе ЧС;

– формирование предложений по бюджету субъекта РФ на следующий год с учетом затрат на ликвидацию ЧС и т.д.

В ходе анализа типовых задач подразделений ОВ субъектов РФ, а также особенностей взаимодействия ОВ и подразделений МЧС, определенных нормативными документами Российской системы предупреждения чрезвычайных ситуаций, предложен обобщенный алгоритм деятельности подразделений ОВ субъектов РФ, учитывающий деятельность по обработке данных в интересах прогнозирования ЧС.

Согласно представленному алгоритму предполагается, что подразделениями ОВ прогнозная деятельность должна будет вестись параллельно с основной деятельностью. При этом ИАС обеспечивает для подразделений ОВ возможность доступа к данным МЧС о возможных ЧС и их характеристиках (описанию ЧС). С учетом этих данных в автоматизированном режиме могут быть определены и переопределены приоритеты задач, решаемых по предназначению, и задач, связанных с прогнозной деятельностью. При этом наивысший приоритет должны иметь задачи, которые при наступлении ЧС необходимо выполнять в первую очередь. Более низкий приоритет будет присвоен тем задачам, которые могут быть приостановлены и выполнены позже.

При наступлении ЧС с учётом последствий, описываемых мониторинговыми данными L_k (k – количество элементов в наборе данных L), деятельность подразделений ОВ осуществляется в соответствии с присвоенными заранее приоритетами. Поэтому вначале выполняются задачи с наиболее высоким уровнем важности, затем – последующие задачи.

Это требует реализации в ИАС автоматизированного управления распределением задач подразделений ОВ.

В этой связи разработан метод автоматизированного управления подразделениями ОВ, позволяющий осуществлять с использованием ИАС определение и переопределение приоритетов задач подразделений ОВ, а также определение ресурсов (исполнителей задач), необходимых для выполнения задач, связанных с возникновением ЧС.

Под ресурсами понимаются сотрудники, оборудование и информационные технологии, имеющиеся в подразделениях ОВ и обеспечивающие выполнение их задач.

С учетом результатов, сформулированных в работах [2, 3], а также при формализации процессов определения и переопределения приоритетов задач подразделений ОВ, определении ресурсов

(исполнителей задач), в разработанном методе предполагается, что для своего выполнения новые задачи требуют части тех ресурсов, которые уже используются для выполнения других задач ОВ. При этом учитывается важность задач и процессов как тех, которые выполняются, так и новых, а также возможность изменения во времени приоритетов задач ОВ. В соответствии с разработанным методом задаются следующие множества:

– $H=\{Z,R\}$ – множество, описывающее задачи Z и ресурсы R подразделения ОВ. Такое объединение задач и ресурсов вызвано тем, что задачи могут требовать ресурса, выделение которого порождает новые задачи. H включает в себя все имеющиеся ресурсы ОВ и все возможные задачи, которые могут выполняться i-м подразделением ОВ. При добавлении ресурсов вследствие расширения и модификации подразделения ОВ мощность множества H соответственно увеличивается или уменьшается;

– $Z=\{z_i\}, i=\overline{1,n}$ – подмножество H, элементами которого являются задачи, выполняемые в ходе деятельности подразделения ОВ, $Z \subset H$;

– $R=\{r_i\}, i=\overline{1,n}$ – подмножество H, элементами которого являются ресурсы, используемые для выполнения задач подразделения ОВ, $R \subset H$.

Для выбора ресурсов или задач из пространства H введем n-мерные вектора $\overline{V_z}$ и $\overline{V_r}$, первый из которых определяет элементы подразделения ОВ, являющиеся ресурсами, а второй – элементы, являющиеся задачами. Элементы векторов принимают значения 0 или 1, причем 1 устанавливается на тех позициях, например, вектора $\overline{V_r}$, которые соответствуют ресурсам, а 0 – задачам.

– $w_1,...,w_n$ – коэффициенты важности ресурсов и задач (приоритеты). Эти коэффициенты определяются сотрудниками ОВ и вносятся в ИАС ОВ с учетом перечня задач подразделения ОВ, а при возникновении ЧС природного или техногенного характера изменяются;

– $P=\| p_{ij} \|, i,j=\overline{1,n}$ – матрица использования ресурсов, элемент p_{ij} определяет нормированный коэффициент использования элементом h_i элемента h_j;

– $\overline{ZV}=(ZV_1,...,ZV_n)$ – вектор, определяющий задачи из подпространства Z, выполняемые в данный момент, т.е.

$$\overline{ZV}_j=\begin{cases}1, \text{ если задача } z_j \text{ находится} \\ \qquad\qquad \text{в стадии исполнения;} \\ 0 - \text{в противном случае;}\end{cases}$$

– $\overline{ZN}=(ZN_1,...,ZN_n)$ – вектор, определяющий те задачи, выполнение которых может быть отменено для высвобождения ресурсов, или использование ими ресурсов может быть уменьшено для обеспечения решения новых задач, т.е.

$$ZN_j=\begin{cases}1, \text{ если выполнение задачи } z_j \\ \qquad\qquad \text{можно отменить;} \\ 0 \text{ – в противном случае.}\end{cases}$$

При этом максимальная эффективность деятельности подразделения ОВ будет обеспечена тогда, когда будут выполняться наиболее важные задачи, т.е. при достижении

$$\max \sum_{i=1}^{n} w_i ZV_i.$$

Это подразумевает достижение максимума суммарной важности задач, которые выполняются и планируются к выполнению с учетом новых значений коэффициентов важности, корректируемых при изменении обстановки (появлении угрозы возникновения ЧС).

Поскольку элемент p_{ij} в матрице P является нормированным коэффициентом использования задачей z_j ресурса r_j, то общий объем использования любого ресурса не может превышать единицу, т.е. всегда будет выполняться условие

$$\sum_{i=1}^{n} p_{ij} ZV_i \le 1, \text{ для всех } j = \overline{1,n}. \qquad (1)$$

Как правило, в связи с возникновением угрозы ЧС появляется набор новых задач $Z_t^{L_k}$, определённый в момент времени *t*. Если для его выполнения недостаточно ресурсов, то необходимо или высвободить ресурсы для выполнения $Z_t^{L_k}$, или принять решение о том, что задачи $Z_t^{L_k}$ не могут быть выполнены, поскольку в подразделении ОВ количество ресурсов ограничено.

В этой связи количество r_j свободных ресурсов в ОВ будет определяться следующим образом:

$$r_j = 1 - \sum_{i=1}^{n} p_{ij} ZV_i, \qquad (2)$$

для всех $j = \overline{1,n}$.

Для каждого ресурса r_j, необходимого для набора новых задач $Z_t^{L_k}$, необходима проверка выполнения условия

$$r_j \ge p_{kj}, \qquad (3)$$

для всех $j = \overline{1,n}$.

Если условие (3) выполняется, то это говорит о том, что в подразделении ОВ имеется достаточное количество ресурсов r_j, необходимых для решения набора новых задач $Z_t^{L_k}$, и дополнительное управление по перераспределению ресурсов не требуется.

Если в подразделении ОВ не имеется достаточного количества r_j незадействованных ресурсов, необходимых для решения набора новых задач $Z_t^{L_k}$, то осуществляется освобождение части ресурсов, занятых менее важными задачами.

С целью определения потребности в ресурсах для решения задач подразделением ОВ определим $\Delta_j, j = \overline{1,n}$ – количество ресурса r_j, недостающего для решения набора новых задач $Z_t^{L_k}$:

$$\Delta_j = r_j - p_{kj}, \qquad (4)$$

для всех $j = \overline{1,n}$.

Тогда для управления перераспределением ресурсов при решении задач $Z_t^{L_k}$, связанных с возникновением ЧС, необходимо найти все такие задачи $z_j \in Z$, отмена которых освободит ресурсы, необходимые для выполнения набора новых задач $Z_t^{L_k}$.

Определим основные пути управления перераспределением ресурсов.

1. Изымать ресурсы у тех задач, суммарная важность которых минимальна, то есть при $\min \sum_{i=1}^{n} w_i ZV_i$.

2. Прекращать выполнение наименьшего количества задач, которые находятся в стадии исполнения при $\min \sum_{i=1}^{n} ZN_i ZV_i$.

3. При освобождении ресурса r_j может потребоваться прекращение выполнения некоторого количества задач с низким приоритетом, что, учитывая взаимозависимость ресурсов и задач, может привести к высвобождению некоторого ресурса r_{j*} больше, чем это необходимо, что в конечном итоге приведет к снижению эффективности работы подразделения ОВ. Для предотвращения чрезмерного высвобождения ресурсов должно учитываться следующее:

$$b_j = \sum_{i=1}^{n} p_{ij} ZN_i - \Delta_j, \; b_j \to \min, \; b_j \ge 0$$
$$\text{для всех } j = \overline{1,n},$$

где b_j – объем ресурса, который высвобождается (всегда будет положительным, поскольку требуется освободить ресурс не менее требуемого объема).

Для решения задач управления с учетом путей 1-3, являющихся задачами комбинаторики – поиска некоторого набора элементов, удовлетворяющих заданным критериям, могут использовать-

ся, например, генетические алгоритмы. Следует отметить, что поиск множества задач, согласно предложенным путям, заключается в переборе большого количества комбинаций для каждого из ресурсов подразделения ОВ. Для упрощения поиска и его алгоритмизации в ИАС введен параметр b_i^*, характеризующий значение усредненного использования ресурсов подразделения ОВ i-й задачей

$$p_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} p_{ij} u_j}{n^*} \text{ для } j = \overline{1,n}, \qquad (5)$$

где n^* – количество ненулевых составляющих $p_{ij} u_j$;

u_j определяет использование ресурса задачей z_j, причем

$$u_j = \begin{cases} 1, \text{ если задача } z_j \\ \quad \text{использует ресурс } r_j; \\ 0 \text{ – в противном случае.} \end{cases}$$

При управлении подразделением ОВ для разрешения конфликта между набором новых задач $Z_t^{L_k}$ и задачами, уже использующими эти же ресурсы, в зависимости от значения p_i^*, возможны три варианта:

1. При $p_i^* = 0$ задача z_i использует ресурсы, на которые не претендует набор новых задач $Z_t^{L_k}$.

2. Если $p_i^* << p_k^*$, то задача z_i использует столь незначительные объемы ресурсов, на которые претендует набор новых задач $Z_t^{L_k}$, что удаление z_i не повлияет на решение задач.

3. В остальных случаях задача z_i использует значительные объемы тех же ресурсов, на которые претендует набор новых задач $Z_t^{L_k}$.

Таким образом, метод управления подразделением ОВ, осуществляя выделение ресурсов r_j для набора новых задач $Z_t^{L_k}$ и перераспределение ресурсов r_j между существующими задачами z_i при возникновении угрозы ЧС природного и техногенного характера на территориях субъектов РФ, описывает поиск задач, подлежащих удалению, среди тех задач, для решения которых может быть высвобожден достаточный объем r_j ресурсов.

С учетом того, что реализация перераспределения ресурсов и задач в ИАС ОВ требует больших вычислительных затрат, предложен метод, позволяющий уменьшить перебор вариантов.

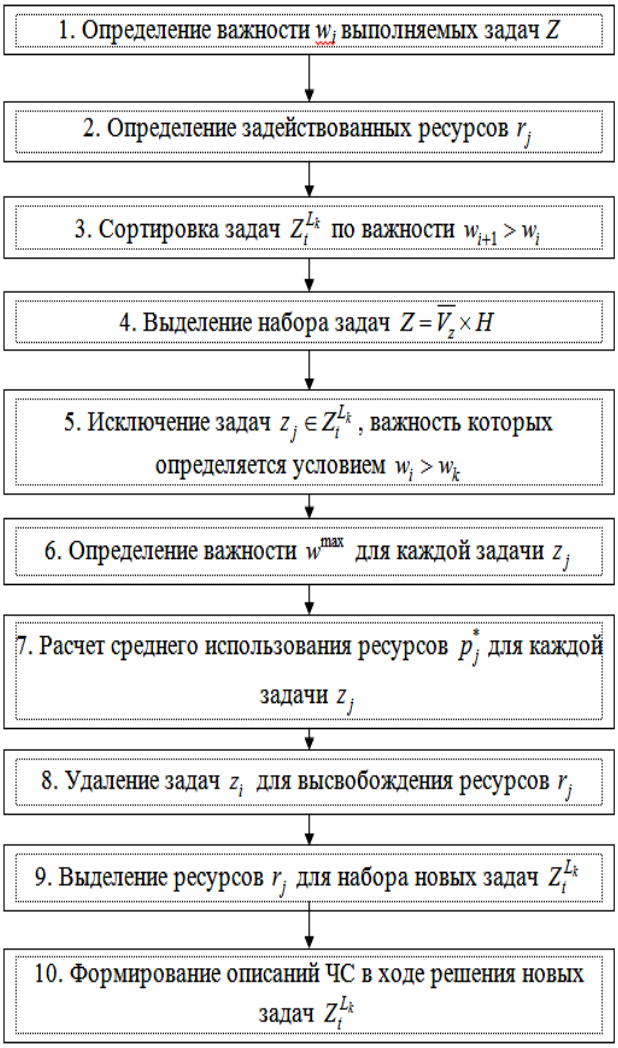


Рис. Метод перераспределения ресурсов подразделений органов власти по обработке данных в интересах формирования описаний ЧС

На рисунке приведена схема разработанного метода. Таким образом, предложенный метод перераспределения ресурсов подразделений ОВ с использованием ИАС позволит осуществлять оперативное управление деятельностью подразделений ОВ при возникновении новых задач, связанных с ЧС. Предлагаемый метод учитывает важности задач и процессов, которые уже выполняются в подразделениях ОВ или являются новыми, а также возможность изменения во времени приоритетов задач.

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. Технологии анализа данных: DataMining, VisualMining, TextMining, OLAP / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. 2-е изд., перераб и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 336 с.

2. Ролик А.И. Модель управления перераспределением ресурсов информационно-телекоммуникационной системы при изменении значимости бизнес-процессов // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. 2007. № 2 (20). С. 73–82.

3. Алгоритм функционирования информационно-аналитических систем / А.Л. Бутов, В.Г.Довбня, А.Т.Миргалеев, Н.А. Никутина // Информационно-измерительные и управляющие системы. М.: 2012. № 2.

Получено 15.11.12.

A.V. Mirgaleev, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: aleksmirg@mail.ru)

A.V. Sokolov, Candidate of Sciences, Federal State Unitary Enterprise «18 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation
(e-mail: falcon_kursk2@mail.ru)

V.V. Protasova, researcher Federal State Unitary Enterprise «18 Central Scientific Research Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation
(e-mail: Protasova.Viktoriya@gmail.com)

THE REDISTRIBUTION OF THE RESOURCES OF THE BODIES OF THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION WHEN FORMING THE DESCRIPTIONS OF EMERGENCY SITUATIONS IN INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEMS

Approach redistribution resources is offered by divisions authorities subjects of Russian Federation in the formation descriptions emergency situations in information-analytical systems. The method is based on search variants for the distribution tasks between resources and divisions' authorities executors, considers importance tasks which are carried out or are new to divisions, and also possibility change over time task priorities.

Key words: *authorities, data processing, the redistribution of tasks, information-analytical systems.*

УДК 004.9

Г.С. Титова, преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: galia_titova@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, АВТОМАТИЗИРУЮЩИЕ УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ ВУЗА

Рассмотрено программное обеспечение, необходимое для автоматизации управления учебным процессом, проанализированы его положительные и отрицательные стороны, описан модуль разрабатываемой автоматизированной информационной системы.

Ключевые слова: *автоматизированная информационная система, управление учебным процессом вуза, АРМ, ИС, информационно-аналитическая система и т.д.*

***

В реалиях современной действительности становится очевидным, что основной особенностью, которая характеризует вуз, является преобладание информационных процессов над материальными.

В связи с все более ужесточающейся конкуренцией на рынке образовательных услуг для вуза становится первостепенным решение задачи своевременного перепрофилирования и переподготовки.

Для того чтобы оперативно реагировать на динамично меняющуюся экономическую ситуацию, а следовательно, и спрос на рынке труда, система управления подготовкой должна отвечать всем современным требованиям. Основным требованием, предъявляемым к системе, является ее непрерывное развитие.

Подобного развития можно добиться, автоматизировав систему управления вузом в целом, уделив особое внимание процессам управления обучением и протекающим в них информационным потокам.

На сегодняшний день автоматизация рассматриваемых процессов является фрагментарной либо полностью отсутствует.

Существует множество фирм, выпускающих программные продукты, автоматизирующие управление вузом в целом. Минусами данного программного обеспечения являются:

– отсутствие учета специфики функционирования конкретного вуза;

– слабо разработанный либо полностью отсутствующий модуль управления учебным процессом;

– высокая цена.

Поэтому многие вузы предпочитают создавать собственные программные продукты. Проанализируем ряд существующих модулей.

На современном отечественном рынке автоматизированных информационных систем (АИС) управления учебным процессом представлено достаточно большое количество решений. АИС управления учебным процессом в основном решают задачи конкретного учебного заведения с учетом специфики организации учебного процесса, в том числе оптимизации и управления документооборотом. В условиях реформирования системы высшего профессионального образования и постановки задачи повышения качества образования возрастает потребность в разработке модульной иерархической автоматизированной информационной интегрированной системы на основе единого подхода к проектированию подсистем.

Определим требования, которым должны отвечать современные АИС управления учебным процессом вуза:

– модульное построение АИС, позволяющее наращивать и заменять модули системы;

– общая технологическая база на основе единого ядра в рамках информационного пространства вуза;

– единая БД контингента вуза, исключающая дублирование информации;

– оперативный доступ к единой БД с разделением прав пользователей;

– формирование электронного портфолио студента и его сопровождение в БД при двухуровневом либо многоуровневом образовании;

– формирование банка данных по всему документообороту вуза;

– формирование рейтинга студента по технологическим картам дисциплин, основываясь на требованиях и рекомендациях Болонской системы образования;

– формирование рейтинга профессорско-преподавательского состава с учетом новой системы оплаты труда.

Составим сводную таблицу, иллюстрирующую сходства и различия наиболее популярных программных продуктов.

Сводная таблица автоматизированных информационных средств управления деятельностью вуза

Наименование	Производитель	Вид продукта	Основная концепция	Функциональные возможности
Naumen University	Naumen (Россия)	Информационно-аналитическая система	Состоит из взаимосвязанных и взаимозависящих блоков	Охватывает весь учебный процесс; подходит как для коммерческих, так и для государственных вузов
ИИК	Воронежский государственный университет	Интегрированный информационный комплекс	Специальные прикладные подсистемы в едином комплексе	Обеспечивает информационную поддержку и автоматизацию основных функций по управлению деятельностью вуза
Корпоративная информационная система управления учебным процессом	Рыбинская государственная авиационная технологическая академия им. П.А. Соловьева (РГАТА)	Корпоративная информационная система	Набор подсистем с узкоспециализирующимися функциями	Оперативное управление учебным процессом
АИС управления учебным процессом	Московский институт стали и сплавов	Автоматизированная информационная система	Ряд подсистем управления деятельностью вуза	Комплексное управление вузом
Информационная система учебно-управленческой деятельности	Белгородская государственная технологическая академия	Автоматизированная информационная система	Выполнена в соответствии с клиент-серверной технологией; позволяет обеспечить совместный доступ к данным с различных рабочих станций	Управление учебной деятельностью (электронный деканат)
АИС «Университет»	Ставропольский государственный университет	Автоматизированная информационная система	Комплекс программ, объединенных в единую информационную среду; ориентирована на сетевую среду; позволяет использовать многопользовательский режим	Позволяет автоматизировать процессы управления вузом

В связи с тем, что большинство перечисленных требований к современным АИС управления учебным процессом вуза не реализованы в рассмотренных разработках российских вузов, необходимость дальнейшей работы в данном направлении не вызывает сомнений и требует фундаментальных исследований в области автоматизации управления учебным процессом в условиях перехода на двухуровневую систему образования.

Разрабатываемая информационно-аналитическая система (ИАС) позволит создавать списки претендентов на переподготовку и перепрофилирования, основываясь на требованиях рынка труда. Следуя заданным алгоритмам, созданным на базе общих шаблонов, построенных по правилам теории Гренандера, система будет отбирать наиболее близких претендентов на переподготовку или перепрофилирование на востребованную специальность, требующих наименьших временных и материальных затрат. Объем затрат также будет анализироваться и рассчитываться.

На данный момент создан модуль разрабатываемой ИАС. В нем создается, редактируется и хранится информация о студенческом контингенте вуза. На основе информации данного модуля формируется список претендентов для анализа при отборе на переподготовку или перепрофилирование.

Модуль «Программный продукт для учета студентов ВУЗа» зарегистрирован в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 19 апреля 2011 года, свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2011613081.

Интерфейс модуля «Программный продукт для учета студентов ВУЗа» (сокщенно «Учет студентов») представлен на рисунке.

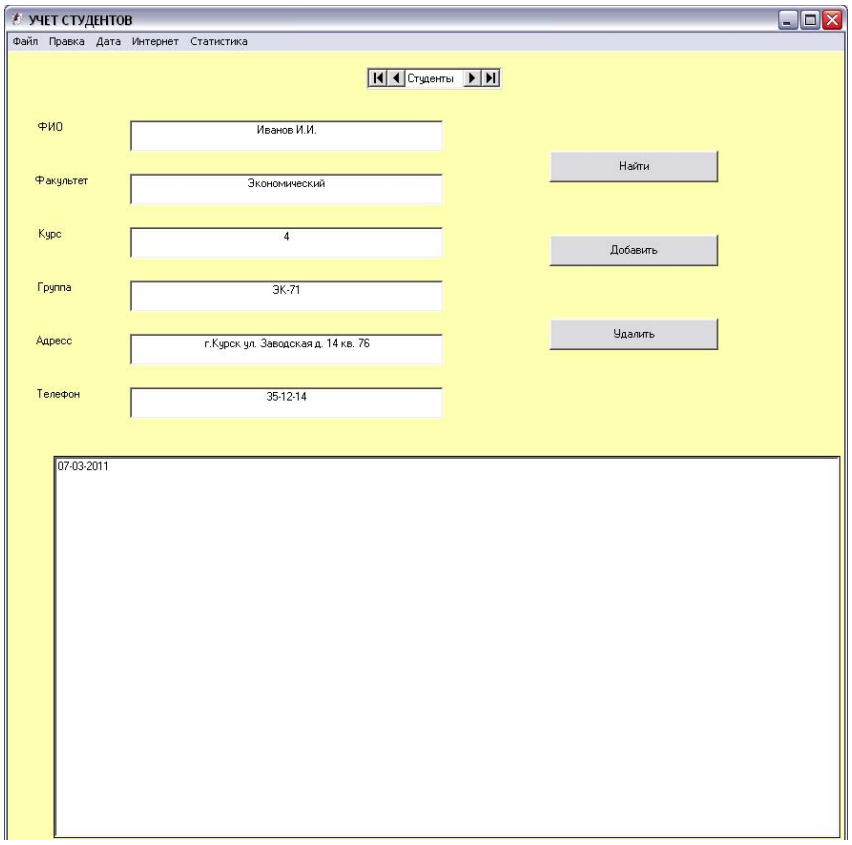


Рис. Интерфейс модуля «Учет студентов»

Интерфейс имеет интуитивную, понятную пользователю структуру и не требует дополнительного обучения персонала, что сокращает сроки внедрения системы.

Внедрение ИАС в процесс принятия решений позволит более детально анализировать данные, а также выбирать учебный план с минимальным количеством дополнительных для изучения дисциплин. Подобное внедрение позволит вузу сократить сроки переподготовки, упростить процесс перепрофилирования и снизить необходимые затраты.

Список литературы

1. Управление высшим учебным заведением: учеб. / под ред. С.Д. Резника и В.М. Филиппова. М.: Инфра-М, 2010.

2. Ерунов В.П. Системно-критериальный анализ учебного процесса в вузе // Вестник Оренбургского государственного университета. 2001. № 2. С. 60–69.

3. Андреев В.В. Информационная подсистема оценки рейтинга профессорско-преподавательского состава // Программные продукты и системы. 2009. № 4. С. 135–138.

4. Герова Н.В. Автоматизированная система рейтингового контроля знаний студентов вуза // Программные продукты и системы. 2009. С. 138–142.

Получено 15.11.12.

G.S. Titova, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: galia_titova@mail.ru)

INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEMS THAT AUTOMATE THE MANAGEMENT OF EDUCATIONAL PROCESS OF THE UNIVERSITY

We consider the software needed to automate the management of educational process, analyze its pros and cons, describe a module developed an automated information system.

Key words: *automated information system, management of the educational process of high school, ARM, IS, information-analytical system, etc.*

УДК 621.3

В.Н. Алябьев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

С.А. Сергеев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

Н.В. Хорошилов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

В статье рассматриваются предпосылки создания систем энергетического мониторинга на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: *мониторинг, энергопотребление, система, оптимизация, учет.*

***

Система мониторинга потребления энергоресурсов – важная составляющая энергетического менеджмента. Без надежной регулярной информации – где и сколько энергоресурсов используется – невозможно управлять энергопотреблением, контролировать его и, следовательно, энергосбережением.

Современный термин «мониторинг» означает наблюдение, анализ и оценку состояния какого-либо объекта, а также прогнозирование его изменения [1].

В настоящее время как органы власти региона, так и энергетические службы предприятий не располагают всеми данными, необходимыми для комплексного решения задач, возникающих в процессе поиска, оценки и реализации резервов энергосбережения. Одна из причин этого заключается в том, что остается неизвестным фактическое потребление энергии многими промышленными установками, поскольку оно не измеряется и, следовательно, его нельзя сравнить с нормативным расходом [2,3].

Мониторинг энергопотребления представляет собой регулярное получение и анализ всеми заинтересованными сторонами информации об уровне и динамике энергопотребления на отдельных предприятиях, отраслях промышленности, в их зданиях и сооружениях [4].

Основной задачей мониторинга сейчас является создание и периодическое обновление информационной базы для принятия решений по рационализации энергопотребления у потребителей.

Традиционно сложившиеся подходы к проектированию систем электроснабжения промышленных предприятий основываются на толковании принципиально различных понятий – «электроснабжение» и «электропотребление» –как единого процесса электроснабжения. И хотя такая трактовка вполне объяснима отсутствием возможности аккумулировать электрическую энергию в периоды минимальных нагрузок электроэнергосистемы и рационально использовать ее при возникновении дефицита генерируемой мощности и энергии, она многие годы формировала и формирует до настоящего времени неправильное в физическом аспекте представление о процессе электропотребления. Поэтому многие исследователи проблему оптимизации режимов электропотребления сводят к проблеме оптимизации систем электроснабжения, составляя целевые функции по минимуму затрат на их строительство с учетом поэтапного развития (роста нагрузок) предприятий-потребителей электроэнергии.

При таком подходе на уровне проектирования не рассматриваются задачи планирования и управления режимами электропотребления предприятий в нормальных и экстремальных (дефицит генерируемой мощности) условиях их функционирования.

Необходимо ясно представлять следующее:

– основополагающим при проектировании систем электроснабжения является процесс электропотребления, который в свою очередь определяется совокупностью организационно-производственных, технологических и режимных (энергосистемы) показателей, характеризующих тенденции, динамику и качественный уровень конкретных и перспективных производственных ситуаций;

– при проектировании систем электроснабжения создается материальная база планирования графиков нагрузки. Чем выше технический уровень системы электроснабжения, тем больше реальных возможностей формировать эффективные режимы нагрузки предприятий.

Оптимизация режимов электропотребления предприятия – это процесс формирования графиков электрической нагрузки предприятия по активной (реактивной) мощности, оптимизированных по минимуму затрат на электроэнергию и ущерба от оперативных ограничений режимов электропотребления, обеспечивающий выполнение производственной программы с рациональной для конкретных условий ритмичностью работы предприятия. Эффективное решение задачи оптимизации режимов электропотребления предприятия может быть обеспечено созданием комплексов на базе энергоемких электроприемников и системы электроснабжения, имеющей соответствующие средства управления энергообъектами. В этой связи монито-

ринг энергопотребления оказывается необходимым звеном системы управления промышленными предприятиями региона.

В настоящее время существует много публикаций по различным системам мониторинга энергопотребления в зданиях и сооружениях [4,5,6]. Современный рынок систем управления зданиями характерен множеством предлагаемых устройств, в частности имеется много предложений по автоматизированным системам диспетчеризации и управления индивидуальными тепловыми пунктами (ИТП). Данные системы предназначены для решения задач локального управления потреблением тепловых ресурсов, а также централизованного сбора и обработки информации о работе ИТП и решения задач централизованного управления [7, 8].

Также сейчас для решения проблем мониторинга и энергоучета применяют автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), которые в общем случае содержат три уровня (рис.) [9]:

а) нижний уровень – первичные измерительные преобразователи – счетчики электрической энергии (СЭЭ) с телеметрическими выходами, осуществляющие непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измерений параметров энергоучета распределительных электросетей объекта энергопотребления по точкам учета;

б) средний уровень – контроллеры (специализированные измерительные системы или многофункциональные программируемые преобразователи) со встроенным программным обеспечением, осуществляющие в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных, накопление, обработку и передачу этих данных на верхний уровень;

в) верхний уровень – персональный компьютер (ПК) со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с контроллера (или группы контроллеров) среднего уровня, итоговую обработку этой информации, отображение и документирование данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений (управления) оперативным персоналом.

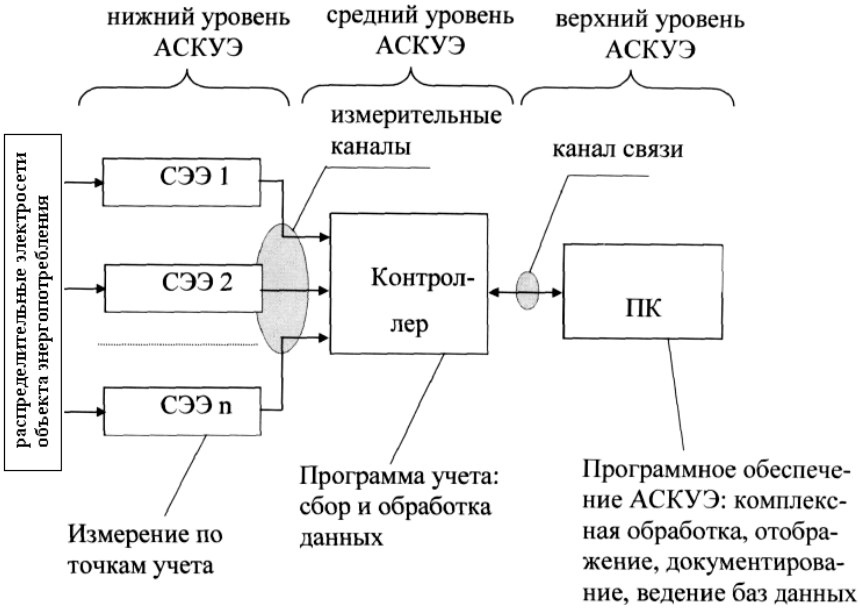


Рис. Обобщенная трехуровневая структурная схема АСКУЭ

Нижний уровень АСКУЭ связан со средним измерительными каналами, включающими все измерительные средства и линии связи от точки учета до контроллера, включая его входные цепи. Так, например, для мониторинга и электроучета под измерительным каналом подразумевается цепочка от питающего фидера, проходящая через измерительные трансформаторы тока и напряжения, электросчетчик с телеметрическим выходом и двухпроводная линия связи до контроллера. Средний уровень АСКУЭ связан с верхним уровнем каналом связи, в качестве которого могут использоваться физические проводные линии связи, выделенные или коммутируемые телефонные каналы, радиоканалы.

Основой построения АСКУЭ долгое время являлся счетчик потребления электроэнергии индукционного типа со встроенным генератором, преобразующим число оборотов диска счетчика в пропорциональное число импульсов. Однако необходимость повышения точности измерения количества отпущенной или потребленной электроэнергии с 1,5-2 до 0,2-0,5 % сделала практически невозможным использование электромеханических счетчиков в перспективных, высокоэффективных АСКУЭ.

Интенсивное развитие автоматизированных систем учета потребления электроэнергии, введение многотарифности выдвинули задачу создания качественно нового прибора – электронного счетчика, совместимого с другими элементами системы учета и обладающего точностью не хуже 0,2 %. Наиболее просто вычисления любых мощностей (P, Q, S) в цифровых счётчиках реализуется с помощью процессоров цифровой обработки сигналов (Digital Signal Processor - DSP), осуществляющих все необходимые преобразования с помощью измерения мгновенных значений тока и напряжения в дискретные промежутки времени.

Итак, действующая в настоящее время система учета позволяет лишь констатировать изменения в режимах выработки и потребления энергии и практически исключает возможность оперативного вмешательства.

Требованием сегодняшнего дня становится формирование системы мониторинга энергопотребления для информационной системы на основе автоматизированной технологии анализа и прогноза динамики энергоэффективности промышленных потребителей.

Основные задачи, которые должны решаться с помощью разрабатываемой системы мониторинга, следующие:

– осуществление эффективных хозяйственных отношений между энергоснабжающей организацией и энергопотребителями;

– оперативное управление использованием энергоресурсов, составление и анализ энергобалансов предприятий по фактической структуре энергопотребления;

– организация контроля установленных планов и норм расхода топливно-энергетических ресурсов как со стороны соответствующих региональных структур, так и внутри предприятий;

– определение фактического уровня полезного использования энергии и выявление путей его повышения;

– совершенствование хозяйственного механизма на предприятиях;

– разработка и внедрение научно обоснованных норм расхода топливно-энергетических ресурсов;

– точное определение и анализ энергетической составляющей себестоимости различных видов продукции, выпускаемой предприятиями;

– организация действенной системы материального стимулирования работников предприятий за рациональное использование и экономию топливно-энергетических ресурсов.

Научно-исследовательская работа ведется в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

Список литературы

1. Андрижиевский А.А., Володин В.И. Энергосбережение и энергетический менеджмент. Минск: Вышейшая школа, 2005. 294 с.

2. Башмаков И.А., Папушкин В.Н. Муниципальное энергетическое планирование // Энергосбережение. 2004. № 3. С. 26–30.

3. Башмаков И.А. Региональная политика повышения энергетической эффективности: от проблем к решениям. М.: Центр энергет. эф-ти, 1996. 254 с.

4. Белавкин И.В. Управление процессами энергосбережения на промышленном предприятии по экономическим критериям: дис. … канд. экон. наук: 08.00.05. Челябинск, 1997. 23 с.

5. Воскобойников Д.М. Экономическое стимулирование рационального использования электроэнергии в промышленности. М.: Энергоатомиздат. 1988. 80 с.

6. Воскобойников Д. М. Управление энергосбережением в промышленности. Рига. 1989. 124 с.

7. Киреева Э.А., Юнес Т., Айюби М. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения: справочные материалы и примеры расчетов. М.: Энергоатомиздат, 1998. 320 с.

8. Кожевников К.Г. Энергоресурсосбережение как необходимое условие эффективной модернизации российской экономики: дис. ... канд. экон. наук.08.00.05. М., 2000. 167 с.

9. Табунщиков Ю. А. Энергосбережение: дефицит знаний и мотиваций // АВОК. 2004. № 6.

Получено 16.11.12.

V.N. Alyabiev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

S.A. Sergeev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

N.V. Horoshilov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEMS CONTROL AND ENERGY MONITORING

The article reviews the prerequisites for the creation of energy monitoring systems in industrial plants.

Key words: *monitoring, power consumption, system, optimization, accounting.*

УДК 621.3

В.И. Бирюлин, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

Н.М. Гайдаш, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

А.В. Филонович, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В статье рассматриваются вопросы создания систем энергетического мониторинга на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: *мониторинг, энергопотребление, система, оптимизация, учет.*

***

Система мониторинга энергопотребления в промышленности может быть реализована сравнительно проще, чем в других блоках топливно-энергетического комплекса, так как промышленность является более концентрированным потребителем энергии, легче поддается государственному и территориальному регулированию через систему налогов, законов, дотаций и пр. Технически вопрос решается при наличии полной и достоверной информации путем установки в узлах и на периферии системы энергоснабжения соответствующего компьютеризированного оборудования и средств оргтехники, организации каналов связи, создания эффективной горизонтальной схемы управления энергосбережением.

Система мониторинга состоит из двух подсистем (рис. 1): мониторинга производства и распределения энергии, мониторинга энергопотребления. Обе подсистемы необходимы, хотя существенно различаются методиками проведения измерения, приборами и составом программного обеспечения. Объединенный центр системы мониторинга, контролирующий производство и потребление энергии, может строиться по централизованному и региональному принципам.

При централизованном проведении мониторинга (рис. 2) создается единый центр обработки информации.

Целесообразность создания различных центров обработки информации для производства и потребления энергии следует не только из разных задач, технического и методического обеспечения, но и необходимости взаимного контроля результатов наблюдения и, таким образом, из требований надежности системы мониторинга.

До начала проектирования средств мониторинга необходимо иметь следующую информацию:

– периодичность управляющих воздействий;

– набор характеристик эталонных производственных процессов (нормативные, стандартные, предельно допустимые уровни);

– координаты, наименование и отраслевую принадлежность объектов;

– показатели энергоэффективности технологических процессов объектов.

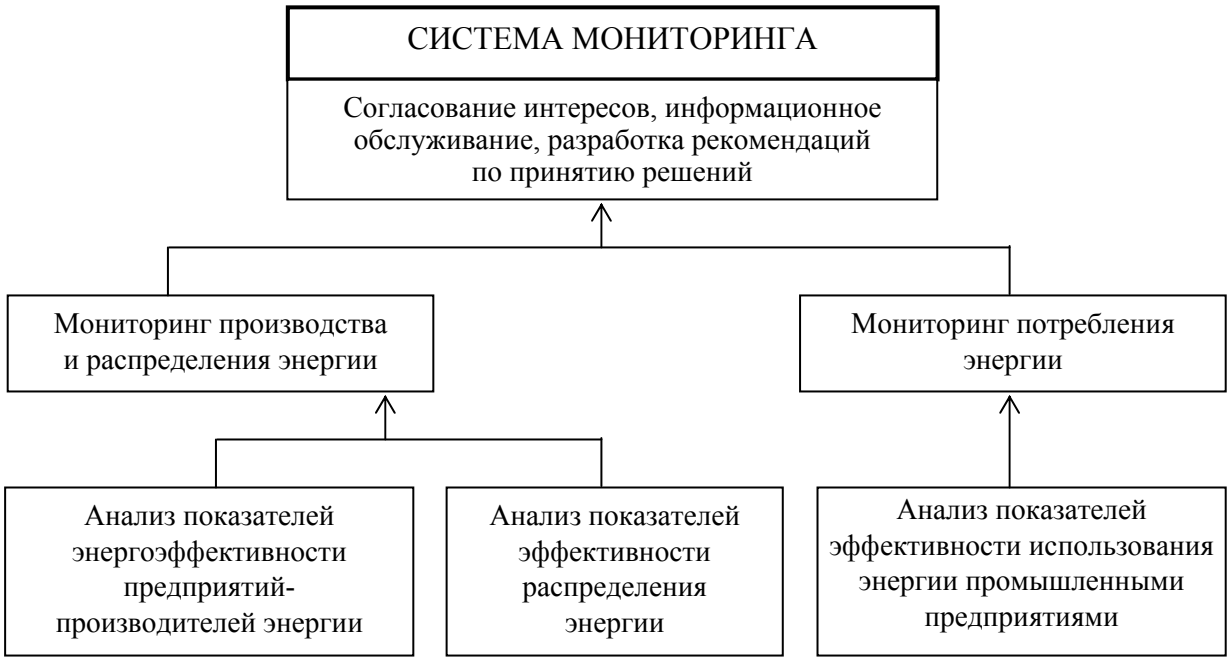


Рис. 1. Принципиальная схема системы мониторинга

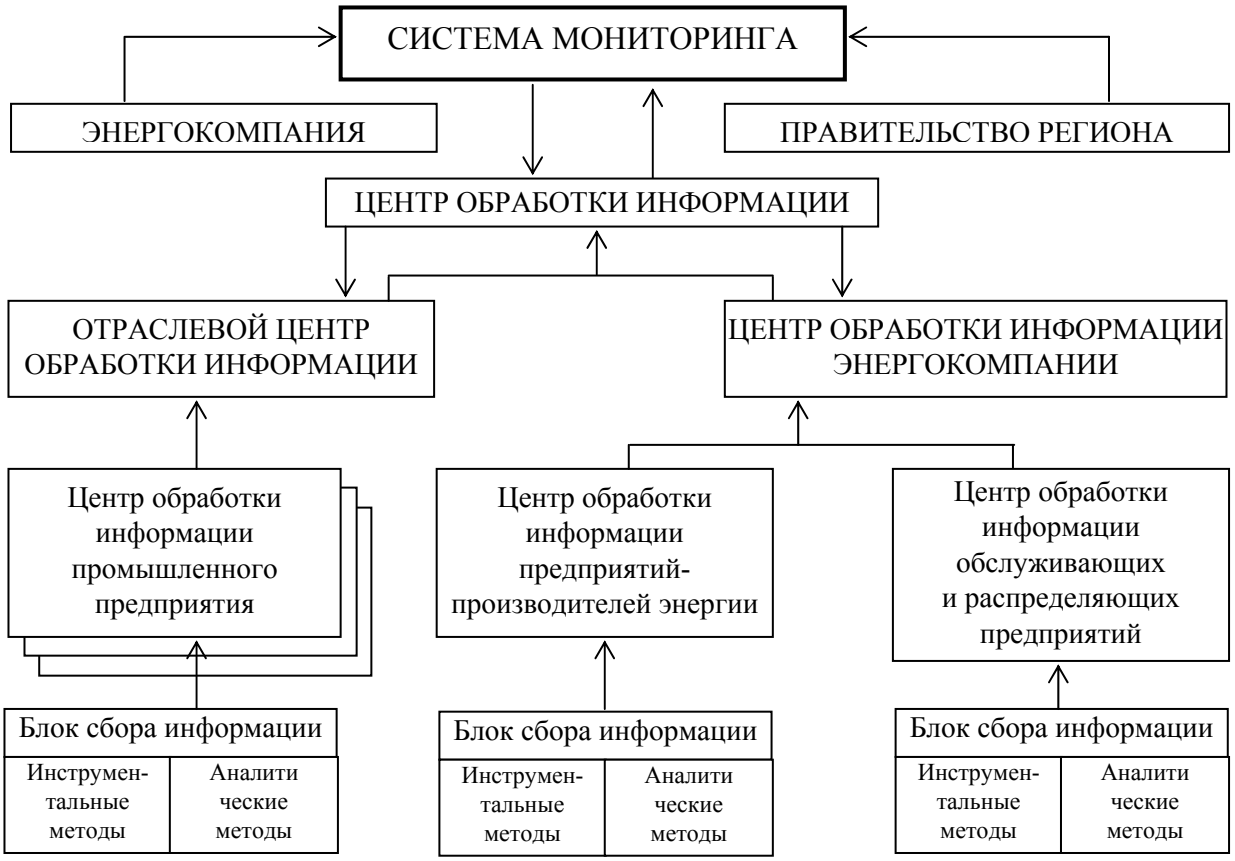


Рис. 2. Схема потоков информации и управляющих воздействий системы мониторинга

Сведения о периодичности управляющих воздействий необходимы для расчета частоты замеров уровней энергопотребления.

Характеристики эталонов производственных процессов в сопоставлении с предварительными характеристиками энергопотребления позволяют определить перечень измеряемых параметров, а также уровней измерений. Показатели энергоэффективности технологических процессов позволяют выбрать приборы для измерений и определить их характеристики.

Возможна следующая периодичность управляющих воздействий на обе подсистемы мониторинга:

– плановые воздействия с периодом, измеряемым годами, для общего контроля за энергопотреблением;

– эпизодические воздействия в течение суток, вызванные изменениями в режимах энергопотребления.

Из практики известно несколько видов мониторинга, эксплуатируемых на предприятиях, которые различаются по сложности и объему используемой информации:

– ежемесячные счета от энергоснабжающих организаций;

– сверка счетов с показаниями счетчиков, имеющихся на предприятии;

– сопоставление показаний счетчиков с выходом продукции;

– еженедельный (ежедневный) мониторинг, основанный на показаниях локальных счетчиков в подразделениях и на энергоемком оборудовании.

Мониторинг энергоэффективности включает пять основных элементов:

– оценку уровня энергопотребления с использованием локальных счетчиков предприятия, с тем чтобы определять энергопотребление каждого подразделения или участка;

– определение выхода продукции и установление зависимости между энер-

гопотреблением и объемом выпускаемой продукции;

– организацию регулярной, чаще всего еженедельной, системы отчетности с оценкой эффективности использования энергоресурсов отдельными цехами, подразделениями и предприятием в целом, включая экономическую оценку - какие средства израсходованы на энергоресурс, каков перерасход или экономия;

– формирование рабочих групп в каждом подразделении, которые регулярно анализируют полученную информацию, разрабатывают и внедряют мероприятия по повышению энергетической эффективности в своих подразделениях;

– создание механизма «обратной связи» на всех уровнях структуры предприятия для улучшения мотивации и стимулирования работников предприятия к энергосбережению.

Принцип действия системы мониторинга энергопотребления поясняет диаграмма (рис. 3).

Для успешного функционирования системы мониторинга энергопотребления на предприятии необходимы следующие условия:

– заинтересованность и поддержка руководства предприятия;

– наличие необходимого минимума счетчиков энергоресурсов;

– наличие отчетности по выпуску продукции;

– ответственный за работу системы мониторинга на предприятии;

– помощь консультантов по внедрению системы мониторинга энергоэффективности на предприятии и специальное программное обеспечение.

Главная практическая ценность системы мониторинга – возможность получать постоянно обновляемую информацию по состоянию энергоиспользования на промышленных предприятиях, которая позволяет принимать оперативные решения по управлению энергосбережением.

В качестве положительного итога реализации описанной системы энергомониторинга можно принять совокупность следующих результатов:

– прекращение расточительного использования энергии;

– уменьшение зависимости региона от покупки топливно-энергетических ресурсов;

– сохранение собственных невозобновляемых источников энергии;

– предупреждение и снижение ущерба окружающей среде и экологического риска;

– учет социальных последствий эволюции систем энергоснабжения;

– покрытие тех потребностей, которые при отсутствии мер экономии вели бы к избыточному спросу на энергоносители.

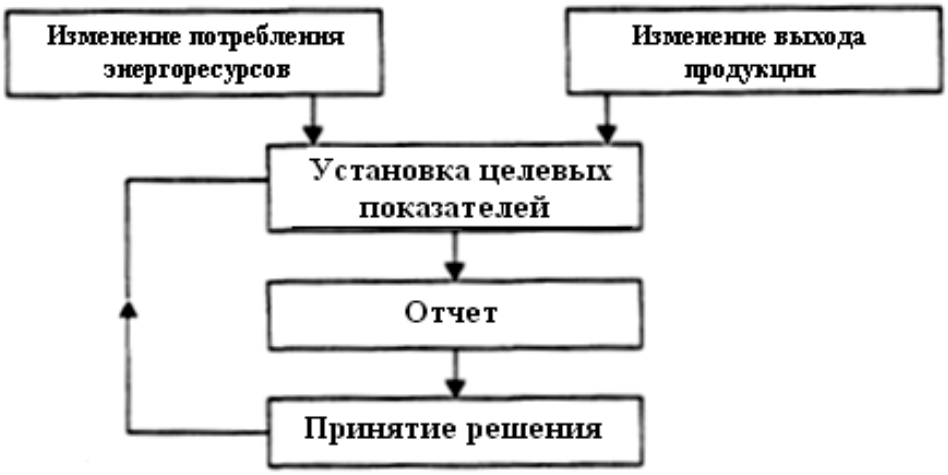


Рис. 3. Принцип действия системы мониторинга энергопотребления

Информация, получаемая с помощью системы мониторинга, позволит осуществлять информационное обеспечение следующих основных управленческих задач:

– принимать оперативные решения по управлению энергопотреблением, а также определять уровень использования энергоресурсов и энергетических мощностей потребительских установок, оптимальность режимных характеристик энергопотребления;

– прогнозировать спрос на электрическую и тепловую энергию с периодической корректировкой прежних прогнозных оценок;

– разрабатывать договорные тарифы на электрическую и тепловую энергию и контролировать условия и результаты их применения потребителями;

– формировать программы управления спросом на энергию, а также следить за ходом выполнения программ;

– разрабатывать и обеспечивать функционирование механизма стимулирования рационального энергопотребления, включающего набор поощрений и экономических санкций к потребителям.

Система мониторинга энергопотребления позволяет регулировать нагрузку предприятия, увеличивая долю технологической нагрузки в структуре электропотребления и снижая удельный вес осветительной и силовой нагрузок, что дает возможность производить оплату суммарного расхода электроэнергии в расчетном периоде по более низкой цене.

Повышение доли технологического электропотребления и снижение осветительных нагрузок ведет к решению приоритетных задач системы мониторинга:

– выравниванию совмещенного графика нагрузки региона;

– уменьшению издержек производства энергии;

– повышению эффективности использования энергоресурсов;

– согласованию экономических интересов производителей, потребителей энергии и субъекта Федерации.

Используя систему мониторинга, можно обеспечить согласование экономических интересов поставщиков и потребителей электроэнергии.

Для увязки всех наблюдений за производством энергии и состоянием энергопотребления на промышленном предприятии в первую очередь необходимо выделить объекты мониторинга и создать информационно-аналитическую систему, одним из наиболее важных элементов которой будет система баз данных, работающая в режиме реального времени.

Информационная база системы мониторинга, включающая независимую прогнозно-аналитическую структуру, позволит ускорить процесс принятия решений по следующим направлениям:

– переход на оценки будущих лет в заявках на тарифы;

– разрешение безотлагательных изменений тарифов с последующей компенсацией убытков потребителям в случае, если тарифная надбавка будет признана энергокомиссией излишней;

– распространение автоматической корректировки тарифов на различные элементы издержек, в частности на капитальные затраты.

Совокупность объектов мониторинга есть совокупность электроприемников, управляемых по единой программе в режиме регулирования нагрузки в целях формирования оптимизированных графиков электрической нагрузки предприятия.

Можно сформулировать следующие принципы формирования объектов мониторинга:

Все электроприемники независимо от категорийности по надежности электроснабжения и технологическим ограничениям режима электропотребления могут быть объектами мониторинга и участвовать в регулировании энергопотребления промышленного предприятия.

Перечень электроприемников и их регулировочные характеристики (глубина регулирования и длительность регулирующих воздействий) должны формироваться:

– на действующих предприятиях – по результатам системного анализа режимов электропотребления отдельных объектов;

– на вновь проектируемых и реконструируемых предприятиях – на базе плановых режимных и организационно-производственных ограничений режимов электропотребления предприятия.

Приоритет отдельных электроприемников на регулирование нагрузки предприятия устанавливается в заданные моменты времени по оценкам текущих и плановых значений регулировочных характеристик, показателей режимов электропотребления и технического состояния потребителя и может изменяться в широких пределах на контролируемых интервалах времени.

Программы и технические средства управления мониторингом энергопотребления обеспечивают:

– планирование графиков электрической нагрузки краткосрочное (на текущие сутки и более) и оперативное (на очередной контролируемый промежуток времени в пределах суток, например получаса);

– коррекцию регулировочных характеристик потребителей в моменты принятия решения по управлению объектами с учетом режимных ограничений и текущих значений экономических оценок эффективности регулирования нагрузки предприятия;

– управление потребителем в диалоговом режиме лица, принимающего решение о регулировании нагрузки, с ЭВМ.

При использовании в управлении энергопотреблением на производстве автоматизированных систем современными техническими средствами можно с высокой эффективностью реализовать все перечисленные ранее принципы формирования мониторинга энергоэффективности и регулировать нагрузки предприятия.

Таким образом, существует проблема создания систем мониторинга энергопотребления для промышленных предприятий, обеспечивающих более высокий уровень энергосбережения, чем существующие устройства, с высоким уровнем применения информационных технологий, с учетом управления рисками применительно к выбранному объекту.

Научно-исследовательская работа ведется в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Андрижиевский А.А., Володин В.И. Энергосбережение и энергетический менеджмент. Минск: Вышейшая школа, 2005. 294 с.

2. Башмаков И.А., Папушкин В.Н. Муниципальное энергетическое планирование // Энергосбережение. 2004. № 3. С. 26–30.

3. Башмаков И.А. Региональная политика повышения энергетической эффективности: от проблем к решениям. М.: Центр энергет. эф-ти, 1996. 254 с.

4. Белавкин И.В. Управление процессами энергосбережения на промышленном предприятии по экономическим критериям: дис. … канд. экон. наук: 08.00.05. Челябинск, 1997. 23 с.

5. Воскобойников Д.М. Экономическое стимулирование рационального использования электроэнергии в промышленности. М.: Энергоатомиздат, 1988. 80 с.

6. Воскобойников Д. М. Управление энергосбережением в промышленности. Рига, 1989. 124 с.

7. Киреева Э.А. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения: справочные материалы и примеры расчетов. М.: Энергоатомиздат, 1998. 320 с.

8. Кожевников К.Г. Энергоресурсосбережение как необходимое условие эффективной модернизации российской экономики: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М., 2000. 167 с.

9. Табунщиков Ю.А. Энергосбережение: дефицит знаний и мотиваций // АВОК. 2004. № 6.

Получено 15.11.12.

V.I. Birjulin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

N.M. Gaidash, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

A.V. Filonovich, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: 8(4712)587102, e-mail: kafedra.es@yandex.ru)

ISSUES CREATION OF ENERGY CONSUMPTION MONITORING SYSTEMS AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

The article deals with the creation of energy monitoring systems in industrial plants.
Key words: *monitoring, power consumption, system, optimization, accounting.*

УДК 004.056

Р.В. Жук, аспирант, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар) (e-mail: r.zhuk@krasnodar.pro)

А.В. Власенко, канд. техн. наук, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар)

Е.А.Титенко, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: johntit@mail.ru)

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

В статье рассматривается подход к классификации информационных систем персональных данных, области их применения и характерные особенности.
Ключевые слова: *информационная система, персональные данные, информационная безопасность, защита персональных данных.*

***

Огромное количество споров в сфере информационной безопасности персональных данных граждан Российской Федерации, а именно в области классификации информационных систем персональных данных, вызвало принятие нового нормативного документа: Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» от 01.11.12 г. № 1119 (далее – Постановление).

Данное постановление одновременно преследует 2 цели:

1. Отмена постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения об обеспечении безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» от 17.11.07 г. № 781.

2. Введение уровней защищенности персональных данных, обрабатываемых в информационных системах персональных данных, сначала параллельно, а потом и совсем на смены классам защищенности, утвержденным Приказом Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК России) Федеральной службы безопасности Российской Федерации (ФСБ России) Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации (Минин-

формсвязи России) «Об утверждении Порядка проведения классификации информационных систем персональных данных» от 13.03.08 г. № 55/86/20 (далее – «Приказ трех»).

В «Приказе трех» сложностей с классификацией информационных систем обработки персональных данных не возникало, т.к. имеются:

– 4 категории персональных данных;

– 3 объема персональных данных;

– дополнительные параметры: характеристика безопасности, структура информационной системы, наличие подключения к сетям общего пользования, режим обработки и местонахождение средств вычислительной техники.

Категории персональных данных четко прописаны, имеется перечень персональных данных для каждой из 4 категорий. При определении категории и объема обрабатываемых персональных данных информационной системе можно присвоить класс защищенности.

В новом Постановлении выделяется 5 видов информационных систем.

1. Обрабатывающая специальные категории персональных данных, касающиеся расовой, национальной принадлежности, политических взглядов, религиозных или философских убеждений, состояния здоровья, интимной жизни субъектов персональных данных.

2. Обрабатывающая биометрические персональные данные, т.е. сведения, которые характеризуют физиологические и биологические особенности человека, на основании которых можно установить его личность и которые используются оператором для установления личности субъекта персональных данных, но не обрабатываются сведения, относящиеся к специальным категориям персональных данных.

3. Обрабатывающая общедоступные персональные данные, персональные данные субъектов персональных данных, полученные только из общедоступных источников персональных данных.

4. Обрабатывающая иные категории персональных данных, если в ней не обрабатываются персональные данные, указанные в вышеперечисленных пунктах.

5. Обрабатывающая персональные данные сотрудников оператора.

Стоит заметить, что во всех случаях, кроме последнего, персональные данные сотрудников оператора не рассматриваются, т.е. создается особая категория персональных данных.

Новое постановление выделяет 3 типа угроз:

1-й тип актуален, если актуальны угрозы, связанные с наличием недокументированных (недекларированных) возможностей в системном программном обеспечении, используемом в информационной системе, т.е. операционных системах, используемых средствами вычислительной техники.

2-й тип актуален, если актуальны угрозы, связанные с наличием недокументированных (недекларированных) возможностей в прикладном программном обеспечении, используемом в информационной системе, т.е. программах обработки информации и др.

3-й тип актуален, если актуальны угрозы, не связанные с наличием недокументированных (недекларированных) возможностей в системном и прикладном программном обеспечении, используемом в информационной системе.

В итоге на замену довольно простой таблице «Приказа трех» (табл. 1) появляется довольно громоздкая, но более проработанная таблица «Постановления» (табл. 2).

В свою очередь, хочется увидеть первые попытки работы с данным документом и классифицирование информационных систем по уровням защищенности.

Исходя из анализа данного документа, прослеживается одна четкая черта, проведенная регуляторами: это разделение персональных данных сотрудников организации и персональных данных, не относящихся к сотрудникам. Данное раз-

деление делает возможным разнообразие способов защиты персональных данных, возможно, и минимизацию затрат на защиту персональных данных для организаций (табл. 3).

Таблица 1

Выбор класса защищенности персональных данных

	Объем		
Категория ПДн	Объем 3	Объем 2	Объем 1
Категория 4	К4	К4	К4
Категория 3	К3	К3	К2
Категория 2	К3	К2	К1
Категория 1	К1	К1	К1

Таблица 2

Выбор уровня защищенности

Уровень	Тип	Категория	Количество
1	1	Специальная	-
		Биометрия	-
		Иные	-
	2	Специальные	> 100 000 записей
2	1	Общедоступные	-
	2	Специальные сотрудники	-
		Специальные	< 100 000 записей
		Биометрия	-
		Общедоступные	> 100 000 записей
		Иные	> 100 000 записей
	3	Специальные	> 100 000 записей
3	2	Общедоступные сотрудники	-
		Общедоступные	< 100 000 записей
		Иные юр. лица	-
		Иные	< 100 000 записей
	3	Специальные сотрудники	-
		Специальные	< 100 000 записей
		Биометрия	
		Иные	> 100 000 записей
4	3	Общедоступные	-
		Иные сотрудники	-
		Иные	< 100 000 записей

Таблица 3

Способы и меры защиты персональных данных

Уровень	Меры
4	- физическая безопасность помещений; - сохранность носителей персональных данных; - перечень лиц, имеющих доступ к персональным данным

Окончание табл. 3

Уровень	Меры
3	- физическая безопасность помещений; - сохранность носителей персональных данных; - перечень лиц, имеющих доступ к персональным данным. Дополнительно: - назначение ответственного лица за обеспечение безопасности персональных данных; - доступ к логам только сотрудникам оператора
2	- физическая безопасность помещений; - сохранность носителей персональных данных; - перечень лиц, имеющих доступ к персональным данным; - назначение ответственного лица за обеспечение безопасности персональных данных; - доступ к логам только сотрудникам оператора. Дополнительно: - применение средств защиты информации, прошедших оценку соответствия (сертифицированных)
1	- физическая безопасность помещений; - сохранность носителей персональных данных; - перечень лиц, имеющих доступ к персональным данным; - назначение ответственного лица за обеспечение безопасности персональных данных; - доступ к логам только сотрудникам оператора; - применение средств защиты информации, прошедших оценку соответствия (сертифицированных). Дополнительно: - логирование изменений прав доступа; - назначение структурного подразделения ответственного за ИБ

С появлением данного документа классификация информационных систем персональных данных выходит на новый уровень, что подталкивает к модернизации всего состава документации по защите персональных данных и вносит небольшую определенность и детализованность в механизм обеспечения безопасности персональных данных.

Получено 13.11.12.

R.V. Zhuk, Post-Graduate Student, Kuban State Technological University
(e-mail: r.zhuk@krasnodar.pro)

A.V. Vlasenko, Candidate of Sciences, Kuban State Technological University

E.A. Titenko, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: johntit@mail.ru)

CLASSIFICATION OF INFORMATION SYSTEMS OF PERSONAL INFORMATION: YESTERDAY, TODAY, TOMORROW

In article approach to classification of information systems of personal information, areas of their application and characteristics is considered.

Key words: *information system, personal information, information security, protection of personal information.*

УДК 528.72; 528.721.1

В.Г. Андронов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

Е.В. Лазарева, преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: eugenia-lazareva@yandex.ru)

КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ КОСМИЧЕСКИХ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ КООРДИНАТНОЙ ПРИВЯЗКИ

На основе анализа динамики и особенностей формирования космических изображений в режимах панорамной съёмки со сканирующим головным зеркалом получены функциональные координатно-временные зависимости между геометрической структурой цифровых изображений подобного типа и топологическими параметрами фоточувствительной структуры сканера.

Ключевые слова: *космические сканерные изображения, панорамная фотосъёмка.*

***

Рассмотрим координатные и временные аспекты процесса формирования космических панорамных изображений. В процессе съёмки (рис. 1) световой пучок от подстилающей поверхности отражается сканирующим в плоскости угла крена КА головным зеркалом и попадает в объектив, расположенный перед задним зеркалом [1].

Пройдя объектив, световой поток отражается задним зеркалом и через экспонирующую щель (ЭЩ) попадает в фокальную плоскость (ФП) объектива, где с помощью специального механизма протягивается с постоянной скоростью $V^{П}$ рулон фотоплёнки. Экспозиция земной поверхности на фотоплёнке осуществляется информативными слоями по мере протяжки плёнки через ЭЩ. Процесс распространения информативных слоёв по рулону фотоплёнки будем называть движением (бегом) изображения, которое характеризуется вектором $V^{ИЗ}$.

Введём далее понятия тактового времени съёмки и топологических параметров ЭЩ.

С этой целью рассмотрим взаимное расположение систем координат oxy, Ikn и $o_ф x_ф y_ф$, связанных соответственно с ФП, оцифрованным изображением и фотоплёнкой в моменты времени t_0 и $t_0 + \tau_T$. Первое время позиционирует момент включения съёмочной аппаратуры, второе – момент окончания процесса формирования первого информативного слоя.

Система координат oxy жёстко закреплена в ФП съёмочной аппаратуры и расположена следующим образом (рис. 2). Начало (точка o) расположено в геометрическом центре ЭЩ и совпадает с главной точкой ФП, ось oy направлена в сторону движения КА параллельно краям ЭЩ, а ось ox дополняет систему до правой.

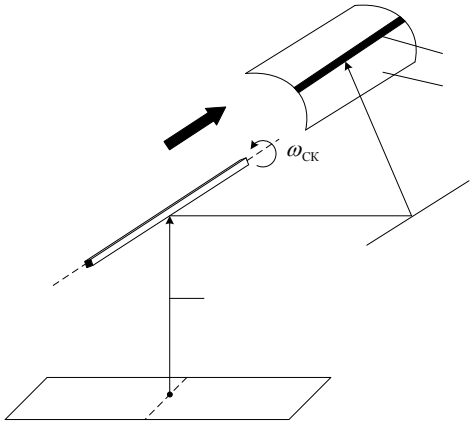


Рис. 1. Конструктивные особенности панорамной фотоаппаратуры

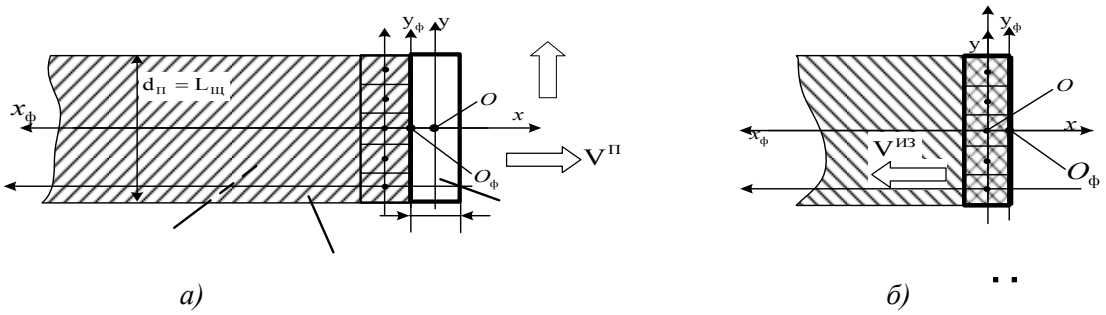


Рис. 2. Топология координатного пространства ФП: *а* – момент включения; *б* – момент окончания процесса формирования первого информативного слоя

Начало $o_Ф$ системы координат $o_Ф x_ф y_Ф$ фотоплёнки находится в середине переднего края рулона и в момент времени t_0 (рис. 2, *а*) совмещено со срединой левого края ЭЩ, ось $o_Ф x_Ф$ направлена параллельно верхним и нижним краям фотоплёнки из начала в конец рулона, а ось $o_Ф y_Ф$ совпадает с передним краем фотоплёнки и дополняет систему до левой. Очевидно, что в момент времени $t_0 + \tau_T$, соответствующий окончанию процесса формирования первого информативного слоя, начало $o_Ф$ переместится в середину правого края ЭЩ (рис. 2, *б*) с сохранением направленности осей.

Начало (точка I) системы координат Ikn, связанной с оцифрованным изображением (рис. 3), находится в геометрическом центре первого пикселя, имеющего размеры $\varepsilon \times \varepsilon$ и расположенного в правом нижнем углу рулона фотоплёнки.

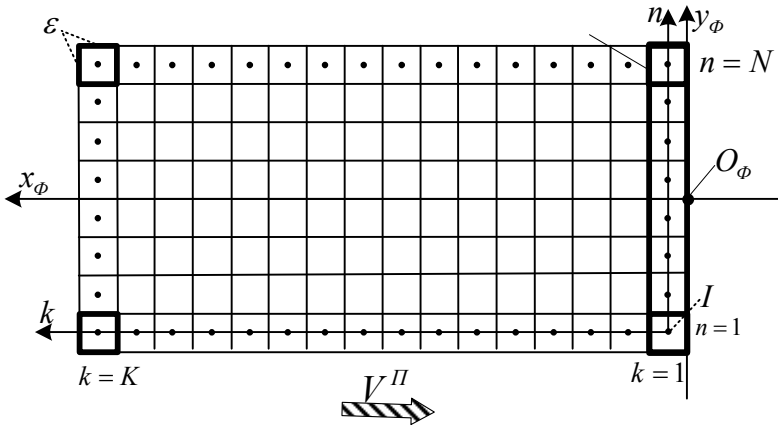


Рис. 3. Система координат оцифрованного изображения

Ось In параллельна оси $o_ф y_ф$, а ось Ik направлена через геометрические центры первых пикселей строк оцифрованного изображения параллельно нижней границе рулона фотоплёнки и оси $o_ф x_ф$, образуя левую систему координат.

Очевидно, что в момент времени t_0 (см. рис. 2, *а*) система координат Ikn находится за пределами ЭЩ. Однако к моменту времени $t_0 + \tau_T$ точка I переместится в точку $x = 0$ (см. рис. 2, *б*), в которой ось In совпадёт с осью oy, а ось Ik останется параллельной оси $o_ф x_ф$.

С учётом описанной топологии координатного пространства ФП, под тактовым временем здесь и далее будем понимать интервал времени τ_T (см. рис. 2, *б*) протяжки плёнки с постоянной скоростью $V^П$ от левого до правого края ЭЩ.

Если считать, что фотоплёнка неподвижна и начало рулона находится в середине правого края ЭЩ, то тактовое время есть интервал времени τ_T движения изображения по рулону фотоплёнки с постоянной скоростью $V^{ИЗ}$ от правого до левого края ЭЩ. Время τ_T характеризует длительность процесса формирования информативных слоёв фотоплёнки (строк оцифрованного изображения) и их временную дискретность. При этом отметим, что все точки информативных слоёв проходят по ЭЩ одинаковое расстояние с одинаковой скоростью и имеют одинаковое тактовое время экспозиции τ_T. Отсюда следует, что положение точек в один и тот же момент времени τ_T внутри информативного слоя (пикселя изображения) описывается их положением относительно точек ЭЩ в системе координат oxy ФП.

Для обеспечения условия отсутствия смаза изображения в процессе его формирования вектор $V^{П}$ скорости движения фотоплёнки должен быть расположен под определённым углом ψ к оси ox системы координат oxy ФП [2].

На рисунке 4 показан вариант топологии координатного пространства ФП в момент времени $t_0 + \tau_T$ окончания процесса формирования первого информативного слоя (первой строки оцифрованного изображения), обеспечивающий выполнение условий компенсации смаза. Видно, что продольная и поперечная составляющие V_X, V_Y вектора $V^{ИЗ}$ в системе координат ФП oxy связаны с его аналогичными $V_X^{ф}, V_Y^{ф}$ составляющими в системе координат фотоплёнки соотношениями

$$V_X = V_X^{ф}\cos\psi, V_Y = V_X^{ф}\sin\psi, \qquad (1)$$

а вектора скорости протяжки плёнки и бега изображения на фотоплёнке – формулами

$$V^{П} = -V^{ф},\ V_Y^{ф} = 0, V_X^{ф} = -V^{П}. \qquad (2)$$

Легко показать, что в любой момент времени съёмки порядковые номера n пикселей оцифрованного панорамного изображения и координаты их геометрических центров x_n, y_n в системе координат oxy связаны следующими выражениями:

$$\begin{aligned} y = y_n = y_ф \cos\psi = \\ = \left[\left(n - \frac{N}{2}\right)\times\varepsilon + \varepsilon/2\right]\times\cos\psi; \\ x = x_n = -y_ф \sin\psi = \\ = -\left[\left(n - \frac{N}{2}\right)\times\varepsilon + \varepsilon/2\right]\times\sin\psi. \end{aligned} \qquad (3)$$

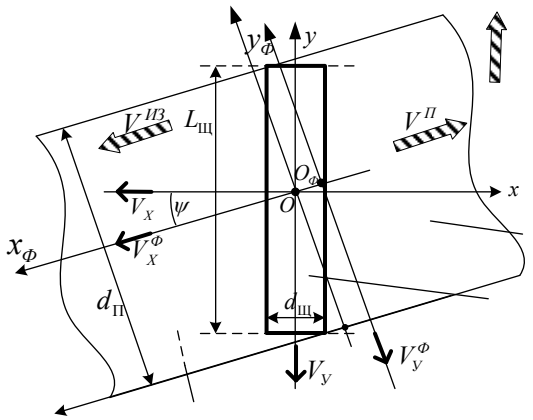


Рис. 4. Координатное пространство фокальной плоскости в момент времени $t_0 + \tau_T$

Тактовое время τ_T для фотоизображения и оцифрованного снимка, как видно из рисунка 4, будет определяться следующими выражениями:

$$\tau_T = \frac{d_{Щ}}{V^{П}\cos\psi}; \qquad \tau_T = \frac{\varepsilon}{V^{П}}. \qquad (4)$$

Формула для вычисления времени τ_k формирования строки оцифрованного изображения с порядковым номером k с учётом (4) будет иметь следующий вид:

$$\tau_k = k\tau_T = k\frac{\varepsilon}{V^{П}}. \qquad (5)$$

Для нахождения текущего значения $\beta(\tau_k)$ угловой ориентации линии визирования по углу крена КА в момент времени τ_k будем полагать, что при значении $\beta_0 = 0$ в момент открытия затвора (рис. 5, *а*) линия визирования SK будет находиться в исходном положении, соответствующем углу панорамирования φ_{min}.

Значение этого угла по физическому смыслу угла крена будет отрицательным. При попадании зеркала в положение, соответствующее $\beta(t_K) = \varphi_{max}$, пластинки затвора сходятся, доступ световой энергии прекращается (рис. 5, б). Формализуя эти особенности, текущее значение угла панорамирования $\varphi(\tau_k)$ и соответственно угла крена $\beta(\tau_k)$ можно определить по формуле

$$\beta(\tau_k) = \beta_0 + \varphi(\tau_k) = \varphi(\tau_k) = \varphi_{min} + \omega_{CK}\tau_k, \qquad (6)$$

где τ_k – текущее время на интервале съёмки (t_0, t_K); $\varphi_{min} \le \varphi(\tau) \le \varphi_{max}$.

Подставив в формулу (6) выражение (5), получим

$$\beta(\tau_k) = \varphi(\tau_k) = \varphi_{min} + k \times \omega_{CK} \times \tau_T. \qquad (7)$$

Аналитические зависимости (1)-(7) описывают координатно-временную модель космических панорамных изображений в прямой задаче координатной привязки, когда по заданным (измеренным) порядковым номерам пикселей панорамного изображения необходимо вычислить их пространственные координаты на местности. Из этих выражений легко получить соотношения для координатно-временной модели в обратной задаче, которые имеют следующий вид:

$$n = \overline{E}\left[\frac{N}{2} + \frac{y}{\varepsilon\cos\psi} - 0,5\right], \qquad (8)$$

где $\overline{E}$ – оператор округления числа в большую сторону, если мантисса числа больше 0,5, и в меньшую сторону, если мантисса меньше 0,5; ε – размер пикселя оцифрованного изображения.

$$k = \overline{E}\left[\tau_k / \tau_T\right], \qquad (9)$$

где $\overline{E}$ – оператор округления числа в большую сторону, если мантисса числа больше 0,5, и в меньшую сторону, если мантисса меньше 0,5.

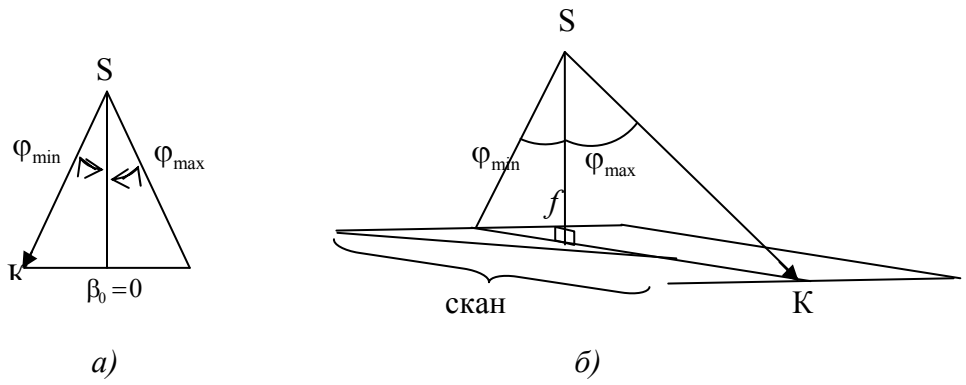


Рис. 5. К определению текущего угла панорамирования: *а* – исходное положение; *б* – положение в конце интервала съемки

Полученные выражения (1)-(9) решают задачу геометрической и временной привязки связки проектирующих лучей в фокальной плоскости в процессе их формирования.

1. Андронов В.Г., Дягтерев С.В., Лазарева Е.В. Модель формирования космических сканерных изображений в режимах панорамной съёмки // Информационно-измерительные и управляющие системы. М.: Радиотехника. 2010. Т. 8, № 11. С. 19–26.

2. Андронов В.Г., Дегтярёв С.В., Лазарева Е.В. Фотограмметрическая модель космических панорамных изображений // Изв. вузов. Серия «Приборостроение». № 1. 2011. С. 19–24.

Получено 15.11.12.

V.G. Andronov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

E.V. Lazareva, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: eugenia-lazareva@yandex.ru)

COORDINATE-TIME MODEL OF SPACE PANORAMIC IMAGES IN DIRECT AND INVERSE GRIDDING PROBLEMS

Based on the analysis of dynamics and specifics of space image formation during panoramic shooting with head mirror, the authors obtained functional coordinate-time relationships between geometric structure of digital images and topological parameters of photosensitive scanner structure.

Key words: *space scanning images, panoramic shooting.*

УДК 004.042

Д.Б. Борзов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: borzovdb@kursknet.ru, (тел.: (4712) 58-71-05)

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

Р.А. Филатов, преподаватель, Курская государственная сельскохозяйственная академия (тел.: 8-904-52-57-823)

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ ТОПОЛОГИИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ (ПЛИС) В СИСТЕМАХ БОРТОВОЙ АВИАЦИИ

Рассмотрена проблема отказов модулей ПЛИС в системах бортовой авиации, показана необходимость оперативной реакции на отказ, предложен метод оперативной реакции и предложены варианты его применения.

Ключевые слова: *планирование, отказ, ПЛИС, реакция, топология, ботовая авиация.*

***

Подсистемы бортового радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов (БРЭО) являются специализированными подсистемами с собственной ЦВМ и блоками интерфейсов, сопрягаемыми по верхнему уровню интерфейсной шины. Это самолеты P/A-18, F-16, F-I5, Рафаль, Еврофайтер и другие. Возросшая вычислительная мощность и очень высокая степень интеграции на уровне микросхем позволяет объединять некоторые задачи и реализовать функции некоторых подсистем в единых модулях. Эти модули, так называемые препроцессоры, заменяющие многочисленные вычислители автономных систем БРЭО, монтируются в едином стеллаже, при этом межмодульные соединения осуществляются системной платой [1]. Связь препроцессоров с периферийными подсистемами и кабиной пилота осуществляется через шину Авионики (MIL STD 1553) и шину оружия (MIL STD 1760) центральным процессором данных (ЦПД) с помощью сети распределения данных

[1]. Работа является продолжением исследований, начатых в [2].

Для эффективного выполнения функций боевых самолетов пятого поколения и обеспечения перечисленных требований необходимо создание итерированных высокоинтеллектуальных бортовых комплексов, вычислительные системы которых имеют высокий информационно-вычислительный потенциал; обладают способностью к проведению осмысленного анализа, близкого к человеческому; способны к принятию решений на основе накопленных знаний; способны к адаптации в заранее непредсказуемых ситуациях [3].

Базовый набор такого оборудования должен допускать введение в его состав модулей расширения (модули процессоров обработки сигналов, процессоров обработки изображений и ряда других) в соответствии с требованиями конкретного применения. Это позволит создавать вычислительные средства, которые могут быть использованы для решения практически всех задач борта, в том числе и тех, которые требуют обработки больших массивов информации в реальном времени. Например, на рис. 1 показана логика управления воздушным боем истребителя [3].

Из рис. 1 видно, что при ведении воздушного боя возникает множество задач, которые должны быть решены в максимально короткие сроки, и применение для решения таких задач программных методов неприемлемо из-за длительного времени решения. Кроме того, в любом средстве авиации необходима минимизация габаритных размеров, а следовательно, всех входящих в него модулей и средств управления. Более того, развитие и прогресс вычислительной техники требуют постоянной унификации технических средств. С этим связано применение и постоянное использование технологии ПЛИС, БИС и СБИС.

С другой стороны, как отмечалось в [1, 3], в системах и устройствах реального времени происходят отказы и сбои, реакция на которые должна быть минимальна по времени. Например, при выходе из строя внутреннего модуля ПЛИС, БИС или СБИС, как было показано в [2], необходима оперативная перестройка внутренней конфигурации, а значит, переразмещение и переконфигурация внутренних связей. При этом применение для этого существующих программных методов моделирования отжига, генетической эволюции, роящихся частиц и т.п. неприемлемо из-за длительного времени решения [4]. Следовательно, необходимо применение альтернативных аппаратно-ориентированных подходов и устройств.

В [2] был разработан метод и аппаратно-ориентированный алгоритм планирования топологии ПЛИС для систем высокой готовности.

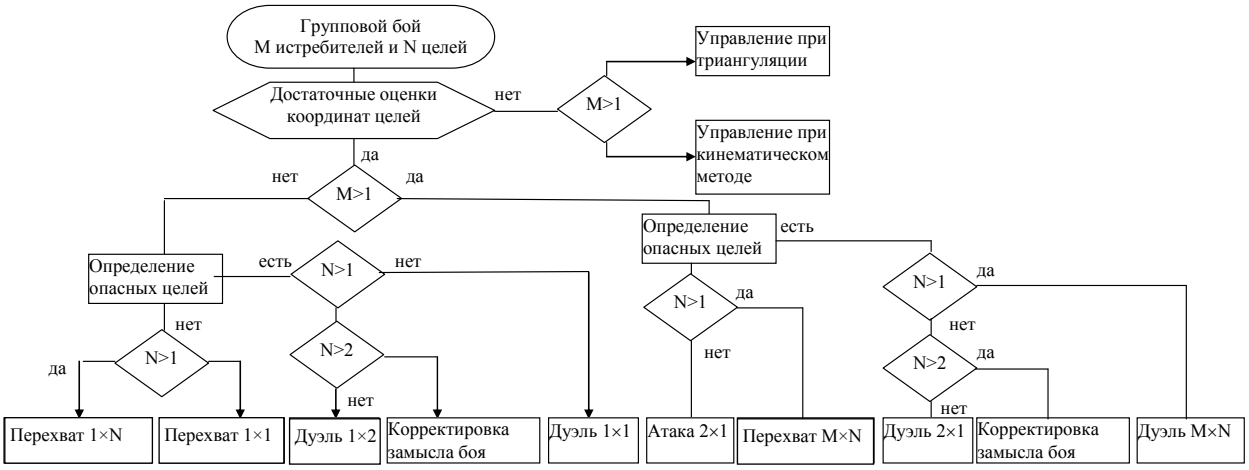


Рис. 1. Логика управления воздушным боем истребителя

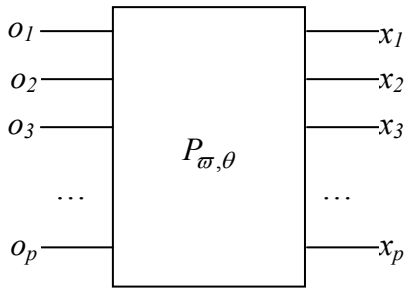


Рис. 2. Модуль ПЛИС

На рис. 2 представлен гипотетический вариант микросхемы ПЛИС. Здесь $P_{\omega,\theta}$ обозначает микросхему ПЛИС, набор $o_1, o_2, \ldots, o_p$ представляет входящие выводы микросхемы модуля ПЛИС, а $x_1, x_2, \ldots, x_p$ – выходящие выводы. Из анализа рис. 2 и основ схемотехники видно и известно, что количество выводов микросхем может быть различно, а значит, параметр p не может быть известен заранее. В то же время при проектировании печатной платы и внутренней конфигурации ПЛИС может возникнуть ситуация, представленная на рис. 3.

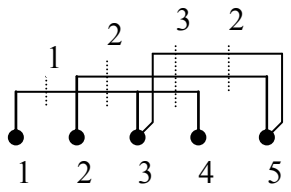


Рис. 3. Вариант конфигурации модуля ПЛИС

На рис. 3 черными кружками обозначены выводы модулей ПЛИС. Числа над пунктирными линиями обозначают степени загрузки каналов между парами смежных контактов. Очевидно, что для минимизации площади микросхемы и увеличения быстродействия желательно, чтобы количество каналов было минимально. В случае, представленном на рис. 3, если переставить местами выводы 3 и 4, количество каналов уменьшится с количества 3 до 2. На данной идее был предложен и разработан аппаратно-ориентированный алгоритм и устройство-акселератор, структурная схема которого представлена на рис. 4.

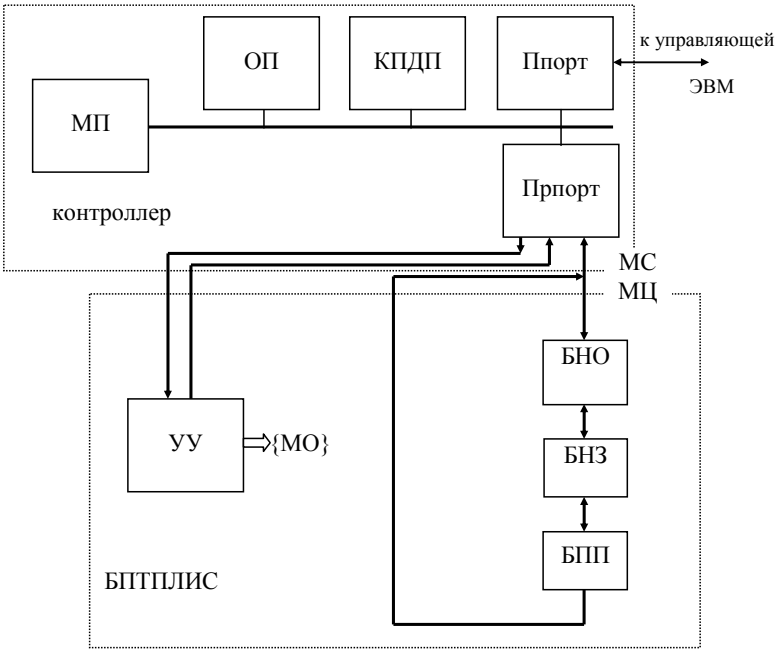


Рис. 4. Структурная организация акселератора: БПТПЛИС – блок планирования топологии ПЛИС; МП – микропроцессор; ОП – оперативная память; КПРДП – контроллер прямого доступа в память; Пппорт – параллельный порт; Мс – матрица смежности; МЦ – матрица цепей; БПП – блок поисковых перестановок; БНО – блок нахождения минимальной нижней оценки; БНЗ – блок поиска начального значения коммуникационной задержки

МП контроллера работает в соответствии с программой, записанной в ОП, передает исходные вариант матрицы смежности МС и матрицы цепей МЦ в блок БПТПЛИС, соответствующий топологии ПЛИС на данный момент. Возникают ситуации, когда необходим оперативный поиск нового варианта топологии, т.е. переразмещение подпрограмм, соответствующий решаемой в ПЛИС программе (подпрограмме). Если необходимо составление нового варианта топологии, то в блок БПТПЛИС передаются матрицы МС и МЦ, содержащие нули.

В дальнейших исследованиях планируется анализ и производительности, и аппаратной сложности разработанного метода, устройства и сопоставление с существующими аналогами.

Работа выполнена в рамках программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (проект 2012-1.2.1-12-000-2005-5368).

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».

Список литературы

1. Тарасов В.В. Системы автоматизированного управления оснащением питательных аппаратов: учеб. / Отраслевое издательство «Технический прогресс и повышение квалификации кадров в авиационной промышленности». М., 1997. 158 с.

2. 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.

3. Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра: монография / под ред. Е.А. Федосова. 2-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2004. 816 с.

4. LaPotin D.Рю, Director S.W. A global floorplaning tool // IEEE Int. Conf. on Computer. Aided Design, Santa Clara, CA, 1985. P. 143–145.

Получено 20.11.12.

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

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

R.A. Filatov, Lecturer, Kursk State Agrigal Academi (e-mail: Fenix-178@yandex.ru)

METHODS OF APPLICATION OF PLANNING TOPOLOGY PROGRAMMABLE INTEGRATED FPGAS IN-BOARD AVIATION

The problem of failure of modules in the FPGA on-board aircraft, shows the need for rapid response to failure, the method operative reaction and variants of its application

Key words: *planning, failure, FPGA, reaction, topology, bots aviation.*

УДК 517.982

В.И. Дмитриев, канд. физ.-мат. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712)52-38-24)

ОРБИТАЛЬНО ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ БАНАХОВЫХ ПАР (ℓ_1, c_0) И (ℓ_1, ℓ_p)

Изучаются элементы модельной банаховой пары (ℓ_1, c_0), орбитально неотличимые от элементов классических лебеговых весовых ℓ_1- и ℓ_p -пространств.

Ключевые слова: *банахова пара, интерполяционная орбита, лебеговы пространства последовательностей.*

***

Пусть $\overline{A}=(A_0,A_1)$ и $\overline{B}=(B_0,B_1)$ – две пары банаховых пространств. Будем рассматривать линейные операторы T: $\Sigma(\overline{A})\to\Sigma(\overline{B})<$, поясним: здесь $\Sigma(\overline{A})$ – это $A_0+A_1>$. Говорят, что такой оператор является оператором из пары $\overline{A}$ в пару $\overline{B}$, если его сужение на A_i является непрерывным отображением в B_i, $i=0,1$, в записи: $T:\overline{A}\to\overline{B}$. Зафиксируем элемент a$\in\Sigma(\overline{A})$, подействуем на него каждым оператором $T:\overline{A}\to\overline{B}$, получим некоторое множество элементов в $\Sigma(\overline{B})$. Оно называется орбитой элемента a и обозначается

$$\mathrm{Orb}\,(\mathrm{a};\overline{A}\to\overline{B}).$$

Орбиты играют центральную роль в теории интерполяционных пространств. Одна из главных задач теории − эффективная характеризация орбит − в общем виде весьма трудна, и перечень банаховых пар, для которых задача получила полное решение, не слишком обширен, а исследование орбит проводится преимущественно для конкретных банаховых пар.

В настоящей заметке предлагается несколько равносильных способов охарактеризовать те элементы банаховой пары (ℓ_1,c_0), для каждого из которых в какой-либо паре $(\ell_1^{w_0},\ell_p^{w_1})$, $1\le p<\infty$, где w_0,w_1 − веса, найдется орбитально эквивалентный элемент. При этом элементы называются орбитально эквивалетными, если их орбиты совпадают в любой банаховой паре.

Мы без дополнительных разъяснений используем основные понятия и факты функционального анализа и теории интерполяции операторов [1–4].

Теорема. Пусть $f\in\ell_1+c_0=c_0$. Положим $K(t)=K(t,f;\ell_1,c_0)$. Пусть $1\le p<\infty$. Нижеследующие утверждения равносильны:

1) элемент f пары (ℓ_1,c_0) орбитально эквивалентен некоторому элементу пары вида $(\ell_1^{w_0},\ell_p^{w_1})$;

2) существует вес $w\in\ell_1$ (а значит, пространство $\ell_1^w\supset\ell_\infty\supset c_0$), такой, что элемент f пары (ℓ_1,c_0) орбитально эквивалентен элементу f пары (ℓ_1,ℓ_1^w);

3) существует оператор из пары (ℓ_1,c_0) в пару (ℓ_1,c_0), абсолютно суммирующий из c_0 в c_0, для которого элемент f является неподвижной точкой;

4) существует оператор из пары (ℓ_1,c_0) в пару (ℓ_1,c_0), ядерный из c_0 в c_0, оставляющий элемент f на месте;

5) элемент f представляет собой абсолютно кальдеронов элемент пары (ℓ_1,c_0). При этом элемент называется абсолютно кальдероновым, если его орбита в любой (относительно полной) паре совпадает с его K-орбитой [6];

6) (для $f\ne0$) существует постоянная γ, $0<\gamma<1$, такая, что

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{K^{-1}(\gamma K(n))}{n^2}<\infty.$$

При доказательстве теоремы нам понадобится следующий факт [5].

Лемма. Пусть $\overline{B}=(B_0,B_1)$ − банахова пара. Если $f\in c_0$, $b\in B_1$ и $b=Tf$, где T − оператор из пары (ℓ_1,c_0) в пару $\overline{B}$, абсолютно суммирующий из c_0 в B_1, то найдется вес $\mathrm{w}\in\ell_1$ (равносильно $\ell_1^w\supset\ell_\infty\supset c_0$), такой, что $b\in Orb(f;(\ell_1,\ell_1^w)\to\overline{B})$.

Доказательство теоремы.

1) $\Rightarrow$ 4). Пусть элемент f пары (ℓ_1, c_0) орбитально эквивалентен элементу x пары $(\ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1})$, $1 \le p < \infty$, т.е. $Tf = x$, где $T:(\ell_1, c_0) \to (\ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1})$, и $Sx = f$, где $S:(\ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1}) \to (\ell_1, c_0)$. Положим $R = ST$. Имеем $R:(\ell_1, c_0) \to (\ell_1, c_0)$ и $Rf = f$.

Предположим, что $1 \le p \le 2$. По теореме Гротендика оператор T как оператор из c_0 в $\ell_p^{w_1}$ является абсолютно 2-суммирующим. Следовательно, оператор R абсолютно 2-суммирует из c_0 в c_0. Поскольку, как известно, произведение двух абсолютно 2-суммирующих операторов представляет собой ядерный оператор, то оператор R^2 − ядерный из c_0 в c_0. Кроме того,

$$R^2:(\ell_1, c_0) \to (\ell_1, c_0) \quad \text{и} \quad R^2 f = f.$$

Предположим теперь, что $2 < p < \infty$. Оператор T как оператор из c_0 в $\ell_p^{w_1}$ является r-суммирующим при любом $r > p$. Значит, то же справедливо для $R: c_0 \to c_0$. Возьмем $r = 2^n$ с натуральным n. Поскольку, как известно, произведение абсолютно α-суммирующего и абсолютно β-суммирующего операторов есть абсолютно γ-суммирующий оператор, где $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\gamma} \le 1$, то оператор R^2 абсолютно 2^{n-1}− суммирует из c_0 в c_0, $(R^2)^2 = R^{2^2}$ абсолютно 2^{n-2} суммирует из c_0 в $c_0, \ldots,$ $R^{2^{n-1}}$ абсолютно 2-суммирует из c_0 в c_0. Значит, R^{2^n} − ядерный из c_0 в c_0. Кроме того, $R^{2^n}:(\ell_1, c_0) \to (\ell_1, c_0)$ и $R^{2^n} f = f$.

4) $\Rightarrow$ 3) . Тривиально, так как ядерный оператор является абсолютно суммирующим.

3) $\Rightarrow$ 2). Пусть $T:(\ell_1, c_0) \to (\ell_1, c_0)$, T-абсолютно суммирующий из c_0 в c_0, $Tf = f$. В соответствии с леммой найдутся вес $w \in \ell_1$ и оператор $S:(\ell_1, \ell_1^w) \to (\ell_1, c_0)$ так, что $Sf = f$. С другой стороны, поскольку $c_0 \subset \ell_1^w$, имеем $id:(\ell_1, c_0) \to (\ell_1, \ell_1^w)$, $id\, f = f$. Следовательно, элемент f пары (ℓ_1, c_0) орбитально эквивалентен элементу f пары (ℓ_1, ℓ_1^w).

2) $\Rightarrow$ 5). Пусть

$$\begin{aligned} &Orb(f;(\ell_1, c_0) \to \bar{X}) = \\ &= Orb(f;(\ell_1, \ell_1^w) \to \bar{X}) \end{aligned} \qquad (*)$$

для любой банаховой пары $\bar{X}$. Известно, что интерполяция из пары весовых ℓ_1-пространств в любую (относительно полную) банахову пару K-монотонна [3-5]. Поэтому, если $\vec{X}$ относительно полна, имеем

$$\begin{aligned} &Orb(f;(\ell_1, \ell_1^w) \to \bar{X}) = \\ &= K - Orb(f;(\ell_1, \ell_1^w) \to \bar{X}). \end{aligned}$$

Обращаясь к условию (*) и вытекающей из (*) эквивалентности функций $K(t, f; \ell_1, c_0)$ и $K(t, f; \ell_1, \ell_1^w)$, видим, что

$$\begin{aligned} &Orb(f;(\ell_1, c_0) \to \bar{X}) = \\ &= \{x \in \Sigma(\bar{X}) : \sup K(t, x; \bar{X}) / K(t, f; \ell_1, c_0) < \infty\} = \\ &= K - Orb(f;(\ell_1, c_0) \to \bar{X}). \end{aligned}$$

5) $\Leftrightarrow$ 6). Равносильность утверждений 5) и 6) доказана в работе [6].

5) $\Rightarrow$ 1). Пусть f − абсолютно кальдеронов элемент пары (ℓ_1, c_0). Рассмотрим любую K_0-полную [3] пару $(\ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1})$. Выберем элемент $x \in \ell_1^{w_0} + \ell_p^{w_1}$ так, чтобы функция $K(t, x; \ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1})$ была эквивалентна функции $K(t, f; \ell_1, c_0)$. Так как элемент f абсолютно кальдеронов, то $x \in Orb(f;(\ell_1, c_0) \to (\ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1}))$. Остается

установить существование оператора из $(\ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1})$ в (ℓ_1, c_0), переводящего элемент x в элемент f. Но это вытекает из теоремы автора о К-монотонности интерполяции из пары $(\ell_{p_0}^{w_0}, \ell_{p_1}^{w_1})$ в пару $(\ell_{q_0}^{v_0}, \ell_{q_1}^{v_1})$ при $p_0 \le q_0, p_1 \le q_1$ [5].

Теорема доказана.

Просматривая доказательство импликации 2) $\Rightarrow$ 5), можно заметить, что утверждения 1)−6) равносильны утверждению

7) элемент *f* пары (ℓ_1, c_0) орбитально эквивалентен некоторому элементу пары вида $(\ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1})$.

В паре (ℓ_1, c_0) элементы *f*, имеющие орбитально эквивалентные элементы в парах вида $(\ell_1^{w_0}, \ell_p^{w_1})$, характеризуются условием 6), которое, как нетрудно видеть, можно сформулировать следующим образом: найдутся неубывающая последовательность положительных $(t(n))_{n=1}^{\infty}$ со свойством $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{t(n)}{n^2} < \infty$ и постоянная $c > 1$, такие, что

$$K(n) \le cK(t(n)). \qquad \text{(S)}$$

Ясно, что неравенство (S) дает сильные ограничения на рост функции K(t) на бесконечности. В [6] доказано, что из (S) следует $K(t) = o(t^{\varepsilon}), t \to \infty$, при любом $\varepsilon > 0$. Тем не менее существует «много» элементов $f \notin \ell_1 \cap c_0 = \ell_1$, для которых (S) выполняется. Если рассматривать соответствующие функции *K*(*t*), то автору известен пример, в котором функция *K*(*t*) при $t \to \infty$ эквивалентна функции $t^{\varepsilon(t)}$, где $\varepsilon(t) = \frac{1}{\ln \ln t}$. Не исключено, что в этом примере достигнут максимально возможный рост функций, удовлетворяющих условию (S).

Список литературы

1. Берг Й., Лёфстрем Й. Интерполяционные пространства. Введение. М.: Мир, 1980.

2. Крейн С.Г., Петунин Ю.И., Семенов Е.М. Интерполяция линейных операторов. М.: Наука, 1978.

3. Брудный Ю.А., Крейн С.Г., Семенов Е.М. Интерполяция линейных операторов // ВИНИТИ. Итоги науки и техники. Сер. «Мат. анализ». 1986. Т. 24. С. 3–163.

4. Ovchinnikov V.I. The method of orbits in interpolation theory // Math. Reports. 1984. Vol. 1, part 2. P. 349–516.

5. Дмитриев В.И. Об интерполяции операторов в пространствах Lp // ДАН СССР. 1981. Т. 260, № 5. С. 1051–1054.

6. (0=К0) − массив банаховой пары (ℓ_1, c_0) / Дмитриев В.И.; Курск. политехн. ин-т. Курск, 1985. 22 с. Деп. в ВИНИТИ. № 2035 − В86.

Получено 21.11.12.

V.I. Dmitriev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(tel.: (4712) 52-38-24)

ORBITALLY EQUIVALENT ELEMENTS OF BANACH PAIRS (ℓ_1, c_0) AND (ℓ_1, ℓ_p)

The elements of model Banach pair (ℓ_1, c_0) which are orbitally equivalent to elements of classic Lebesgue weighted ℓ_1- and ℓ_p -spaces are studied.

Key words: *Banach pair, interpolation orbit, Lebesgue sequence spaces.*

УДК 681.2

В.М. Емельянов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: emelianov@nm.ru)

Л.А. Пимнева, д-р хим. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: l.pimneva@mail.ru)

В.В. Емельянов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: wemelyanov@yandex.ru)

И.И. Шуклин, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: shuklin@nm.ru)

А.А. Моисеев, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: anton.anatolievic.moiseev@qmail.ru)

Т.В. Алпеева, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: tanja-alpeeva@rambler.ru)

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МНОГОСЛОЙНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ИЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ И С ДИЭЛЕКТРИКОМ ИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ НАДЕЖНОСТИ

Проведено аналитическое решение системы уравнений сложного напряженного состояния межслойного перехода контактных элементов из сверхпроводящих наноструктурированных материалов при воздействии температурного разрушающего фактора. Показано, что для устойчивости многослойных переходов к термомеханическим напряжениям величина адгезии металлизации к контактным площадкам для полиимидных плат должна быть в диапазоне (12–15)x10^5 Н/м^2, для минеральных диэлектриков – 35x10^5 Н/м^2.

Ключевые слова: *надёжность, аналитическая модель, многослойные межсоединения, сверхпроводящие материалы, наноструктурирование, прочность.*

***

Математическое моделирование возникновения термомеханических напряжений в контактных элементах с наноструктурированными сверхпроводящими материалами для определения диапазона допустимых значений прочностных характеристик проведено в работах [1-4].

Для учета влияния изгиба контактных площадок в межслойном переходе рассмотрим дифференциальное уравнение линии изгиба. Если «контактная площадка-диэлектрик» может быть сведена к системе «балка на упругом основании» [5, 6] (рис. 1), то уравнение изгиба имеет вид

$$y^4 + 4 \cdot k^4 \cdot y = 0, \qquad (1)$$

где $k = \left(\dfrac{6 \cdot E_{zg}}{E_m \cdot h^3 \cdot H\left(1 - \alpha_{zg} \Delta T\right)} \right)^{0,25}$ – коэффициент, характеризующий механические характеристики диэлектрика и контактной площадки;

h – толщина контактной площадки;

H – толщина контактного элемента.

Решение уравнения (1) имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} y = {} & \exp\left(-k\left(r - r_2\right) C_1 \sin\left(k\left(r - r_2\right)\right)\right) + \\ & + C_2 \cos\left(k\left(r - r_2\right)\right) + \\ & + \exp\left(k\left(r - r_2\right)\right) \cdot \begin{pmatrix} C_3 \sin\left(k\left(r - r_2\right)\right) + \\ + C_4 \cos\left(k\left(r - r_2\right)\right) \end{pmatrix}. \end{aligned} \qquad (2)$$

Постоянные C_1, C_2, C_3, C_4 определяются из следующих граничных условий:

$$\Theta = y^{I}|_{r=r_2} = 0; \quad Q = E_m J y^{III}\Big|_{r=r_2} = -\sigma_{zm} F_{zm};$$

$$M = E_m J y^{II}\Big|_{r=r_{1k}} = 0; \; Q = E_m J y^{III}\Big|_{r=r_2} = 0, \qquad (3)$$

где Θ – угол поворота сечения контактной площадки;

Q – поперечная сила, действующая в сечении контактной площадки;

$r_{1к}$ – радиус контактной площадки.

Решая совместно (1)–(3) и учитывая наличие в металлизации начальных механических напряжений, получим соотношения для определения напряжений в металлизации:

$$\begin{cases} \sigma'_{rm} = \dfrac{\left[\Delta a_r - (n'+m')\Delta a_z\right]\Delta T}{S-\beta'-k_1(m'+n')} + \\ \quad + \dfrac{\mu_{m/}E_m(1-m'+\mu_{zg})/\mu_m n')\sigma_{to}}{S-\beta'-k_1(m'+n')}; \\ \sigma'_{rm} = E_m/\mu_m n'(\Delta a_z \Delta T + \sigma'_{rm}k_1) + n'\sigma_{to}; \\ \sigma_{tm} = \sigma_{rm} r_2 / B, \end{cases} \qquad (4)$$

где $n' = \dfrac{\mu_m}{1-\alpha E_m}$; $m' = \dfrac{\mu_{zg}}{1+E_{zg}\alpha^{-1}}$;

$\beta' = \dfrac{1-17\mu_g/15}{E_g}$; $k_1 = \dfrac{2\mu_{zg}}{15E_g} + \dfrac{\mu_m\left(1+r_2/b\right)}{E_m}$.

С учетом пластических деформаций в математическую модель (4) необходимо привести к зависимости $s = f(\varepsilon)$ напряжения от деформации (рис. 1, 2):

$\sigma_m = E\varepsilon$ при $\sigma < \sigma_t$ и

$\sigma_m = \sigma_t + D(\varepsilon - \varepsilon_t)$ при $\sigma > \sigma_t$,

где $E = tg\varphi_1$, $D = tg\varphi_2$;

σ_t – предел текучести сверхпроводящего материала.

Условие перехода металлизации в пластическое состояние, вытекающее из гипотезы энергии формообразования, можно записать в следующем виде [7]:

$$\sigma_m = \sqrt{2}/2[(\sigma_{rm}-\sigma_{tm})^2 + \\ +(\sigma_{tm}-\sigma_{zm})^2 + (\sigma_{zm}-\sigma_{rm})^2]^{1/2} \qquad (5)$$

при $\sigma_m > \sigma_t$.

Математическая модель межслойного перехода при воздействии температурного разрушающего фактора с учетом пластической деформации будет иметь следующий вид:

$$\vec{\sigma} = \vec{\sigma}_{m1} + A\cdot\sigma_{m2} \qquad (6)$$

$$\left.\begin{array}{l} при \\ A = 0 \\ \Delta T = T - To \\ E_m = E \\ \mu_m = \mu_{m1} \end{array}\right\}, \ если \ \ \sigma_m < \sigma_T;$$

$$\left.\begin{array}{l} A = 1 \\ \Delta T = T - To - Tt \\ E_m = D \\ \mu_m = 0,5 \end{array}\right\}, \ если \ \ \sigma_m > \sigma_T;$$

где T – текущая температура; T_o – начальная температура; Tt – температура перехода материала в пластическое состояние.

Обобщенные механические характеристики материалов многослойных переходов можно определить по следующим формулам [8]:

$$E_{zg} = \prod_{1=1}^{n} E_1 \sum_{1=1}^{n} {}_1 / \sum_{{}_1 1^j = y^{k=1} = k}^{n} E_1 \cdot F_j \cdot i_k;$$

$$E_g = \left(\sum_{1=1}^{n} E_{g1}\cdot h_1\right)/H;$$

$$M_{zg} = \sum_{1=1}^{n}(\mu_{zg1}\cdot 1_1)/H;$$

$$\mu_g = \left(\sum_{1=1}^{n} M_1 \cdot E_{g1}\cdot 1_1\right)/(E_{g1}\cdot H); \qquad (7)$$

$$a_{zg} = \left(\sum_{1=1}^{m} a_{zg1}\cdot 1_1\right)/H;$$

$$a_{zg} = \left(\sum_{1=1}^{n} a_{zg1}\cdot E_{g1}\cdot 1_1\right)/\sum_{\substack{1=1\\1=i\\1=j}}^{n},$$

где l_i – толщина i-го слоя; n – количество слоев.

Для определения механических напряжений в контактном переходе при третьем приближении необходимо аналогично построению модели [3] решить совместно (1)-(7):

$$[\sigma_{k1}] = -\frac{\dfrac{\Delta a_{rt} - (m'+n')\Delta a_z}{S-\beta-k_1(m+n)}(s-n'k_1)+n'\Delta a_2}{\dfrac{F_k}{F_g}(\beta+m'k_1)+\gamma}\Delta T -$$

$$-\frac{\dfrac{\mu_m}{E_m}\left[\dfrac{1-m'+\dfrac{\mu_{zg}}{\mu_m}n')(s-n'k_1)}{S-\beta-k_1(m'+n')}-1\right]}{\dfrac{F_k}{F_g}(\beta+m'k_1)+\gamma}\sigma_{to}. \quad (8)$$

Анализ математических моделей (1), (4) и (8) позволил определить величины допустимых механических напряжений в межслойном переходе (рис. 3). Из полученных результатов следует, что для устойчивости межслойных переходов к термомеханическим напряжениям величина адгезии металлизации к контактным площадкам для полиимидных плат должна быть в диапазоне (12–15)×10^5 Н/м^2, для минеральных диэлектриков – 35×10^5 Н/м^2. При этом минимально допустимая толщина металлизации для полиимидных многослойных структур составляет 15–18 мкм, а для минеральных диэлектриков –25 мкм (табл.).

Как показывают результаты анализа данных таблицы, получение величины адгезии более 35×10^5 Н/м^2 связано с большими технологическими трудностями. А снижение адгезии требует увеличение соотношения Fк/Fg до величины 0,5–1,0, что вызывает конструктивные трудности из-за снижения плотности разводки многослойной структуры.

Допустимые значения адгезии металлизации к торцам контактных площадок при разрушающих температурных воздействиях при изготовлении и эксплуатации

Технологические воздействия	Значения адгезии, 10^5 Н/м^2					Эксплуатационные воздействия	
	Минеральный диэлектрик		Высокотемпературный органический диэлектрик				
	лужение	пайка	лужение	сушка	пайка		
Слойность	Температура, °С						
	100	200	100	80	200	65	80
1,0	8,7	16,9	3,66	2,91	8,96	5,63	6,91
0,5	15,5	35,0	5,30	4,40	13,00	10,0	12,40
0,1	67,5	135	27,20	24,00	55,0	43,8	54,00

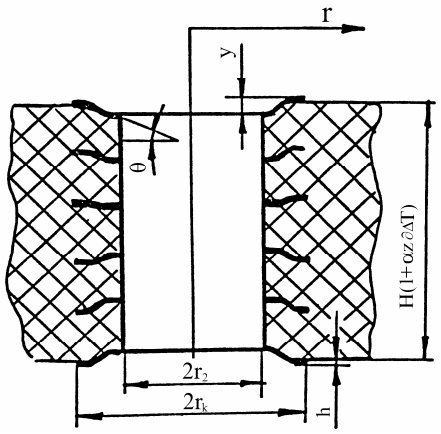


Рис. 1. Изгиб контактных площадок при температурном воздействии на контактный переход

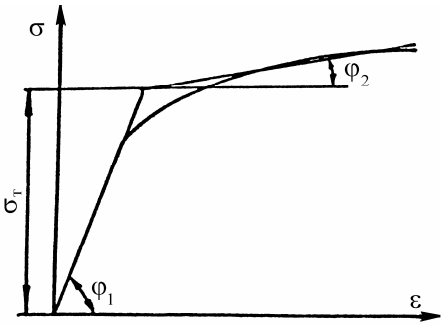


Рис. 2. Диаграмма растяжения металлизации стенок отверстий

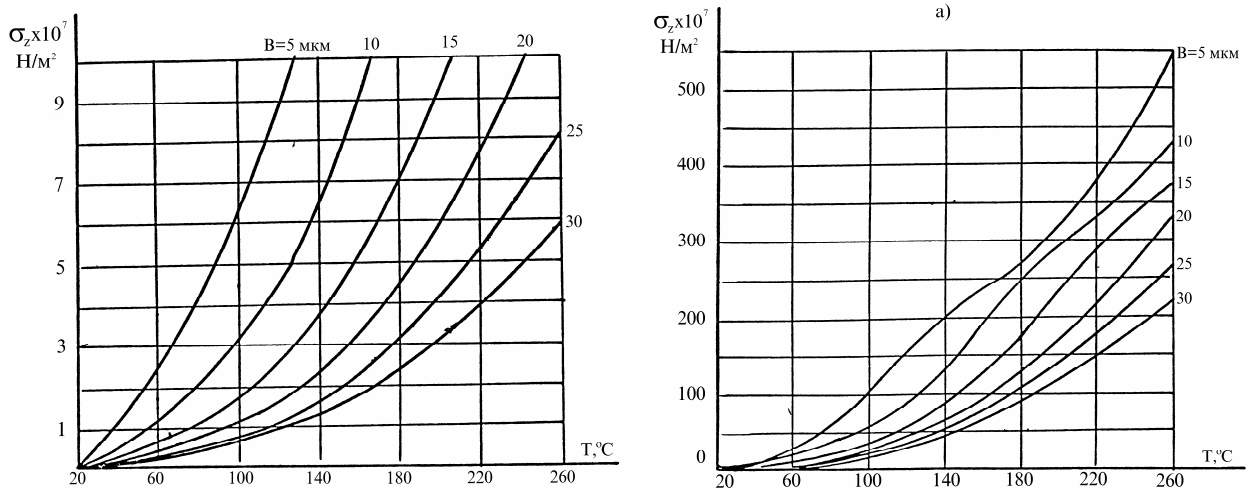


Рис. 3. Зависимость термомеханических напряжений в межслойных соединениях контактных элементов от температуры: *а* – напряжения в металлизации контактных элементов с минеральным диэлектриком; *б* – напряжения в металлизации контактных элементов с полиимидным диэлектриком

Исследования выполнены при проведении гранта Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» на 2007–2012 годы, ГК № 16.513.11.3059.

Список литературы

1. Емельянов В.М., Емельянов В.В. Оценка точности параметров технологического процесса наноповерхностной низкотемпературной термодиффузии при учете многомерной автокорреляции взаимозависимых характеристик межсоединений микро- и наноэлектронной аппаратуры // Нанотехника. 2010. № 3. С. 89–94.

2. Алексенко А.Г., Емельянов В.М. Прогнозирование надежности многослойных печатных плат // Микроэлектроника. 1976. Т. 5. Вып. 4. С. 303–315.

3. Емельянов В.М. Автоматизация управления надежностными, физико-механическими и электрическими параметрами межсоединений интегрированной микроэлектронной аппаратуры: монография / Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 1998. 311 с.

4. Емельянов В.М. Вероятностное моделирование конструктивно-технологических параметров межсоединений интегрированной МЭА // Электронная техника. 1992. Вып. 1–2. С. 44–48.

5. Федосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1986. 512 с.

6. Федосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. М.: Наука, 1973. 400 с.

7. Емельянов В.М., Синько Н.А. Энергетическое состояние многослойных печатных плат. Деп. в ВИМИ. 1974. № ВМДР00785.

8. Механика многослойных конструкций / В.В. Болотин [и др.] М.: Машиностроение, 1980. 375 с.

Получено 21.11.12.

V.M. Emeljanov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: emelianov@nm.ru)

L.A. Pimneva, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: l.pimneva@mail.ru)

V.V. Emeljnov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: wemelyanov@yandex.ru)

I.I. Shuklin, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: shuklin@nm.ru)

A.A. Moiseev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: anton.anatolievic.moiseev@qmail.ru)

T.V. Alpeeva, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tanja-alpeeva@rambler.ru)

ANALYTICAL MODELLING OF THERMOMECHANICAL ELECTRICAL PRESSURE IN MULTILAYERED CONTACT ELEMENTS FROM NANO THE RETICULATED SUPERCONDUCTING SUBSTANCES AND WITH THE DIELECTRIC MATERIAL FROM THE ORGANIC HIGH-TEMPERATURE SUBSTANCE FOR MAINTENANCE OF DEMANDED DEPENDABILITY

The analytical decision of system of the equations of a difficult tension of interlaminar transition of contact elements from the superconducting nanostructured materials is passed at influence of a temperature destroying factor. It is shown that for stability of multilayered transitions to thermomechanical tension the size of adhesion of metallization to contact platforms for poliimidny payments should be in a range (12-15)x10^5 N/sq.m, for mineral dielectrics – 35x10^5 N/sq.m.

Key words: *dependability, analytical model, a multilayered interconnection wiring, superconducting substances, nano structurization, durability.*

УДК 623.44; 623.45

В.А. Милых, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: milyhva@mail.ru)

А.В. Абросимова, студентка, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: nutik0904@yandex.ru)

Е.А. Коломиец, студентка, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: lenus07@yandex.ru)

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ РЫНКА ПРОДУКЦИИ ОТ ПОДДЕЛОК

Появление на рынке контрафактной продукции вызвало необходимость разработки технологий и средств, обеспечивающих однозначную идентификацию оригинальной (ответственной) продукции. В настоящее время подделываются авто-, авиадетали и детали и элементы других технических комплексов, что часто приводит к авариям.

Огромен экономический ущерб от использования контрафактной продукции.

Ключевые слова*: контрафакт, идентификация, скрытая маркировка, оружие.*

***

Потребность производителей защищать свою продукцию от подделки является основой для определения рынка технологий систем защиты от контрафакта. Основой привлекательности применения технологий защиты для потребителей является серьезный экономический эффект от внедрения таких систем [1]. Базовый рынок можно разделить на сегменты в зависимости от специфики организации бизнеса клиентов. Наиболее весомыми сегментами на этом рынке являются:

– автопроизводители и их дилеры;

– авиапроизводители и авиакомпании;

– производители оружия (стрелкового, автоматического, спортивного и охотничьего).

Потребителей систем защиты от подделок продукции следует разделить на несколько групп. К первой группе покупателей следует отнести авто- и авиапромышленность, производство оружия и боеприпасов, т.е. сборочные производства, имеющие большое количество комплектующих, влияющих на безопасность эксплуатации будущего изделия или товара. Ко второй группе потребителей следует отнести производителей продукции и товаров, которые реализуются через торговые сети и наиболее часто подвергаются копированию.

Первая группа потребителей заинтересована в надежности поступающих комплектующих и будет способствовать внедрению систем защиты. В данном случае, чем активнее позиция высшего руководящего звена, тем надежнее защита от попадания контрафактной продукции на сборочную линию. Мотивация производителя понятна: он не получает прибыль с подделанных изделий, и снижается имидж подделываемых брендов, поэтому распространение системы защиты от подделок выгодно для него.

Для потребителей второй группы – торговых организаций выгода от внедрения системы защиты от копирования не очевидна: они в любом случае получают прибыль, независимо от того, легальную продукцию они продают или нет, причем в большинстве случаев торговая организация знает о «сером» происхождении своих товаров. Однако при должной поддержке со стороны производителей установка систем защиты в торговых точках может служить дополнительным стимулом, как гарантия подлинности продукции.

1. Автопроизводители. По оценкам экспертов автомобильной промышленности отрасль теряет 12 млрд. долл. из-за продаж нефирменных запчастей, включая подделки, в том числе потери автомобильной промышленности США – 3 млрд долл., Европы – 9 млрд долл. (с 1998 г. эти цифры практически не меняются). Доля незаконных автомобильных компонентов на рынке запчастей в России составляет от 30 до 90% в зависимости от наименования, в среднем 50%. По оценкам экспертов, объем рынка поддельных автозапчастей в России в 2011 году составит порядка 3 млрд долл. США. Основным рычагом воздействия автопроизводителей на своих потребителей покупать оригинальные запчасти является возможность отказать в сервисном обслуживании в случае использования контрафактных запчастей. Поэтому имеет смысл маркировать основные детали новых автомобилей, а также все производимые запчасти. Системы защиты в таком случае будут устанавливаться в сервисных центрах производителей. Так как автопроизводители имеют тесные связи с сервисными центрами и дилерскими сетями, то установка систем идентификации в них не будет вызывать трудностей. Другая часть этого сегмента – магазины по продаже автозапчастей. По оценкам экспертов, продажи запчастей через розничные сети составляет до 90% рынка, причем основная часть подделок приходится как раз на них. Магазины по про-

даже автозапчастей можно разделить на две группы: «условно белые» – это те, которые декларируют легальность своих товаров; «условно серые» – это те, которые не скрывают, что их товары контрафактные (допустим, продавая их в разы дешевле стоимости оригинальных запчастей). Установка систем идентификации в магазинах первой категории позволит им доказать легальность своей продукции, и при поддержке производителей будет стимулировать продажи. Формой поддержки может стать знак «Фирменные запчасти. Проверено электроникой», который будет выдаваться торговым организациям при установке систем идентификации. Данный знак можно будет разместить на видном месте в торговом зале или на двери магазина. Это позволит стимулировать продажи легальной продукции.

2. Авиапроизводители. По оценкам экспертов, рынок поддельных авиа запчастей в России составляет от 500 млн долл. до 4 млрд долл. США, однако точную цифру назвать невозможно, так как этот рынок особенно криминализирован. Подделка авиа запчастей – не просто экономическое преступление. Использование контрафактной продукции низкого качества значительно повышает риск авиакатастрофы и смерти большого числа людей. Особенностью работы в данном сегменте является активное привлечение авиакомпаний к вопросу защиты продукции. На сегодняшний день авиакомпании зачастую не подозревают о том, что они покупают поддельные запчасти, так как в цепочке производитель – компания работает достаточное число посредников, для которых не составляет труда подделать документы и продать поддельные запчасти под видом оригинальных. Заинтересованность авиакомпаний заключается в том, что каждая авария наносит ущерб по репутации фирмы и влечет за собой серьезные издержки (выплата компенсаций, потеря дорогостоящей техники и т.д.). Поэтому авиакомпаниям выгодно приобретать системы защиты для проверки подлинности запасных частей. Кроме того, при проведении расследования о причинах аварии наличие маркировки на деталях будет служить оправдательным аргументом для авиакомпаний. Затраты производителей на установку, запуск и поддержку системы защиты в размере 10% от потерь, что составляет около 1,2 млрд долларов для автомобильной промышленности и от 50 до 400 млн долларов только для российской авиапромышленности [1].

3. Производители оружия. Особенно остро проблема идентификации касается рынка оружия [2]. По сведениям следственного комитета РФ за первые месяцы года в стране уже было совершено более 2,5 тысяч преступлений с применением огнестрельного оружия. Если заводской номер на оружии стерт или изменен, откуда это оружие, кто его производитель, определить, крайне сложно. К тому же документы с данными об этих номерах хранятся на заводах не более 10 лет, что тоже осложняет поиск "корней" оружия. Объем данного сегмента рынка прогнозировать наиболее сложно, отсутствуют какие-либо данные социологических опросов по данной тематике из-за закрытости информации. Последнее зависит не только от количества производств, установивших систему защиты, но и от объемов продаж защищенной продукции. Данный сегмент рынка может стать активно растущим при должном внимании к данной проблеме властных структур. Если известны мероприятия, проводимые за рубежом касательно контрафактной продукции, а также принимаемые законы для ее уменьшения, то в России данные механизмы работают пока крайне слабо.

В настоящее время в мировой практике наиболее популярными стали следующие способы маркировки товара, применяемые для защиты продукции от

подделок, в дополнение к ранее известным в виде наклеек со штрих-кодом и голограмм на фольге, выполненных на самоклеящейся, разрушающейся при попытке снять ее клеевой основе или фольге горячего тиснения с применением защитных элементов, содержащей кодированную информацию о товаре и компании,.

1. *Скрытая маркировка.* Один из видов маркировки – технология типа DataDot [3] характеризуется простотой нанесения и успешно применяется во всем мире для защиты от подделки всего перечня номенклатуры запчастей автомобилей. Ее разработали в Австралии в 2000 году и в настоящее время широко используют для защиты автомобилей от угона. Сейчас существует несколько вариантов защиты по технологии DataDot, разработанных с учетом решения задачи идентификации товаров разной конфигурации. Микронаклейки «ДатаДот» содержат видимую надпись марки товара в черно-белом или цветном исполнении, а также микронитку DataDot шириной 1,0 или 0,5 мм. Микронитка диаметром 0,5 мм может вмещать надпись в 6 строчек, которая легко считывается при помощи портативного микроскопа или специального сканера. Микронаклейки могут быть круглыми (13–15 мм в диаметре) или прямоугольными (20×11 мм). Способы использования технологии DataDot различные – это нанесение краски, этикетки, наклейки на важные документы Объемы продаж данной продукции на сегодняшний день не превышает 5 млн долл.

2. *Системы радиочастотной идентификации (RFID)* [4]. В основе метода радиочастотного распознавания лежит явление электромагнитного резонанса: сигнал от антенны вызывает в замкнутом контуре проводника индуцированный электрический ток, который модулирует ответный сигнал на считывающее устройство. Система радиочастотной идентификации, как правило, состоит из так называемых чипов или RFID-меток, устройств для их нанесения и записи информации, идентификаторов, считывающих данные, и соответствующего программного обеспечения. По оценкам экспертов агентства IDTechEx в 2011 г. рынок RFID-систем достигнет 5,27 млрд долл. США.

Для того чтобы защитить огнестрельное оружие, находящееся в силовых структурах и в федеральных и частных предприятиях охраны от попадания в криминальную среду и вести строгий учет его выдачи сотрудникам привлекательно использовать именно RFID – системы. Использование RFID-меток позволяет максимально автоматизировать систему учета, способную функционировать в режиме реального времени. Недостатками подобной системы являются: возможность нахождения меток – RFID и их дезактивация; чувствительность чипов RFID-системы к интенсивному нагреву, особенно это касается механизмов ствольной коробки и ствола.

Внедрение систем RFID в России наталкивается на сопротивление правоохранительных органов, а именно следственных, требующих выполнения криминалистических требований [5]:

– идентификации оружия после дезактивации радиочастотных меток;

– следы от маркировки, оставляемые на идентифицируемом объекте должны быть устойчивыми, то есть от выстрела к выстрелу в следах должен сохраняться индивидуализирующий комплекс признаков;

– незаметность и сложность удаления маркировки;

– в следах на выстреленных пулях комплекс признаков маркировки должен быть индивидуальным и устойчивым.

В настоящей статье предлагается способ скрытой маркировки ствола стрелкового оружия по его внутренней поверхности со стороны дульного среза,

наиболее полно отвечающий криминалистическим требованиям.

Предлагаемый способ и устройство, его научная новизна заключается в решении описанных в заявке на изобретение [6] «Устройство для электрохимической маркировки ствола» № 2012129495 от 11.07.2012 проблем, заключающихся в следующем – используя графическую форму хранения информации, подобную ASII коду, уменьшили размер кодового элемента и наделили его способностью хранить необходимое количество знаков информации. Разработанная технология электрохимической маркировки заключается в формировании на поверхности изделия совокупности лунок диаметром 0,5–1,0 мм и глубиной 200-300 мкм. Уникальность маркировки заключается в том, что скрытая идентификационная марка в виде совокупности распределенных точек малого размера несет зашифрованную информацию о производителе, дате изготовления и др. технических характеристиках. Распознание такой маркировки проводится специальным сканером, сопряженным с вычислительным комплексом. Маркировка обладает высокой механической устойчивостью, высоким оптическим контрастом. Подделка маркировки данного типа другими методами (без повторения данной технологии) невозможна, поэтому на данной стадии маркировка обладает высокой степенью защиты от подделок.

Предлагаемые в статье технологии, способ и их научная новизна заключаются в предлагаемом в заявке на изобретение [6] устройстве для электрохимической маркировки внутренней поверхности ствола выполненным следующим образом: внутренняя полость катода-инструмента снабжена цилиндрической камерой смешения электролита, по окружности которой расположены радиальные сверления, а на выходе камеры смешения расположен кольцевой коллектор подвода электролита в зону обработки, катод-инструмент снабжен сменными секционными электродами с осевыми каналами подвода и отвода электролита, размещенными между его наружной цилиндрической поверхностью и обрабатываемой поверхностью ствола, каждый сменный секционный электрод выполнен в виде металлического кольца с игольчатыми электродами, установленными с возможностью радиального перемещения по месту нанесения идентификационных углублений, электрически связанного с катодом-инструментом, и снабжен сменной диэлектрической вставкой с радиальными отверстиями по месту расположения игольчатых электродов, задающей межэлектродный зазор и локализующей процесс анодного растворения металла на обрабатываемых участках поверхности ствола, причем сменная диэлектрическая вставка выполнена разъемной из полуколец, образованных разрезкой оболочки вставки по образующей и соединенных между собой по продольным кромкам, соединение между собой упомянутых сменных секционных электродов выполнено с помощью базирующих торцевых буртов и осевых штифтов с возможностью взаимного дискретного кольцевого перемещения сменных секционных электродов при изменении кодировки, с сохранением направления осевых каналов подвода электролита в зону обработки.

Совокупность существенных признаков заявляемого изобретения среди известных источников информации заявителями не обнаружена, что подтверждает ее новизну. Значимость изобретения в результате реализации разработки ожидается появление нового эффективного средства борьбы с оборотом криминального оружия.

Список литературы

1. Мишин А.В., Мишина А.М., Савин Н.Н. Комплекс защиты продукции на основе скрытой маркировки. [Электрон-

ный ресурс]. URL: http://www.nui.ru/viev proect/23.

2. Корчмарик Н. Оружие с микрочипом. URL: www.sec4u.ru/text/6-2006-article/978/index. shtml.

3. Маркировка транспортных средств [Электрон-ный ресурс]. URL: http://www.expert.aaanet.ru/sovet/markavto.html.

4. Охрана и учет оружия с помощью RFID [Электронный ресурс]. URL: http://milcons.ru/ arsenal/oruzhie/item/27-ohrana-i-uchet-oruzhiya -s-pomoschyu-rfid.html.

5. Индивидуальное стрелковое оружие и боеприпасы, их идентификация при таможенном контроле: монография / А.В. Аверкиев, В.Е. Кошелев, Н.Г. Липатова, Л.И. Опошнян, А.В Стальмахов, В.А. Федоренко. М.: РИО РТА, 2006. 178 с.

6. Заявка на изобретение. Устройство для электрохимической маркировки ствола / Милых В.А., Абросимова А.В., Коломиец Е.А. № 2012129495; заявл. 11.07.2012.

Получено 22.11.12.

V.A. Milyh, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: milyhva@mail.ru)

A.W. Abrosimowa, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: nutik0904@yandex.ru)

E.A. Kolomiec, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: lenus07@yandex.ru)

ECONOMIC AND INFORMATIONAL ASPECTS OF PROTECTING THE MARKET AGAINST COUNTERFEIT PRODUCTS

The appearance on the market of counterfeit products has necessitated the development of technologies and tools providing unique identification of original (responsible) products. Now counterfeited auto, air parts and parts and elements of other technical complexes, which often leads to accidents. Enormous economic damage from the use of counterfeit products.

***Key words**: counterfeit, identity, hidden weapons, marking.*

УДК 621.3.088.2

Л.А. Болычевцева, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: LA_Kursk@mail.ru)

А.И. Морозов, канд. техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: Morozov-profi@mail.ru)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРИБОРОВ

Проведена топографическая классификация законов распределения погрешностей результатов измерений, выполненных с помощью лабораторных приборов.

***Ключевые слова:** погрешность измерения, закон распределения погрешности, топографическая классификация, закон Гаусса.*

***

В метрологии любое измерение считается оконченным, когда не только определена искомая величина, но и получена оценка отклонения измеренного значения от истинного в виде интервала, в пределах которого «погрешность находится с известной (заданной) вероятностью» [1].

В достаточно общих случаях интервальную оценку рекомендовано рассчитывать исходя из предположения о близости закона распределения погрешности измерения к нормальному усеченному. Однако усечение распределений в силу ряда причин [2] для практического применения понимания среди метрологов не нашло. Потому при решении реальных

задач доверительные оценки обычно строят, основываясь на нормальном законе (законе Гаусса). Этот же закон лежит в основе и других метрологических моделей, в частности критериев, применяемых для цензурирования выборки и для выявления систематических погрешностей.

В чем же причина отношения к закону Гаусса как к универсальному и всеобщему свойству экспериментальных ошибок? Великий математик Анри Пуанкаре со ссылкой на физика Габриэля Липпмана однажды так объяснил этот феномен: все верят в нормальный закон распределения погрешностей, ибо «математики считают его результатом наблюдений, а наблюдатели – математической теоремой» [3, с. 108].

Рассмотрим обоснованность такого «доверия» с обеих позиций.

Теоретическое обоснование нормального распределения погрешностей измерения

Основанием выбора закона Гаусса для описания ошибок измерения служит теорема Ляпунова, утверждающая, что приближенно этому закону подчиняется сумма большого количества независимых или слабо зависимых случайных величин, среди которых нет доминирующих.

Общепринято считать процесс измерения едва ли не лучшей демонстрацией выполнения условий этой теоремы. Действительно, при измерении влияющие факторы обычно многочисленны и, в большинстве случаев, вклад каждого из них невелик. Однако независимость факторов зачастую вызывает сомнения, а их аддитивность (а не мультипликативность) «в прикладных задачах обосновать... обычно не удается» [4, с. 65].

Поэтому с утверждением о наличии теоретической базы для недифференцированного применения нормального закона в измерительных задачах согласиться нельзя.

Сведения о практическом изучении инструментальных погрешностей

Практическое изучение законов распределения инструментальных погрешностей широко проводилось в нашей стране и за рубежом с 1965 по 1975 год. В дальнейшем изыскания перешли скорее в теоретическое русло, однако десятилетняя работа принесла весомые плоды.

Эксперименты показали как значительное разнообразие законов распределения инструментальных погрешностей, так и отличие подавляющего большинства из них от нормального [5, с. 55; 6, с. 148]. Удовлетворительное приближение к закону Гаусса выявили лишь погрешности наиболее технически сложных (состоящих из большого количества узлов) приборов, что полностью согласуется с теорией.

Таким образом, итоги экспериментов также свидетельствуют о «неаксиоматичности» нормального распределения и ставят перед метрологами задачу выбора адекватной модели погрешности в каждом конкретном эксперименте. Понимая это, еще в восьмидесятые годы прошлого века известный советский ученый, профессор П.В. Новицкий рекомендовал проведение классификации распределений погрешностей различных приборов для последующего составления каталогов, используемых в условиях ограниченности экспериментальных данных [6].

Экспериментальное исследование случайных погрешностей результатов измерений

С целью применения результатов в учебном процессе авторами была проведена работа по описанию случайных погрешностей результатов измерений, явившаяся продолжением эксперимента [7]. Гипотеза состояла в следующем: выбор в качестве предмета исследований погрешностей *результатов измерений* приводит к появлению дополнительных аддитивных факторов, обусловленных взаимодействием прибора с реальным объектом. Именно это, согласно теореме Ляпунова, должно приблизить распреде-

ление вероятностей результирующей погрешности к распределению Гаусса.

Распознавание законов распределения погрешностей проводилось методом топографической классификации П.В. Новицкого [5], в основу которой положены два безразмерных признака – *контрэксцесс* χ и *энтропийный коэффициент* $\kappa_э$:

$$\chi = \sqrt{\frac{\sigma^4}{\mu_4}}, \quad \kappa_э = \frac{\Delta_э}{\sigma}, \qquad (1)$$

где μ_4 – четвертый центральный момент; σ – среднее квадратическое отклонение (СКО) распределения; $\Delta_э$ – энтропийное значение погрешности ($f(x)$ – плотность вероятности погрешности);

$$\Delta_э = \frac{1}{2} \cdot \exp\left(-\int_{-\infty}^{\infty} f(x) \ln f(x)\, dx \right). \qquad (2)$$

Двухмерное пространство признаков при такой классификации представляет собой прямоугольную область: $\chi \in [0; 1]$, $\kappa_э \in [0; 2{,}066]$. Положение изображающей точки, не позволяя с абсолютной достоверностью выявить закон распределения, дает возможность отвергнуть гипотезу о его предполагаемой форме.

В процессе эксперимента были проведены пять серий измерений 300 активных сопротивлений, значения которых располагались в диапазоне 570–670 Ом. Использовались приборы различных классов точности: мультиметр M890G (серия 1), цифровой универсальный вольтметр В7-38 (серии 2.1 – 2.3, соответствующие работе различных экспериментаторов) и универсальный измерительный прибор УПИП-60М (серия 3). Для нахождения действительного значения каждого сопротивления проводилось усреднение результатов четырехкратных измерений посредством измерителя RLC E7-8.

В таблице приведены выборочные оценки контрэксцесса χ', энтропийного коэффициента $\kappa'_э$, а также границы рассеяния этих оценок:

$$\chi'_{\min,\,\max} = \chi' \mp \delta(\chi)\chi';$$

$$\kappa'_{\min,\,\max} = \kappa' \mp \delta(\kappa)\kappa', \qquad (3)$$

где $\delta(\chi)$, $\delta(\kappa)$ – относительная погрешность соответствующей оценки, вычисляемая по следующим формулам [6, с. 131]:

$$\delta(\chi) = \frac{\sqrt[4]{(\chi'^{-4} - 1)^3}}{\sqrt{29\,n}};$$

$$\delta(\kappa) = 0{,}9\left(\chi'\kappa'^2 \sqrt{\kappa' n}\right)^{-1}, \qquad (4)$$

где n=300 – количество измерений в каждой серии.

Таблица также содержит оценки энтропийной погрешности $\Delta'_э$, СКО основной погрешности результата измерения s, предельное значение допускаемой основной погрешности прибора на данном диапазоне измерений $\Delta_{осн}$ и максимальную погрешность результата Δ_{max}. Ввиду того, что $\Delta'_э$ в меньшей степени подвержена влиянию случайных факторов, нежели Δ_{max}, результаты свидетельствуют о наличии у всех приборов определенного «запаса точности».

Фрагмент плоскости признаков, содержащий экспериментальные изображающие точки (пунктиром отмечены границы рассеяния оценок) и точки, соответствующие распределениям Гаусса, Лапласа и Симпсона, приведен на рисунке. Равномерное распределение, также часто используемое для описания погрешностей, оказалось за пределами выделенной области.

Анализ расположения точек показывает, что распределения погрешностей результатов измерений (серии 2.1–2.3), выполненных с использованием универсального вольтметра В7-38, оказались далеки от всех выделенных параметрических семейств.

Выборочные оценки параметров распределений и границы рассеяния оценок

№ серии	$\Delta_{осн}$	Δ_{max}	$\Delta'_э$	s	χ'	χ'_{min}	χ'_{max}	$\kappa'_э$	$\kappa'_{э\,min}$	$\kappa'_{э\,max}$
	Ом									
1	6,4	2,0	0,82	0,40	0,575	0,545	0,605	2,057	2,026	2,088
2.1	0,9	1,5	0,64	0,35	0,391	0,322	0,460	1,826	1,772	1,880
2.2		0,7	0,25	0,14	0,436	0,381	0,491	1,970	1,927	2,013
2.3		0,4	0,25	0,10	0,404	0,340	0,468	1,829	1,777	1,881
3	0,7	1,5	0,87	0,34	0,530	0,494	0,566	2,055	2,022	2,088

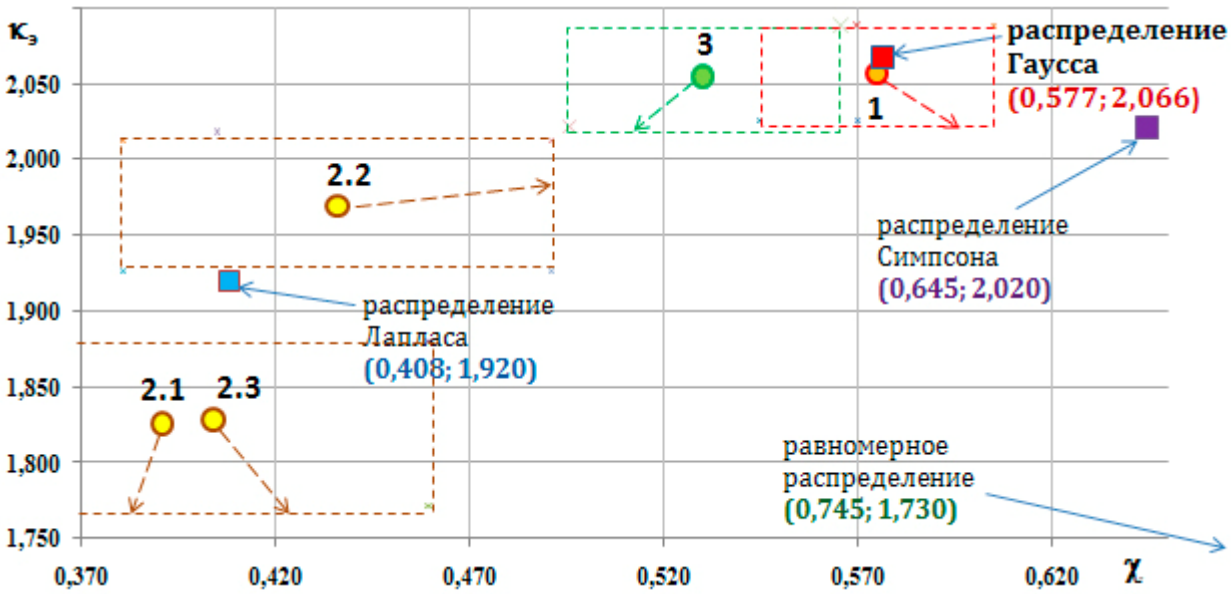


Рис. Фрагмент плоскости признаков

Несмотря на очень высокое значение оценки энтропийного коэффициента, область рассеяния χ' и $\kappa'_э$, соответствующих измерениям серии 3 (прибор УПИП-60М) не включает точку распределения Гаусса (0,577; 2,066). Критерии согласия гипотезу о нормальном распределении погрешности измерения также позволяют отклонить.

Относительная близость распределения погрешности к нормальному выявилась только в одной серии измерений (проведенных мультиметром M890G). Проверка с помощью критериев согласия оснований отвергнуть гипотезу о распределении погрешности по закону Гаусса также не дает.

Следует отметить, что проведенное исследование, показав различие законов распределения погрешностей результатов измерения даже в масштабах учебной лаборатории, еще раз подтверждает как актуальность их экспериментального изучения, так и необходимость осмысленного выбора модели погрешности, позволяющей правильно решать измерительные задачи.

Список литературы

1. МИ 1317-2004. ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Взамен МИ 1317-86; введ. 2004-12-20. М.: Изд-во стандартов, 2004. 23 с.

2. Левин С.Ф., Левин С.С. Контурное оценивание усеченных распределений при решении измерительных задач // Измерительная техника. 2008. № 1. С. 10–13.

3. Пуанкаре А. О науке: [пер. с фр.] / под ред. Л. С. Понтрягина. 2-е изд., стер. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 736 с.

4. Орлов А.И. Часто ли распределение результатов наблюдений является нормальным? // Заводская лаборатория. 1991. № 7. С. 64–66.

5. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. Л.: Энергия, 1968. 248 с.

6. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерения / Л.: Энергоатомиздат, 1985. 248 с.

7. Топографическая классификация законов распределения случайных погрешностей результатов измерения / Л.А. Болычевцева [и др.] // Диагностика-2011: сб. матер. Междунар. науч.-техн. конф. / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. С. 90–96.

Получено 22.11.12.

L.A. Bolychevtseva, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: LA_Kursk@mail.ru)

A.I. Morozov, Candidate of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Morozov-profi@mail.ru)

THE IDENTIFICATION OF DISTRIBUTION LAWS OF RANDOM UNCERTAINTY OF MEASUREMENT CARRIED OUT WITH THE HELP OF LABORATORY EQUIPMENT

A topographic classification of distribution laws of the measurement results uncertainty was executed with the help of laboratory equipment.

Key words: *uncertainty of measurement, the law of distribution inaccuracy, topographic classification, Gauss's law.*

УДК 681.3

А.А. Бартенев, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: a.a.bartenev@yandex.ru),

А.Ф. Рыбочкин, д-р техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: Anat_ryboch@mail.ru),

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ О РАЗВИТИИ ПЧЕЛИНОЙ СЕМЬИ

Описывается программное обеспечение, которое даёт возможность пчеловодам построить конфигурацию пасеки при проектировании автоматизированной системы контроля и управления жизненным циклом пчелиных семей. Рассматривается возможность визуализации жизненных циклов развития пчелиной семьи при использовании компьютерных систем контроля на базе получаемой информации в виде распределения тепловых полей. Приводятся алгоритмы накопления и обработки информации, поступающей с устройств контроля.

Ключевые слова: *пчела, соты, расплод, моделирование, тепловые поля.*

***

При проектировании автоматизированной системы контроля и управления жизненным циклом пчелиных семей необходима программа, дающая возможность пчеловодам построить конфигурацию пасеки. В пчеловодстве наиболее распространены следующие варианты конфигурации: шахматное размещение, П-образное размещение (летки вовнутрь), рядное размещение.

Немаловажным моментом является не только взаимное расположение ульев, но и их ориентация относительно сторон света. Пчеловоды в своей деятельности используют ульи различных систем Дадан (рис. 1) и Рут.

Для эффективного пчеловодства необходим постоянный контроль различных параметров как для пасеки в целом, так и для каждого улья в отдельности.

Наиболее важными с этой точки зрения являются значения температуры и влажности вокруг пасеки и внутри улья.

Пчеловоду необходимо непрерывно контролировать определенные параметры внутри улья, что представляет собой утомительную и кропотливую деятельность. В то же время, по известным причинам, микроклимат улья, создаваемый пчелами, не должен нарушаться. Иначе это в лучшем случае приведет к падению продуктивности пчелиной семьи, а в худшем – покиданию пчел гнезда или их гибели.

Из-за влияния целого ряда внешних и внутренних факторов температура в разных точках улья различна. По тепловому распределению внутри жилища пчел можно судить об их текущем состоянии. Периодическое протоколирование получаемой информации позволяет делать выводы о динамике развития пчелиной семьи, а синтез полученных данных дает дополнительные уточняющие сведения о процессах, происходящих в ульях. Указанные возможности дают пчеловоду дополнительный инструмент в достижении повышения производительности его хозяйства.

Программа разрабатывается для дистанционного управления и контроля пасеки (см. рис. 1). В связи с этим предусмотрены следующие возможности:

– контроль температуры и влажности окружающей среды вокруг пасеки;

– контроль количества меда в каждом улье;

– установка и контроль температуры и влажности внутри каждого улья;

– формирование картины расплода.

Поскольку пасека находится в динамическом развитии, то для каждой схемы пасеки выводится время (день, месяц, год) её построения. Когда реальная конфигурация пасеки меняется (меняется число ульев, число входящих в них корпусов, положение ульев), схема пасеки может быть сохранена на электронный носитель информации в виде файла данных.

Для пчеловода важен мониторинг пчёл при летнем содержании, чтобы контролировать наличие расплода и его количество на каждой рамке.

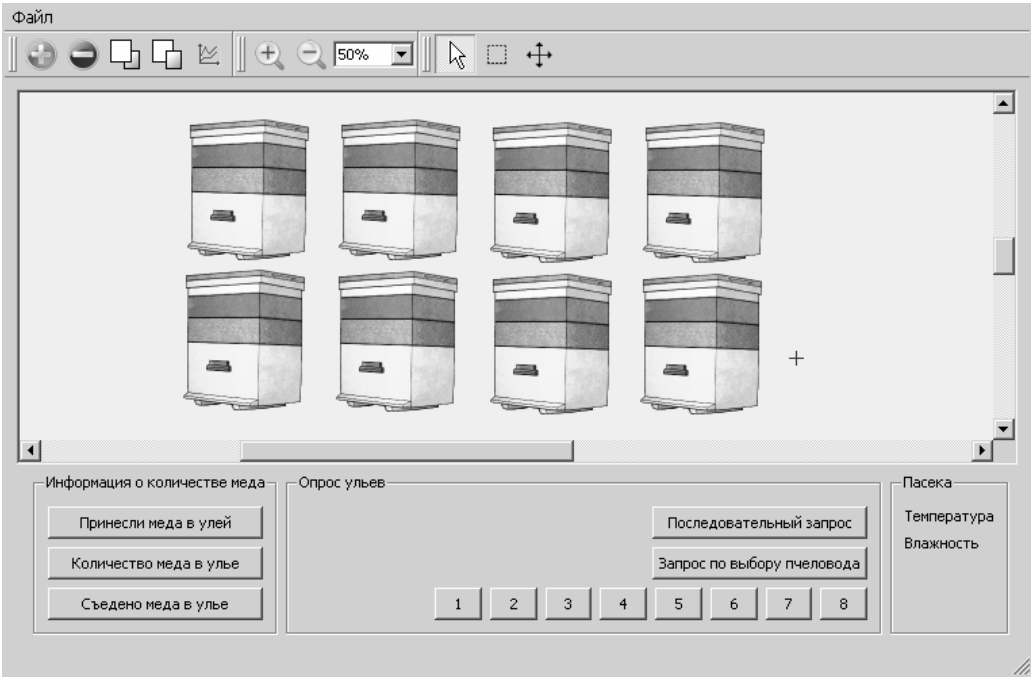


Рис. 1. Интерфейс программы для конфигурирования пасеки

Снимая показатели распределения теплового поля с термодатчиков, расположенных в средостении пчелиного сота, можно судить о количестве расплода и его качественном составе. В книге «Микроклимат пчелиного жилища, его контроль и регулирование» описывается математическая модель, которая позволяет вычислить температурное распределение по плоскости [1].

С помощью компьютерных средств моделирования, используя алгоритм, приведенный на рисунке 2, и данные, полученные на основе показаний термодатчиков, расположенных в средостении сота пчелиной рамки, может быть построено представление пчелиной рамки с расположенным в ней расплодом, который определяется по интервалу температур (34,5–35,5)°С (рис. 3, *б*). Программная модель достаточно точно повторяет реальную картину пчелиного расплода (рис. 3, *а*).

Для этого первоначально с термодатчиков считываются значения температур, а затем методом интерполяции вычисляются значения температур в каждой сотовой ячейке [2].

Подобная картина, сформированная на экране компьютера, позволяет пчеловоду наглядно увидеть текущее состояние каждой рамки в улье. Обычно вторая сторона пчелиных сотов, занятая расплодом, повторяет первую.

От момента откладки яйца маткой до момента выхода пчелы из сота проходит 21 день. На рисунке 4 показаны стадии развития пчелы в пчелиных сотах [3].

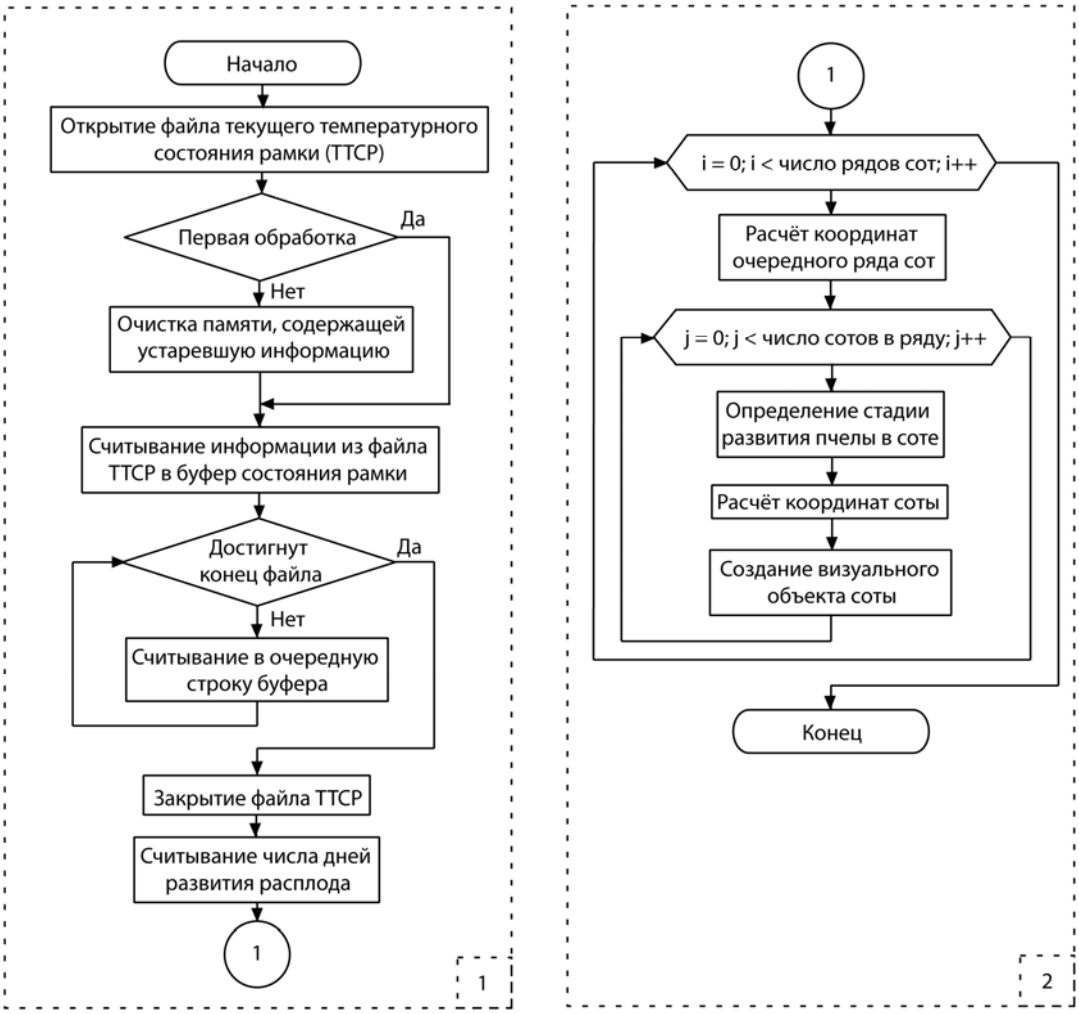


Рис. 2. Алгоритм работы программы: 1 – получение исходных данных; 2 – восстановление картины расплода в рамке улья

Для каждой из стадии развития пчелы предусмотрена визуализация этого состояния. Программная модель предусматривает ведение базы данных состояний улья, зафиксированных через определенные промежутки времени.

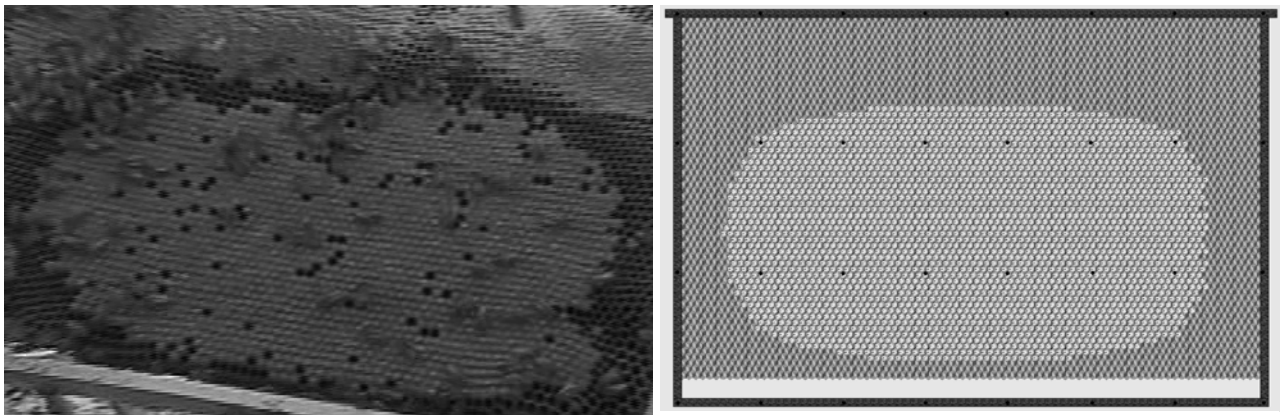
Чтобы посмотреть стадии развития расплода на пчелиной рамке (рис. 3, *б*), достаточно подвести курсор и щелкнуть клавишей мышки на выделенную зону, занимаемую расплодом. После этого на экране появится один из фрагментов увеличенного рисунка (рис. 5).

Пчеловод сразу, не подходя к улью и не раскрывая гнезда, делает соответствующие выводы о количественных характеристиках стадий развития пчелы, а также о тенденции развития пчелиной семьи.

По количеству расплода и размещению яиц нетрудно судить о качестве матки. Если в семье немного расплода, а яйца разбросаны, в то время когда в других семьях расплод сплошной, ясно, что матку следует заменить.

Откладка яиц начинается ранней весной. Если в сотах нет ни яиц, ни молодых личинок, но отстроены маточники, вполне вероятно, что матка недавно погибла или улетела с роем. Отсутствие яиц (об этом можно судить по складывающемуся распределению тепловых полей в сотах пчелиных рамок в период взятка [4]) может говорить о том, что в улье нет матки или пчелы собираются заменить её.

В осенний период, зная количество расплода в улье, пчеловод сможет точно узнать, сколько корма понадобиться пчелиной семье на зимовку.



а) *б)*

Рис. 3. Картина расплода: *а* – на реальной рамке; *б* – программная модель пчелиной рамки с расплодом и пчелиным сотом (черными точками отмечены термодатчики)

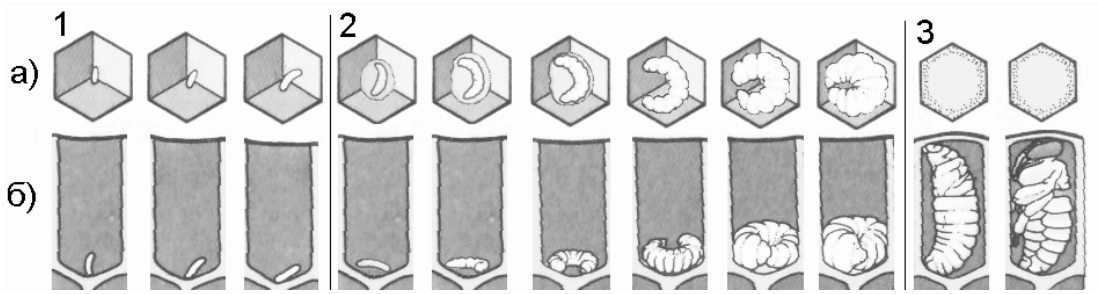


Рис. 4. Стадии развития пчелы: а – вид ячеек сверху; б – вид ячеек сбоку; 1 – яйцо; 2 – личинка; 3 – куколка

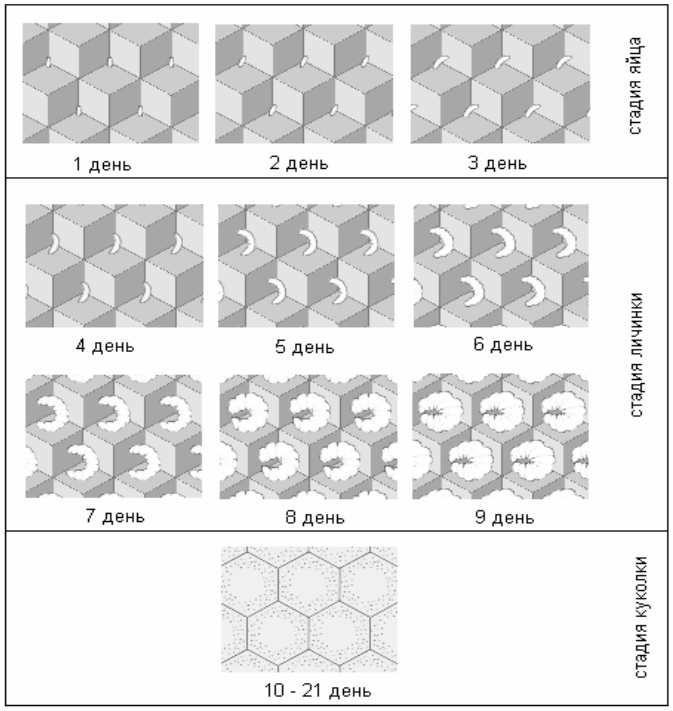


Рис. 5. Визуализация стадий развития пчелы

Таким образом, анализируя информацию, получаемую с помощью термодатчиков, расположенных в плоскости пчелиных рамок, в средостении пчелиных сотов, можно визуализировать этапы развития личинки пчелы от яичка, отложенного маткой, вплоть до её запечатывания в пчелином соте. Это позволит судить о количественном и качественном составе расплода пчелиной семьи, прогнозировать выход молодых пчёл из ячеек, а соответственно, синхронизировать степень их развития с медоносной растительностью в месте расположения пчёл, повышая производительность пасеки.

Начные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Список литературы

1. Рыбочкин А.Ф., Захаров И.С. Компьютерные системы в пчеловодстве. Курск, 2004. 418 с.

2. Микроклимат пчелиного жилища, его контроль и регулирование: монография / Е.К. Еськов, А.Ф. Рыбочкин, И.С. Захаров, В.А. Тобоев / Курск, 2009. 446 с.

3. Книга пчеловода / сост. Г.Ф. Таранов. М.: Росагропромиздат, 1992. 255 с.

4. Еськов Е.К. Этология медоносной пчелы. М.: Колос, 1992. 336 с.

Получено 22.11.12.

A.A. Bartenev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: a.a.bartenev@yandex.ru)

A.F. Rybochkin, Doctor of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Anat_ryboch@mail.ru)

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR THE FORMATION OF VISUAL INFORMATION ABOUT THE PROGRESS OF BEE FAMILIES

Describes the software, which gives the opportunity to beekeepers build configuration of the apiary in the design of automatic control systems and the life-cycle management of bee families. Discusses the possibility of visuali-

zation of the life cycle of the development of the bee family in the use of computer control systems on the basis of the received information in the form of a distribution of thermal fields. There are algorithms accumulation and processing of information coming from the control devices.

Key words: *bee, honeycomb, brood, simulation, thermal fields.*

УДК 621.396.67

Н.А. Емельянов, аспирант, Курский государственнный университет
(e-mail: nikita_emalyanov@bk.ru)

М.А. Рогачев, научный сотрудник НИЦ, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск)
(e-mail: maxvavs@yandex.ru, тел.: (906) 572-21-52).

А.С. Сизов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: (910) 219-17-86).

О.В. Яковлев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: yacovlevoleg@yandex.ru, тел.: (920)700-17-71)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МНОГОЛУЧЕВОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

Проведена оценка возможности применения метаматериала с отрицательной диэлектрической проницаемостью в резонаторно-щелевом сферическом облучателе зеркальной антенны для повышения коэффициента использования её поверхности. Предложена структура такого облучателя.

Ключевые слова*: оценка, повышение, метаматериал, поверхность, эффективность, зеркальная антенна.*

***

Актуальным направлением развития современной радиосвязи является повышение её энергетической эффективности. Особенно остро эта проблема проявляется в мобильных и полустационарных системах связи, функционирующих в условиях плотной городской застройки при наличии комплексной помехи. В этом случае, как правило, жёсткие ограничения массогабаритных характеристик антенн, используемых подвижными абонентами, вступают в прямое противоречие необходимости обеспечить требуемое качество связи при заданной мощности излучения.

Одним из эффективных методов обеспечения качественной связи в многолучевом городском радиоканале является согласование диаграммы направленности (ДН) антенной системы (АС) с угловым энергетическим спектром принимаемого сигнала. Потенциальные возможности такого согласования в ограниченных габаритах АС наиболее полно реализуются на базе многолучевых зеркальных антенн, формирующих специальную форму ДН [1]. При этом увеличение энергетического потенциала радиолинии может быть обеспечено повышением коэффициента направленного действия (КНД) зеркальной антенны за счёт более эффективного облучения поверхности отражателя, характеризуемого коэффициентом использования поверхности (КИП).

Одним из перспективных направлений повышения КИП является использование в ОС метаматериалов, созданных с помощью нанотехнологии. Так, разработанные в 2000 г. метаматериалы с отрицательной магнитной и диэлектрической проницаемостью позволяют скомпенсировать реактивность электрически малых антенн и тем самым повысить их КПД [3]. При этом в прикладном плане целесообразно исследовать характеристики излучения резонаторно-щелевого сферического облучателя с коэффициентом перекрытия рабочей полосы частот 50%. Габариты этого излучателя дости-

гают $0{,}04\lambda_в$ [3], что потенциально должно обеспечить возможность более полного использования поверхности отражателя.

Для оценки возможности повышения КИП отражателя АППВОС за счет применения метаматериалов в резонаторно-щелевом сферическом облучателе рассмотрим синтез ОС при следующих ограничениях:

– взаимное влияние между элементами ОС отсутствует;

– ОС формирует «столообразную» ДН с уровнем поля на краю зеркала не более минус 20 дБ относительно максимума ДН[2];

– элементы ОС расположены симметрично в фокальной плоскости;

– диаметр ОС не должен превышать 10% диаметра зеркала [2].

Запишем аналитически требуемую нормированную ДН облучающей системы в виде

$$D_A(\theta,\varphi)=\begin{cases}1, & \sqrt{\theta^2+\varphi^2}\le\psi_0;\\ 0{,}01, & \sqrt{\theta^2+\varphi^2}>\psi_0,\end{cases} \qquad (1)$$

где θ и φ – координаты точки наблюдения в сферической системе координат,

ψ_0 – половина ширины ДН облучателя по уровню минус 20 дБ,

и реализуем синтез облучателя в форме неэквидистантной антенной решетки [4], обеспечивающей минимальный уровень боковых лепестков при меньшем (по сравнению с эквидистантными) количестве элементов.

В общем виде такая задача формулируется как определение значений амплитуд токов и координат элементов облучающей системы, минимизирующих функционал Q:

$$Q=\left|D_A(\theta,\varphi)^2-\left\{D(\theta,\varphi)\sum_{p=1}^{N_X}\sum_{q=1}^{N_Y}A_{p,q}\exp\left[ik\cdot\sin(\theta)\cdot\left(x_{p,q}\cos(\phi)+y_{p,q}\sin(\phi)\right)\right]\right\}^2\right|, \qquad (2)$$

где *p, q* – индексы элемента облучающей системы;

i – мнимая единица;

Nx, Ny – количество элементов по оси ох и оу соответственно;

$A_{p,j}$ – амплитуда тока в элементе облучающей системы с координатами ($x_{p,q}$,$y_{p,q}$);

$D(\theta,\varphi)$ – диаграмма направленности одиночного излучателя;

$D_A(\theta,\varphi)$ – требуемая диаграмма направленности;

k – волновое число.

Выражение, описывающее ДН сферического излучателя, заимствовано из [1].

В диапазоне частот от $f_{\min}$ до $f_{\max}$, которым соответствуют волновые числа $k_{\min}$ и $k_{\max}$, представим функционал *Q* в виде сумм, рассчитанных для крайних частот функционалов, аналогичных (2):

$$Q=Q(k_{\max})+Q(k_{\min}). \qquad (3)$$

Решение задачи синтеза ОС проводилось в два этапа. На первом этапе ОС представлена как эквидистантная антенная решетка из *N* элементов, для нее градиентным методом были определены оптимальные амплитуды токов:

$$A_{q,p}(j+1)-A_{q,p}(j)=-\delta_A\cdot\frac{\partial Q}{\partial A_{q,p}(j)}, \qquad (4)$$

где *j* – номер шага итерации градиентного метода;

δ_A – весовой коэффициент приращения амплитудного коэффициента.

На втором этапе были оставлены элементы на краях ОС и имеющие экстремум амплитуды тока и уточнено их

расположение также с помощью градиентного метода:

$$x_{q,p}(j+1) = x_{q,p}(j) - \delta_x \cdot \frac{\partial Q}{\partial x_{q,p}(j)}, \quad (5)$$

$$y_{q,p}(j+1) = y_{q,p}(j) - \delta_y \cdot \frac{\partial Q}{\partial y_{q,p}(j)},$$

где δ_x, δ_y – приращение координаты элемента по осям *OX* и *OY* соответственно.

При синтезе антенной решетки приняты следующие исходные данные:

– элементы облучающей системы расположены радиально от центра;

– угловое расстояние между элементами 11,25°;

– радиальное расстояние между элементами $0{,}2\lambda_в$;

– ширина ДН по уровню минус 20 дБ составляет 120°.

Исследования математической модели позволили определить распределение амплитудных коэффициентов (рис. 1, *б*) и координаты элементов антенной решетки облучателя, а также ДН (рис. 2).

Математическая модель позволила оценить КИП зеркальной антенны при различных диаметрах облучателя и межэлементного расстояния (рис. 3). Установлено, что при межэлементном расстоянии $0{,}3\lambda_н$ КИП отражателя АППВОС практически не отличается от КИП отражателя, облучаемого облучателем со сплошным распределением токов. При увеличении межэлементного расстояния КИП отражателя резко уменьшается.

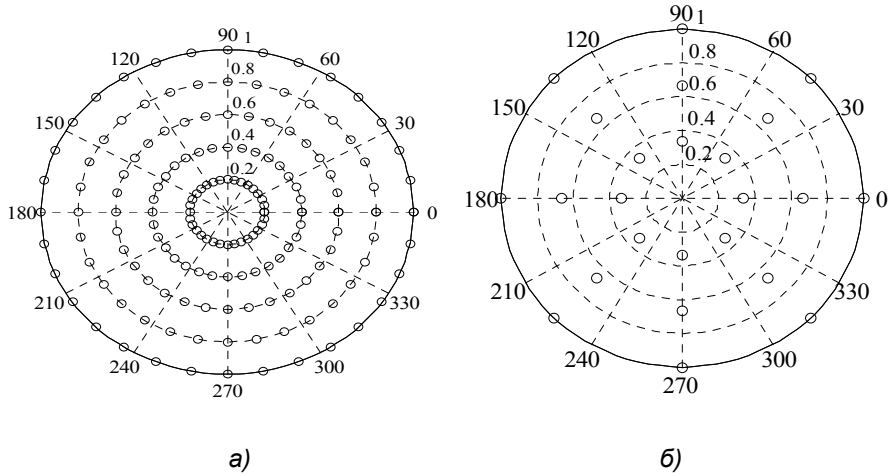


Рис. 1. Внешний вид исходной (а) и синтезированной (б) антенной решётки

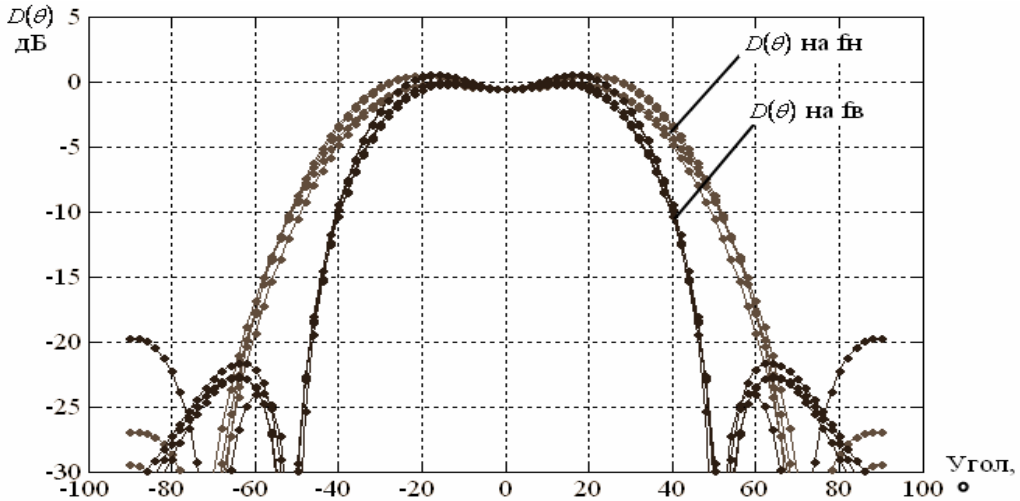


Рис. 2. ДН синтезированной антенной решетки

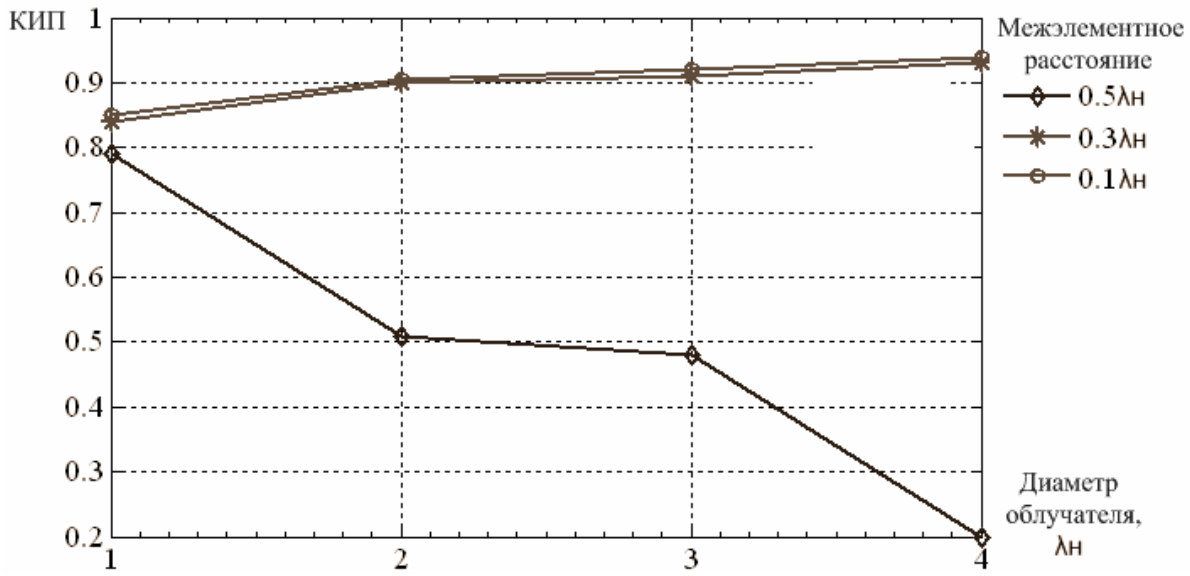


Рис. 3. КИП зеркальной антенны

Расчётный КИП зеркальной антенны при использовании данного облучателя составляет 0,8 при коэффициенте перекрытия по частоте 20%, что в 1,5 раза превышает характеристики известных антенн. При этом поверхность облучателя используется только на 3,8%, что дает возможность разместить на его поверхности элементы, работающие в разных диапазонах частот или на ортогональных поляризациях, а также обеспечить сканирование луча в некотором секторе.Таким образом, применение резонаторно-щелевого сферического излучателя в качестве элемента антенной решетки позволяет повысить эффективность зеркальной антенной системы и реализовать различные режимы её работы.

Результаты проведённого моделирования подтвердили принципиальную возможность повышения коэффициента использования поверхности отражателя многолучевой зеркальной антенной системы при минимальном уровне боковых лепестков, что обеспечивается применением для облучения антенной решетки с облучателями на основе метаматериалов, формирующей в 20% полосе частот столообразную ДН с уровнем боковых лепестков не более минус 20 дБ.

Формирование столообразной ДН во всем рабочем диапазоне частот стало возможно реализовать благодаря применению метаматериалов с отрицательной диэлектрической проницаемостью. Данные метаматериалы позволяют существенно снизить габариты излучающих элементов и повысить эффективность использования поверхности отражателей зеркальных антенн в полтора раза, что при сохранении коэффициента полезного действия облучателя повышает усиление зеркальной антенной системы и энергетический потенциал АС.

Список литературы

1. Монзиго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: [пер. с англ.]. М.: Радио и связь, 1986.

2. Драбкин А.Л. Антенно-фидерные устройства. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Советское радио, 1974.

3. Панченко Б.А., Гизатулин М.Г. Наноантенны. М.: Радиотехника, 2010.

4. Зелкин Е.Г., Соколов В.Г. Методы синтеза антенн: Фазированные антенные решетки и антенны с непрерывным раскрывом. М.: Сов. радио, 1980.

Получено 26.11.12.

N.A. Emelyanov, Post-Graduate Student, Kursk State University (e-mail: nikita_emalyanov@bk.ru)

M.A. Rogachev, Research Engineer, Research Center of 18 Central Defense Research Institute of Fussian Federation (Kursk) (e-mail: maxvavs@yandex.ru, tel.: (906) 572-21-52).

A.S. Sizov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (tel. (910) 219-17-86).

O.V. Yakovlev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: yacovlevoleg@yandex.ru, tel.: (920)700-17-71)

THE EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF USING A METAMATERIAL FOR INCREASING MULTI-BEAM MIRROR ANTENNA SURFACE COEFFICIENT

This article presents the evaluation of the possibility of using a metamaterial with negative permittivity in the spherical cavity-slit feed of mirror antenna for increasing the coefficient of its surface using. The structure of the feed is offered there.

Key words: *estimate, enhancment, metamaterials, nano, surface, efficiency, mirror, antenna.*

УДК 378.4

В.Н. Николаев, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: nikovic@list.ru)

К.А. Ткаченко, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: kirill06@list.ru)

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИМ КОНКУРЕНТНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ВУЗА

Рассматривается конкурентоспособность вуза в условиях интернационализации образования. Показано, что для сохранения и упрочнения конкурентных позиций вузу необходимо развивать и укреплять внутренний конкурентный потенциал.

Ключевые слова: *вуз, внутренний конкурентный потенциал, внутренняя конкурентная среда, интернационализация образования.*

***

Введение

Наиболее общей и достаточно распространенной классификацией факторов, влияющих на уровень конкурентоспособности вуза, является их деление на внешние (экзогенные) и внутренние (эндогенные).

Среди внешних (экзогенных) факторов конкурентоспособности при стратегическом анализе обычно рассматриваются следующие [1]:

1) деятельность конкурирующих структур, прежде всего относящихся к отраслевой и территориальной (региональной, муниципальной) среде;

2) деятельность профильных конкурирующих структур, работающих на международном рынке (зарубежные университеты);

3) параметры, характеризующие особенности экономической ситуации (в стране, отрасли, регионе), влияющие на платежеспособный спрос в образовательной сфере и ресурсную обеспеченность вузовской деятельности;

4) требования действующей нормативной и правовой базы в отношении функционирования и развития высшей школы.

В последнее десятилетие существенно активизировалось и расширяется использование российскими вузами дистанционных образовательных технологий с распространением их по всей территории России, а в перспективе и за ее пределы. Выход образовательного пространства за пределы границ государства означает интернационализацию образовательного процесса. С точки зрения от-

дельно взятого вуза интернационализацию можно определить как процесс выхода штатного образовательного процесса за национальные границы, осуществляемый в значимых для данного образовательного учреждения размерах [2].

Применительно к высшему образованию речь идет, в первую очередь, о дистанционном обучении посредством системы Интернет, создании виртуальных университетов. В настоящее время данное направление занимает довольно скромную нишу, но именно здесь имеются огромные возможности для поступательного развития. Интернационализация высшего образования является объективным процессом становления мирового рынка образовательных услуг.

В связи с интернационализацией образовательного пространства, задача выявления конкретных конкурентов на рынке образовательных услуг становится трудно решаемой или неразрешимой. На первый план выдвигается внутренний конкурентный потенциал вуза.

Постановка задачи

Системное представление о конкурентном потенциале современного вуза предполагает его дифференцированный анализ через основные компоненты деятельности учреждения, среди которых наиболее важными являются следующие: образовательный; научно-технический, предпринимательский. Каждый из этих компонент обладает собственными специфическими конкурентными параметрами; соответственно, преимуществами и (или) недостатками в сравнении с аналогичными параметрами родственных учреждений [3].

Образовательный компонент своим рыночным результатом имеет предоставленную клиентам услугу, обладающую определенными параметрами (прежде всего ценой, сроками представления, степенью соответствия потребностям обучаемых и т.д.). При этом локальная (внутривузовская) экономическая эффективность образовательной деятельности учреждения определяется соотношением годовой суммарной выручки, полученной от оплаты всех видов образовательных услуг, к текущим и единовременным затратам на их осуществление.

Научно-технический компонент вузовской деятельности предназначен для производства рыночной инновационной продукции – от научно-технических, научно-методических разработок до создания опытных образцов новой техники. Рыночный результат научно-технической деятельности может быть оценен экономическим эффектом, полученным от реализации разработок.

Для большинства вузов очень важным является предпринимательский компонент деятельности. Это связано с поиском дополнительных денежных средств на оплату труда преподавателей и развитие материально-технической базы. Неблагоприятная демографическая ситуация и недостаточное бюджетное финансирование заставили государственные вузы активизировать усилия по привлечению контингента студентов для обучения по дистанционным технологиям.

Реализация дистанционных технологий и повышение требований государства по подготовке специалистов, обладающих высоким уровнем компетентности, заставляют вузы внедрять инновационные образовательные технологии, в том числе и технологии контроля приобретения студентами необходимых компетенций. Таким образом, требуется тщательная отработка образовательных технологий и контроля усвоения знаний студентами.

Основная направленность деятельности вуза – оказание образовательных услуг. Поэтому, по нашему мнению, основу конкурентного потенциала вуза составляет организация и наполнение процесса оказания образовательных услуг.

На рисунке 1 показаны основные направления оказания образовательных услуг вуза. Как видно из рисунка, конкурентоспособность вуза по образовательным услугам складывается из конкурентоспособности по каждой из форм и программ обучения.

Интегральный показатель конкурентоспособности образовательных услуг вуза может быть вычислен как сумма конкурентоспособности различных форм и программ обучения по формуле

$$\mathrm{I} = \sum_{i=1}^{6} a_i p_i , \qquad (1)$$

где I – итоговое значение рейтинговой оценки;

a_i – коэффициент;

p_i – показатель.

Качество профессорско-преподавательского состава является важнейшей составляющей, определяющей конкурентные позиции того или иного образовательного учреждения.

Основным процессом внутренней конкурентной среды вуза является образовательный. Современные методы обучения предусматривают формирование заданных Федеральными государственными образовательными стандартами компетенций при активном сотрудничестве вуза и работодателей.

Модель образовательного процесса показана на рисунке 2. В начале обучения обучающийся по уровню знаний находится в состоянии Y1. После освоения основной образовательной программы и прохождения процедуры оценки уровня знаний обучающийся переходит в состояние Y2.

Рис. 1. Основные формы оказания образовательных услуг

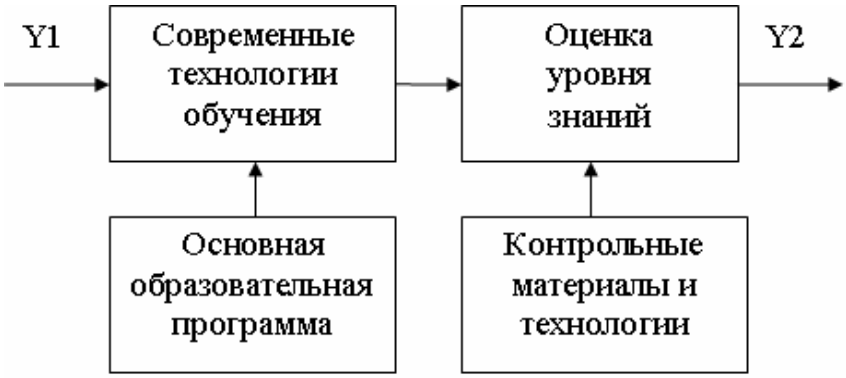


Рис. 2. Модель образовательного процесса

Важнейшей задачей является организация контроля качества подготовки обучающихся и управление этим процессом. Степень озабоченности педагогического сообщества поиском методов и способов решения этой задачи отражается в количестве публикаций на эту тему, вышедших из печати в последние годы. Одним из направлений поиска является моделирование адаптивного управления процессом обучения, в том числе и обучение по индивидуальной траектории. Основу адаптивного управления составляет квалиметрическая модель контроля полученных обучающимися знаний.

В соответствии с педагогическим энциклопедическим словарем [4] проверка и оценка знаний, умений и навыков учащихся – это процесс выявления и сравнения на том или ином этапе обучения результатов учебной деятельности с требованиями, задаваемыми учебными программами; выражается в форме отметки (в баллах) или словесного (оценочного) суждения учителя.

Модели оценки знаний в работе [5] разделяются на три больших класса: модели оценки уровня знаний, модели диагностики знаний и модели распознавания (классификации). Классификация моделей оценки уровня знаний показана на рисунке 3.

Модели оценки уровня знаний предназначены для обоснования интегральной, количественной оценки знаний испытуемого, так называемого балла. Модели диагностики позволяют выявить пробелы, характерные ошибки в знаниях; вместо интегральной оценки они предполагают оценивание различных учебных элементов (дидактических единиц) изучаемого курса или раздела. Модели распознавания (классификации) ставят своей целью отнести испытуемого по результатам тестирования к одному из заранее определенных классов, например класс «аттестован» и класс «не аттестован».

В настоящее время широко используются модели современной теории тестов. Под современной теорией тестов здесь понимается существующая в Европе система Item Response Theory (IRT), предназначенная для оценки латентных параметров испытуемых и параметров заданий теста посредством применения математико-статистических моделей измерения.

Одним из представителей современной теории тестов является используемая в России однопараметрическая модель Раша, которая опирается на понятия «трудность задания» и «уровень подготовленности».

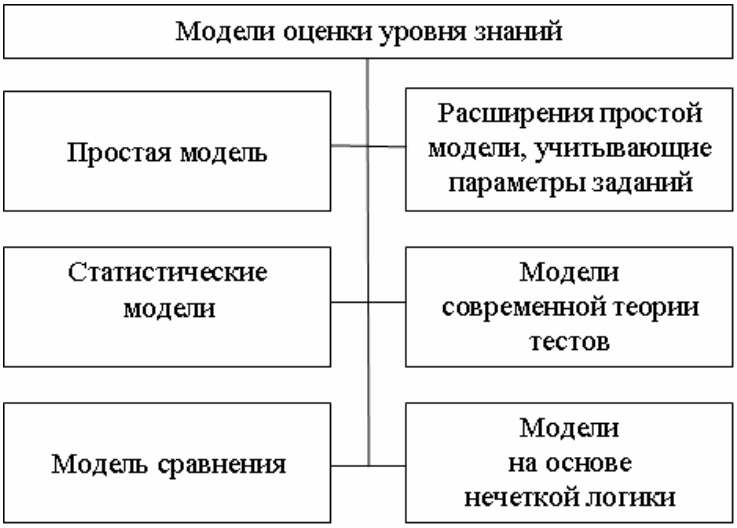


Рис. 3. Модели оценки уровня знаний

Так, одно задание считается более трудным, чем другое, если вероятность правильного ответа на первое задание меньше, чем на второе, независимо от того, кто их выполняет. Трудность задания характеризуется его сложностью. Уровень сложности вопросов определяется с помощью экспертных оценок. На начальном этапе оценки уровня знаний испытуемого устанавливается некоторое среднее значение. Здесь испытуемый обычно отвечает на 5–7 вопросов [6].

В качестве оценки правильности ответа на конкретный вопрос, как правило, используется бинарная шкала: 0 – неверно, 1 – верно. В некоторых работах, например [7], используются другие шкалы.

В модели принято считать, что более подготовленный студент имеет большую вероятность правильно ответить на все задания, чем менее подготовленный. Чем ближе значения уровня подготовки студента и сложности вопроса, тем больше вероятность того, что ответ испытуемого будет верным.

В модели Раша уровень трудности определяется как отношение вероятности (q_{1t}) того, что некоторый стандартный участник испытания с единичным уровнем подготовки (S=1) не выполнит данное задание к вероятности (p_{1t}) его выполнения:

$$t = \frac{1 - p_{1t}}{p_{1t}}. \qquad (2)$$

В работе [8] отмечается, что благодаря простой структуре модели существуют удобные вычислительные процедуры для многоаспектной проверки адекватности модели: для всего набора тестовых результатов, для каждого задания и для каждого конкретного ответа.

Основным уравнением однопараметрической логистической модели Раша является формула (3), которая имеет следующий вид:

$$P(\delta, \theta) = \frac{1}{1 + \exp(\delta - \theta)}. \qquad (3)$$

Параметры δ и θ не измеряются непосредственно в процессе тестирования. Их называют латентными параметрами, или логитами. Это принятая единица измерения латентных переменных. Для их оценки необходимо провести тестирование какого-либо числа испытуемых N с помощью некоторого числа бинарных заданий K и построить матрицу ответов $A_{n,k}$, состоящую из N строк (i) и K столбцов (j). Затем математическими методами осуществляется статистическая обработка полученных результатов тестирования. Цель обработки – определение латентных переменных [5].

Исходными данными для применения модели Раша является статистическая выборка, представляющая собой матрицу ответов группы тестируемых, данные которой обрабатываются методами математической статистики.

Заключение

Процесс обучения в математических моделях рассматривается как управляемый и контролируемый процесс решения учебных задач. Определение свойств задач и получение квалифицированной помощи должны осуществляться на основе идентификации умений обучаемого на каждом шаге обучения. В процессе обучения должен соблюдаться принцип перехода от решения простых учебных задач к сложным. Переход к усвоению нового учебного материала осуществляется в случае успешного усвоения предыдущего материала.

Проведенный анализ показывает, что в качестве основной квалиметрической модели оценки знаний обучающихся в вузе целесообразно использовать модель Раша.

Список литературы

1. Кушель Е.С. Конкурентоспособность вуза: вопросы методологии стратегического анализа [Электронный ресурс]. URL: http://www.msgpa.ru.

2. Корчагова Л.А. Оценка конкурентоспособности вуза // Маркетинг в России и за рубежом. 2007. № 5. С. 51.

3. Гуськова Н., Краковская И. Реализация инновационной стратегии вуза: программа инвестиций в человеческий капитал // Проблема теории и практики сравнения. 2010. № 12.

4. Педагогический энциклопедический словарь / под ред. Б.М. Бим-Бад. М.: Большая рос. энцикл., 2002. 527 с.

5. Проскурнин А.А. Математические модели оценки знаний [Электронный ресурс]. URL: http://it-claim.ru/Library/ Books/ ITS/ proscurin.

6. Поздняков С.А. Исследование точности измерения латентных переменных в образовании. Славянск-на-Кубани: Издательский центр СГПИ, 2007. 118 с.

7. Глущенко А.И. Автоматизированное адаптивное управление процессом обучения в ВУЗе: монография. Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2009. 152 с.

Получено 26.11.12.

V.N. Nikolaev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: nikovic@list.ru)

K.A. Tkachenko, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kirill06@list.ru)

MODELS AND METHODS OF CONTROL OF THE INTERNAL COMPETITIVE POTENTIAL OF THE UNIVERSITY

Considered competitive university in the internationalization of education. It is shown that for the preservation and strengthening of the competitive position of university to develop and strengthen the internal competitive potential.

Key words: *university, internal competitive potential, internal competitive environment, the internationalization of education.*

УДК 621.397.67

Н.А. Емельянов, аспирант, Курский государственный университет
(e-mail: nikita_emelyanov@bk.ru)

П.А. Косинский, канд. техн. наук, Курский государственный университет

О.В. Яковлев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: YacovlevOleg@yandex.ru)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК В УСТРОЙСТВАХ САНТИМЕТРОВОГО И МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ ДЛИН ВОЛН

Рассмотрены перспективы применения наноструктурированных сегнетоэлектриков в управляющих радиотехнических устройствах. Показано, что фазовращатели и линии задержки на основе сегнетоэлектрических пленок толщиной 20–50 нм обладают характеристиками, превосходящими ферромагнитные и полупроводниковые аналоги. Проанализированы методы синтеза данных пленок. Установлено, что гель-золь синтез является наиболее перспективным, не требует вакуумного оборудования, позволяет получать стехиометрические пленки на полдожках сложной формы при более низких, по сравнению с другими методами, температурах.

Ключевые слова*: фазовращатель, линия задержки, наноструктурирированные сегнетоэлектрические пленки, золь-гель синтез.*

***

В настоящее время возрастает потребность в фазированных антенных решетках с управляемой диаграммой направленности, содержащих тысячи фазовращателей, для использования в различных радиотехнических системах. Проблема изготовления данных устройств заключается в необходимости обеспечения: высокого быстродействия, малой потребляемой мощности в цепях

управления, большой мощности проходящего через них СВЧ-сигнала, а также низкой стоимости массового производства. Создание фазовращателя, обладающего подобными качествами, возможно с использованием физического явления, основанного на диэлектрической нелинейности сегнетоэлектриков [1].

Целью настоящего исследования является анализ методов синтеза и перспектив применения наноструктурированных сегнетоэлектрических пленок в управляющих устройствах СВЧ-схемотехники.

Интерес к изучению наноструктурированных эпитаксиальных и поликристаллических пленок, а также гетерофазных композитов связан с изменением их сегнетоэлектрических свойств, связанных с уменьшением толщины пленки и образующих её гранул. В данных пленках наблюдается изменение температуры Кюри, спонтанной поляризации, диэлектрической проницаемости. Данные эффекты открывают широкие возможности по использованию данных структур в технике СВЧ, поскольку позволяют снизить зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, снизить потери и управляющие напряжения. Для использования наноструктурированных сегнетоэлектриков в управляющих устройствах СВЧ-диапазона требуется решить ряд проблем, к числу которых относится разработка технологий получения гетерофазных сегнетоэлектрических структур и исследование быстродействия их диэлектрического отклика на управляющий сигнал.

В наноразмерных электрических пленках на зависимость диэлектрической проницаемости от внешнего электрического поля существенным образом влияют механические напряжения, обусловленные несоответствием параметров кристаллографической пленки и подложки, а также различием их температурных коэффициентов линейного расширения.

В [2] установлено, что использование наноразмерных пленок позволяет использовать их в сегнетоэлектрической фазе. Тангенс угла диэлектрических потерь для пленки толщиной >150 нм, измеренный на частоте 1 МГц, равен 0,01, а при толщине менее 60 нм – 0,003 и уменьшается до 0,001 с ростом смещающего напряжения. При толщине ~70 нм в данных пленках происходит структурный фазовый переход, при котором резко изменяются параметры решетки.

Добротность компонентов, реализованных на основе наноразмерных тонких пленок $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ толщиной 20-50 нм, достигает величин, необходимых для разработки перестраиваемых СВЧ-устройств, по своим характеристикам превосходящим традиционные аналоги. Оптимальные значения управляемости (n>2,5), были получены для пленок толщиной 20-30 нм при полях 10^5 В/см$^{-1}$.

Использование в основе фазовращателей на варакторных диодах наноразмерных сегнетоэлектрических пленок позволяет снизить их себестоимость по сравнению с полупроводниковыми аналогами. При этом подобные фазовращатели обладают высоким быстродействием, со временем переключения в парафазе 10^{-11} с. Для данных элементов мощность управления при 10^3 переключений в секунду достигает 10^{-5} Вт, что при сопоставимой мощности СВЧ-сигнала на несколько порядков ниже, чем у полупроводниковых и ферритовых аналогов.

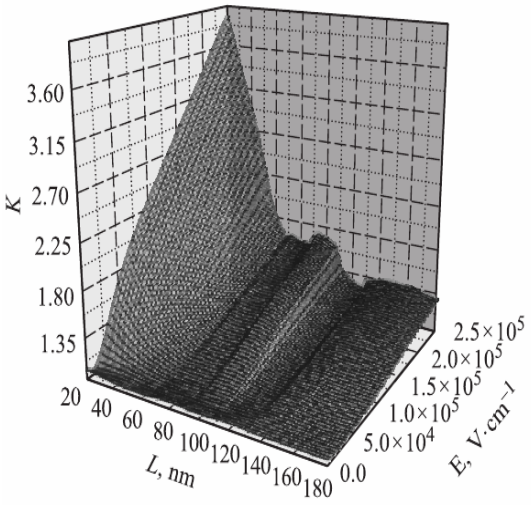


Рис. Зависимость коэффициента управляемости от толщины пленок и подводимого постоянного напряжения [2]

Другим достоинством является возможность управления сигналом высокой мощности. Предельная мощность сигнала для сегнетоэлектрических фазовращателей составляет 6 Вт, что значительно выше, чем у полупроводниковых, мощность которых 0,01-0,02 Вт.

Важнейшей величиной, количественно характеризующей управляющие устройства техники СВЧ, является коммутационный коэффициент качества K, численная величина которого для фазовращателя является отношением фазового сдвига к потерям, измеренная в градус/дБ:

$$K = \frac{(n-1)^2}{n\mathrm{tg}\delta(0)\mathrm{tg}\delta(E_{\max})}, \qquad (1)$$

где tg δ(0) и tg δ(E_{max}) – тангенс угла диэлектрических потерь при нулевой и максимальной постоянной напряженности управляющего поля, n – коэффициент управляемости элемента;

$$n = \frac{\varepsilon(0)}{\varepsilon(E_{\max})}, \qquad (2)$$

где ε(0) и ε(E_{max}) – значения диэлектрической проницаемости материала при нулевой и максимальной постоянной напряжённости управляющего поля.

Монолитный фазовращатель, реализованный на щелевой лини передачи, периодически нагруженной варакторами на основе наноразмерных пленок Ba0.8Sr0,2TiO3, находящихся в сегнетоэлектрической фазе, позволил достичь K>60градус/дБ при частоте сигнала 13 ГГц, что является лучшим результатом для аналогичных конструкций. Было экспериментально установлено, что при уменьшении толщины наноразмерной сегнетоэлектрической плёнки с 36 до 18 нм, коэффициент качества фазовращателя в полосе частот от 12 до 13,5 ГГц возрастает более чем в два раза [3].

На основе пленок $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ толщиной 70-100 нм были также реализованы перестраиваемые линии задержки сигнала СВЧ-диапазона [4]. Линия задержки представляет собой микрополосковую линию передачи сигнала с размещенными на ней планарными конденсаторами переменной ёмкости на основе сегнетоэлектрических пленок, нанесенных на кремниевую подложку со сформированной на ней СБИС, которая служит системой управления. Использование данных пленок позволило обеспечить коэффициент управления n = 2,5–3, а время установки времени задержки 10^{-9} с. Данная линия, по сравнению существующими аналогами, позволила увеличить диапазон рабочих частот до 80 ГГц, снизить прямые потери сигнала до 1 дБ, увеличить предельную мощность входного сигнала на 3 дБ, устанавливать время задержки от 0,1 до 1 мкс.

Свойства наноразмерных сегнетоэлектрических пленок во многом зависят от метода их получения. В настоящее время известно большое количество технологии получения наноразмерных пленок, в том числе высокочастотное катодное распыление, лазерная абляция, химическое осаждение из газовой фазы, металлорганическое осаждение, золь-гель синтез. Основными проблемами в области создания сегнетоэлектрических пленок являются низкая воспроизводимость полученных пленок в рамках существующих методов, высокая стоимость процесса изготовления качественных пленок.

Количественной характеристикой структурного совершенства пленок является ζ_S — мера плотности дефектов. Данный параметр представляет собой меру статистической дисперсии поля смещения, наведенного заряженными дефектами, и зависит от размеров кристаллитов и плотности заряда на их поверхностях. Потери в тонкой сегнетоэлектрической пленке на частотах 1-100 ГГц могут быть описаны с помощью трех механизмов [1]:

многофононного рассеяния мягкой моды:

$$\mathrm{tg}\delta_1(\xi_S,T,E) = \\ = A\frac{f}{f_0}\left(\frac{T}{T_C}\right)^2 \varepsilon_{00^{-3/2}}\varepsilon(\xi_S,T,E)^{3/2}; \quad (3)$$

квазидебаевского механизма потерь:

$$\mathrm{tg}\delta_2(\xi_S,T,E) = A_2\frac{f}{f_0\left[1+(2\pi f\tau)^2\right]}\times \\ \times y(\xi_S,T,E)^2\varepsilon_{00}^{-1}\varepsilon(\xi_S,T,E); \quad (4)$$

а также потерь на заряженных дефектах:

$$\mathrm{tg}\delta_3(\xi_S,T,E) = A_3\frac{f}{f_0}\xi_{S^2}\varepsilon_{00^{-1}}\varepsilon(\xi_S,T,E), \quad (5)$$

где f_0 – собственная частота мягкой моды; ε_{00} – аналог постоянной Кюри.

Таким образом, структурное совершенство пленок в значительной степени влияет на tgδ. Снижение потерь обычно достигается двумя способами: использованием сегнетоэлектрика в параэлектрической фазе (твердые растворы $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ при x < 0,6) и повышением структурного совершенства пленок.

Структура и свойства наночастиц, пленок и сверхрешеток, состоящих из наноразмерных эпитаксиальных слоев различных перовскитов, существенно отличаются от свойств объемных керамик и кристаллов, и выяснение причин этих отличий является актуальной проблемой современной физики сегнетоэлектриков.

Золь-гель метод – один из прогрессивных способов синтеза нанокомпозиционных материалов. Преимущество золь-гель технологии связано с возможностью формирования стеклообразных и керамических материалов высокой степени гомогенности, заданного химического состава в широком диапазоне концентраций и номенклатуры вводимых элементов при более низкой, по сравнению с традиционными методами, температуре. Процесс роста пленки с высокой точностью контролируется концентрацией растворов и количеством слоев, осажденных на подложке [5].

Прекурсоры титаната бария могут быть получены оксалатным, цитратным и пероксидным методами. Пероксидный метод обладает большим преимуществом, поскольку благодаря отсутствию углеродных анионов органических кислот в получаемом прекурсоре предотвращается образование карбоната бария в конечном продукте. Данным методом получены порошки титаната бария с размером частиц 20–25 нм [6].

Таким образом, наноразмерные сегнетоэлектрические пленки являются перспективным классом веществ для разработки устройств функциональной электроники. Устройства на их основе превосходят аналоги в области миниатюризации, энергопотребления и мощности сигнала. Направлением совершенствования элементной базы техники сверхвысоких частот является развитие функциональных элементов на основе сегнетоэлектриков: к достоинствам которых относятся высокое быстродействие, низкие энергопотребление и стоимость в сравнении с аналогами. Тенденция к миниатюризации и интеграции СВЧ узлов ведет к активному внедрению наноразмерных структур в качестве элементной базы. При этом наиболее перспективны наноразмерные пленки титаната бария-стронция ($Ba_xSr_{1-x}TiO_3$), имеющие превосходные характеристики:

– высокая диэлектрическая проницаемость $\varepsilon \cong 1000$,

– низкие потери СВЧ сигнала ($\mathrm{tg}\,\delta \le 10^{-3}$ на частотах до 100 ГГц),

– высокая управляемость (n = 2,5…3 для полей ≤15 В).

Создание наноразмерных пленок позволяет снизить массогабаритные характеристики антенных систем и потери энергии сигнала, повысить добротность элементов и их управляемость, минимизировать температурную зависимость характеристик сегнетоэлектриков.

К проблемам в данной области следует отнести отсутствие способа синтеза высококачественных пленок с низкой стоимостью. Перспективным в данном отношении является метод золь-гель синтеза, не требующий дорогостоящего ва-

куумного оборудования и позволяющий создавать высокогомогенные и гетерофазные композитные пленки заданной стехиометрии на больших подложках сложной формы при более низкой, по сравнению с другими способами, температуре.

Список литературы

1. Вендик О.Г. Сегнетоэлектрики находят свою «нишу» среди управляющих устройств СВЧ // Физика твердого тела. 2009. Т. 51. Вып. 7.

2. Применение наноразмерных пленок титаната бария–стронция для перестраиваемых сверхвысокочастотных устройств / В.М. Мухортов, С.И. Масычев, Ю.И. Головко [и др.] // Журнал технической физики. 2006. Т. 76. Вып. 10.

3. Фазовращатель на щелевой линии, нагруженной варакторами на основе наноразмерных пленок титаната бария-стронция / В.М. Мухортов, С.И. Масычев, Ю.И. Головко [и др.] // Радиотехника и электроника, 2007. Т. 52, № 11.

4. Афанасьев М.С., Митягин А.Ю., Г.В. Чучева. Перестраиваемая линия задержки сигнала СВЧ-диапазона на основе сегнетоэлектрических и алмазных пленок // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2010. № 3.

5. Sol-gel film structures based on titanate ferroelectric nanoparticles / V.P. Afanasiev, D.A. Chigirev, L.P. Efimenko [et al.] // Proceedings International IEEE Conference, 2009.

6. Синтез порошков титаната бария пероксидным способом / А.В. Котлярчук, В.П. Клименко, С.В. Мажуга [и др.] // Сучасне матеріалознавство: матеріали та технології: Всеукраїнська конференція молодих вчених. Киев, 2008.

Получено 26.11.12.

N.A. Emelyanov, Post-Graduate Student, Kursk State University
(e-mail: nikita_emelyanov@bk.ru)

P.A Kosinskiy, Candidate of Sciences, Kursk State University

O.V. Yacovlev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: YacovlevOleg@yandex.ru)

THE POSSIBILITY OF USING NANO-STRUCTURED FERROELECTRIC FILMS IN DEVICES CENTIMETER AND MILLIMETER BANDS WAVELENGTHS

Nanostructured ferroelectric films are promising materials for creating radio engineering devices with improved characteristics compared to the semiconductor and ferromagnetic analogs. Phase shifters and delay lines based on films of barium titanate with a thickness of 20-50 nm have high coefficient of control (n>2,5) and high speed (switching time 10^{-11} s). Decreasing the thickness of nanoscale ferroelectric films from 36 to 18 nm, the quality factor is the phase shifter in the frequency band from 12 to 13.5 GHz increases more than double. The main problems in the field of ferroelectric films are low reproducibility of the films in the existing methods, the high cost of the manufacturing process of high-quality films. Promising in this respect is the method of sol-gel synthesis, which does not require expensive vacuum equipment and allows you to create the set of the film stoichiometry on large substrates of complex shape with a lower compared to other methods, temperature.

Key words: *phase shifters, delay lines, nanostructured ferroelectric films, sol-gel synthesis.*

УДК 519.65

А.П. Локтионов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: loapa@mail.ru)

О ЧИСЛЕННОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИИ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКЕ И С *PI*-ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ВХОДНЫХ ДАННЫХ

На основе аппроксимации в численном дифференцировании исследована оптимизация погрешности в обратной начальной задаче при постоянной внешней нагрузке и с pi-преобразованием входных данных. Оптимизация достигается регуляризацией распределения первичных преобразователей.

Ключевые слова*: обратная начальная задача, начальные условия, аппроксимация, погрешность.*

***

Введение. В технических приложениях по выходным сигналам первичных преобразователей решением обратной задачи вычисляют неизмеряемые входные данные – значения производной преобразуемой функции [1, 2].

В данной статье предлагается подход к решению преобразовательно-вычислительной задачи нахождения второй производной преобразуемой функции использованием лагранжевой аппроксимации с равномерной непрерывной нормой и с *pi*-преобразованием входных данных.

Задаем преобразуемую функцию $y(x)$ результатами совместных измерений – конечными значениями (отсчетами) $y^*(x_i)$ на $[a, b]$ в узлах аппроксимации – точках x_i при $0{,}05l = a \le x_0 < x_1 \le b = 0{,}95l$.

Функция $y(x)$ есть решение начальной задачи

$$y''(x) = f_{2q}(x), \qquad (1)$$

где $f_{2q}(x) = D_2(1 - x/l)^2$ – подлежащая определению функция – решение обратной начальной задачи; $D_2 = D_4 l^2/2$; D_4 – внешняя нагрузка ($D_4 = f_\partial(x) = \text{const}$) на замкнутом промежутке $I = [0, l]$ задания решения начальной задачи $\mathrm{D}^4 y = f_\partial(x)$, $x \in I$.

Задача имеет частные решения

$$y(x_i) = \xi_0 + \xi_1 x_i + f_{2q}(x)\frac{x_i^2}{2(1-x/l)^2}\gamma_i \quad ,$$

$$\gamma_i = 1 - \frac{2x_i}{3l} + \frac{x_i^2}{6l^2}, \qquad (2)$$

удовлетворяющие начальным условиям

$$y_0 = \xi_0,\ y_0' = \xi_1, \qquad (3)$$

где ξ_{i0} – значения начальных данных.

1. Постановка обратной преобразовательно-вычислительной задачи численного дифференцирования

Введем обозначения $\alpha_{il} = x_i/l$, $\alpha_l = x/l$, $b_l = b/l$. Тогда по решению (2)

$$f_{2q}(x) = \frac{2\left(y(x_i) - \xi_0 - \xi_1 x_i\right)(1-\alpha_l)^2}{x_i^2 \gamma_i}, \qquad (4)$$

Рассматриваем технически реализуемые задачи, когда погрешность задания известных начальных данных решения удовлетворяет соотношениям

$$\Delta\xi_{00} \le \varepsilon_{py}|(a)|, \quad \Delta\xi_{10} \le \varepsilon_{py}|(a)/a|, \qquad (5)$$

выполняется условие

$$\left|\xi_0 + \xi_1 x_i\right| << \left|y(x_i)\right|, \qquad (6)$$

отсчеты $y^*(x_i)$ отвечают классу *pi*-преобразования – линейного преобразования с равномерной непрерывной нормой абсолютной погрешности с одинаковой приведенной погрешностью ε_p отсчетов во всех отсчетных точках x_i и пределами измерений $y_{pi} = y(x_i)$ на компактном наборе вещественных чисел $\{y(x_0), \ldots, y(x_n)\}$ [2]. При *pi*-преобразовании выполняется соотношение

$$\Delta_m(y(x_i)) = \varepsilon_p y_{pi} \ge \Delta(y(x_i)). \qquad (7)$$

При условии (6) из уравнения (4) следует приближенное равенство

$$f_{2q}(x) \approx 2(1-\alpha_l)^2\, y(x_i)\big/x_i^2\gamma_i. \qquad (8)$$

2. Решение обратной задачи численного дифференцирования с двумя узлами аппроксимации при неизвестном начальном данным ξ_1

Двух отсчетов $y(x_i)$ достаточно для определения производной f_{2q}, если значение одного из начальных данных известно ($\xi_0 = \xi_{00}$) и удовлетворяет первому условию (5), а значение другого начального данного ξ_1 неизвестно или погрешность его задания не удовлетворяет второму условию (5), известно также значение параметра l. Тогда по (2)

$$y(x_i) = \xi_{00} + \xi_1 x_i + f_{2q}(x)\, x_i^2\, \gamma_i \big/ 2(1-\alpha_l)^2. \qquad (9)$$

Для того чтобы двучлен $\sum_{i=0}^{1} L_{12si}^* y(x_i)$ с коэффициентами L_{12si}^* и со значениями

отсчетов (9) не был функцией неизвестной ξ_1, необходимо выполнить условие

$$\sum_{i=0}^{1} L^*_{12\sim i}\alpha_{il} = 0\,, \qquad (10)$$

по которому принимаем

$$L^*_{12\sim 0} = -\alpha_1 / \alpha_0, \quad L^*_{12\sim 1} = 1. \qquad (11)$$

Тогда с учетом формулы (9) получаем выражение

$$\sum_{i=0}^{1} L^*_{12\sim i} y(x_i) - \xi_{00}\sum_{i=0}^{1} L^*_{12\sim i} = \\ = f_{2q}(x)\sum_{i=0}^{1} L^*_{12\sim i} x_i^2 \gamma_i \Big/ 2(1-\alpha_l)^2\,, \qquad (12)$$

не содержащее ξ_1.

Суммарная абсолютная погрешность определения $f_{2q}(x)$ по двум отсчетным точкам имеет следующий вид:

$$\Delta f_{2q}(x) = \frac{2(1-\alpha_l)^2 \sum_{i=0}^{1} L^*_{12\sim i}\Delta y(x_i)}{l^2 \sum_{i=0}^{1} L^*_{12\sim i}\alpha_{il}^2\gamma_i}, \qquad (13)$$

а относительная погрешность:

$$\delta f_{2q}(x) = \Delta f_{2q}(x) \Big/ \left| f_{2q}(x) \right|. \qquad (14)$$

Вводим приведенное абсолютное число обусловленности задачи дифференцирования v_Δ и относительное число обусловленности задачи v_δ соотношениями

$$\Delta_m(f_{2q}(x)) \le (v_\Delta / l^2)\ \sup \Delta_m(y(x_i)),$$

$$\delta_m(f_{2q}(x)) \le v_\delta\, \varepsilon_p, \qquad (15)$$

где $\Delta_m(f_{2q}(x))$ и $\delta_m(f_{2q}(x))$ – соответственно граница абсолютного и относительного значения погрешности результата задачи.

Вводим соотношения

$$\gamma_a = 1 - 2a_l/3 + a_l^2/6, \\ \gamma_b = 1 - 2b_l/3 + b_l^2/6. \qquad (16)$$

Вычислим значение приведенной абсолютной меры структурной погрешности задачи редукции, определение которой как минимального числа обусловленности задачи, полученного регуляризацией компакта узлов аппроксимации, введено в [1].

Утверждение 1. Пусть на участке [*a, b*] два отсчета функции (4) выполняются *pi*-преобразованием. Тогда приведенное абсолютное число обусловленности задачи определения второй производной $f_{2q}(x)$ представимо функцией

$$v_\Delta = \frac{2(1-\alpha_l)^2 \sum_{i=0}^{1} \left| L_{12\sim i}\alpha_{il}^2\gamma_i \right|}{\alpha_{1l}^2\gamma_1 \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i}\alpha_{il}^2\gamma_i}, \qquad (17)$$

принимающей наименьшее значение

$$(v_\Delta)_{\min} = \frac{2(1-\alpha_l)^2 \left(b^2\gamma_b + a^2\gamma_a\right)}{b_l^2\gamma_b\left(b^2\gamma_b - a^2\gamma_a\right)} \qquad (18)$$

при распределении узлов сетки

$$\alpha_{0l} = a_l,\ \alpha_{1l} = b_l. \qquad (19)$$

Для варианта задачи при b_l = 0,95, a = 0,05l, α_{0l} = 0,05, α_{1l} = 0,95, $x = a$ приведенная абсолютная мера структурной погрешности задачи $(v_\Delta)_{\min}$ = 4,71.

При определении второй производной $f_{2q}(0) = D_2$ в формуле (18) $\alpha_l = 0$ приведенная абсолютная мера структурной погрешности задачи 5,22.

Утверждение 2. Пусть на участке [*a, b*] два отсчета функции (9) выполняются *pi*-преобразованием, выполняется условие (8). Тогда относительное число обусловленности задачи определения второй производной $f_{2q}(x)$ представимо функцией

$$v_\delta = \sum_{i=0}^{1} \left| L_{12\sim i}\alpha_{il}^2\gamma_i \right| \Big/ \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i}\alpha_{il}^2\gamma_i\,, \qquad (20)$$

принимающей наименьшее значение

$$(v_\delta)_{\min} = \frac{b\gamma_b + a\gamma_a}{b\gamma_b - a\gamma_a} \qquad (21)$$

при распределении узлов сетки (19).

Для варианта задачи при b_l = 0,95, a = 0,05 l, α_{0l} = 0,05, α_{1l} = 0,95 относительная мера структурной погрешности $(v_\delta)_{\min}$ = 1,22.

3. Решение обратной задачи численного дифференцирования с двумя узлами аппроксимации при неизвестном начальном данном ξ_0.

Двух отчетов $y(x_i)$ достаточно для определения производной $f_{2q}(x)$, если значение одного из начальных данных известно ($\xi_1 = \xi_{10}$) и удовлетворяет второму условию (5), а значение другого начального данного ξ_0 неизвестно, или погрешность его задания не удовлетворяет первому условию (5), известно также значение параметра l. Тогда по уравнению (3)

$$y(x_i) = \xi_0 + \xi_{10} x_i + \gamma_i \frac{x_i^2 f_{2q}(x)}{2(1-\alpha_l)^2}. \quad (22)$$

Для того чтобы двучлен $\sum_{i=0}^{1} L_{12si} y(x_i)$ со значениями отсчетов (22) не был функцией неизвестной ξ_0, необходимо выполнить условие

$$\sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} = 0, \quad (23)$$

т. е. применить коэффициенты Лагранжа:

$$L_{12\sim 0} = -1, \quad L_{12\sim 1} = 1. \quad (24)$$

Тогда с учетом выражения (22) получаем соотношение

$$\sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} y(x_i) = \xi_{10}(x_1 - x_0) + \frac{f_{2q}(x)}{2(1-\alpha_l)^2} \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} x_i^2 \gamma_i, \quad (25)$$

не содержащее ξ_0. Следовательно, приближенное по выражению (25) решение

$$\frac{f_{2q}^*(x)}{2(1-\alpha_l)^2} = \frac{-\xi_{10}(x_1 - x_0) + \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} y^*(x_i)}{\sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} x_i^2 \gamma_i} \quad (26)$$

отвечает возмущенным исходным данным – значениям отсчетов $y^*(x_i)$, уровню ошибок исходных данных в пределах неопределенности каждого отсчета.

Находим суммарную абсолютную погрешность определения $f_{2q}(x)$ по двум отсчетным точкам:

$$\Delta f_{2q}(x) = \frac{2(1-\alpha_l)^2 \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} \Delta y(x_i)}{\sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} x_i^2 \gamma_i}, \quad (27)$$

относительную погрешность определяем по формуле (14).

Утверждение 3. Пусть на участке [a, b] два отсчета функции (22) выполняются pi-преобразованием. Тогда абсолютное число обусловленности задачи определения второй производной $f_{2q}(x)$ представимо функцией

$$v_\Delta = \frac{2(1-\alpha_l)^2 \sum_{i=0}^{1} \left| L_{12\sim i} \alpha_{il}^2 \gamma_i \right|}{l^2 \alpha_{1l}^2 \gamma_1 \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} \alpha_{il}^2 \gamma_i}, \quad (28)$$

принимающей наименьшее значение

$$(v_\Delta)_{\min} = \frac{2(1-\alpha_l)^2 (b^2\gamma_b + a^2\gamma_a)}{b^2\gamma_b (b^2\gamma_b - a^2\gamma_a)} \quad (29)$$

при распределении узлов сетки (19).

Для варианта задачи при $b_l = 0{,}95$, $a = 0{,}05l$, $\alpha_l = 0{,}05$, $\alpha_{0l} = 0{,}05$, $\alpha_{1l} = 0{,}95$ приведенная абсолютная мера структурной погрешности задачи $(\nu_\Delta)_{\min} = 3{,}91$.

При определении второй производной $f_{2q}(0) = D_2$ в формуле (29) $\alpha_l = 0$, приведенная абсолютная мера структурной погрешности задачи 4,33.

Утверждение 4. Пусть на участке [a, b] два отсчета функции (11) выполняются pi-преобразованием, выполняется условие (8). Тогда относительное число обусловленности задачи определения второй производной $f_{2q}(x)$ представимо функцией

$$v_\delta = \sum_{i=0}^{1} \left| L_{12\sim i} \alpha_{il}^2 \gamma_i \right| \Big/ \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} \alpha_{il}^2 \gamma_i, \quad (30)$$

принимающей наименьшее значение

$$(\nu_\delta)_{\min} = \frac{b^2\gamma_b + a^2\gamma_a}{b^2\gamma_b - a^2\gamma_a}, \qquad (31)$$

при распределении узлов сетки (19).

Для варианта задачи при b_l = 0,95, a = 0,05l, α_{0l} = 0,05, α_{1l} = 0,95 относительная мера структурной погрешности $(\nu_\delta)_{\min}$ = 1,01.

Выводы

Представлена математическая модель обратной преобразовательно-вычислительной задачи численного дифференцирования с постоянной внешней нагрузкой с учетом начальных условий при использовании двух первичных преобразователей, отвечающих классу *pi*-преобразования, при аппроксимации с равномерной непрерывной нормой.

Основным результатом исследования является доказательство возможности практического определения значений второй производной с приведенной абсолютной мерой структурной погрешности до 5,2 и с относительной мерой структурной погрешности до 1,2.

1. Локтионов А. П. Принцип построения системы управления исследованиями и испытаниями механических конструкций на основе редукции преобразований // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 6. С. 57–61.

2. Локтионов А.П. Структурная регуляризация подсистемы преобразовательного компонента преобразовательно-вычислительных систем: монография / Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2009. 323 с.

Получено 27.11.12.

A.P. Loktionov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: loapa@mail.ru)

ON THE NUMERICAL DIFFERENTIATION AT CONSTANT EXTERNAL LOAD AND WITH THE *PI*-TRANSFORMATION OF INPUT DATA

On the basis of approximation in numerical differentiation investigated optimization of error in inverse initial value problem for a constant external load and a pi-transformation of the input data. Optimization is achieved by regularization of the distribution of primary converters.

Key words: *inverse initial the problem, initial conditions, approximation, error.*

УДК 378.146

А.В. Ткаченко, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: tkachenko46@list.ru)

А.И. Ткаченко, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: tkachenkoai@list.ru)

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рассматриваются модели и методы управления идентификацией знаний обучающихся в системе дистанционного обучения: классическая статистическая обработка результатов тестирования, метод Раша, метод нечетких множеств и метод Байеса.

Показано, что для идентификации знаний обучающихся по индивидуальной траектории целесообразно использование метода Байеса.

Ключевые слова: *система дистанционного обучения, методы идентификации знаний, статистические методы, модель Раша, метод Байеса.*

***

Введение

Одним из перспективных способов приобретения знаний в настоящее время является дистанционное обучение на основе возможностей, которые предоставляют современные телекоммуникационные технологии и, в частности, сеть Интернет. Преимущества дистанционного обучения очевидны и неоспоримы. Для вузов дистанционное обучение является одним из способов увеличения набора, а значит, и финансирования. Именно поэтому в настоящее время такая форма обучения интенсивно вводится в вузах. Весьма заметные сдвиги произошли и в направлении повышения квалификации, причем не только в системе общего и высшего образования, но и во всех сферах производства, где выгодно осуществлять переподготовку персонала без отрыва от основной работы. Особенно привлекает потребителя то обстоятельство, что реальной становится экономия времени и к минимуму сводятся затраты финансовых ресурсов при выездах на сессии. В то же время актуальным становится вопрос идентификации знаний обучающихся.

Постановка задачи

В настоящее время вузами активно ведутся исследования и разработки интеллектуальных методов идентификации знаний. В качестве примера можно привести работы [1, 2].

Процесс управления обучением в системах дистанционного обучения (СДО) реализуется как процесс принятия решений, в котором выбор пути продолжения обучения существенно зависит от его предыстории. Причем выбор одного из путей не определяется до конца обучающей программы, а задается лишь направление движения на очередной шаг. На следующем шаге процесс принятия решения повторяется с учетом новой информации. Такое управление называют адаптивным, а применительно к обучению – адаптивным обучением. Адаптивное обучение позволяет обеспечить представление учебного материала на оптимальном уровне сложности, поскольку легкие задания не обладают развивающим потенциалом, а очень сложные снижают мотивацию к обучению.

Адаптивное обучение может быть реализовано на основе адаптивного тестирования, которое направлено на адаптацию процесса обучения к индивидуальным особенностям обучающихся. Тестирование позволяет оценить состояние обученности, а его результаты могут использоваться для соответствующей коррекции учебного процесса.

Использование заданий, соответствующих уровню подготовки обучаемого, позволяет уменьшить время тестирования и повысить точность измерения уровня знаний.

Упрощенная модель системы дистанционного обучения в виде ориентированного графа показана на рисунке.

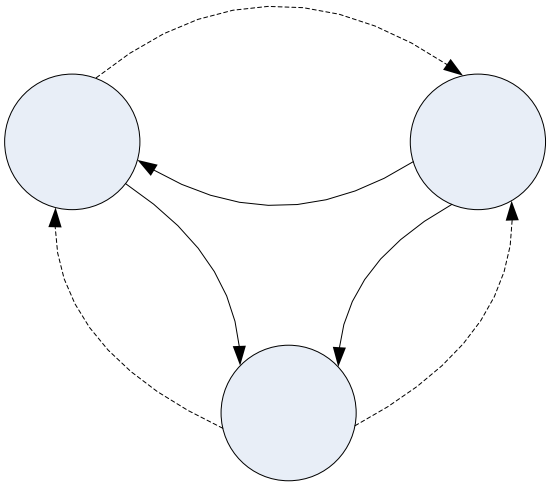


Рис. Упрощенная модель системы дистанционного обучения: РТ – результат тестирования; УО – уровень обученности; ПО – помощь в обучении

Процесс обучения рассматривается как управляемый и контролируемый процесс решения учебных задач. При дистанционной технологии обучения наиболее значительная доля контроля за усвое-

нием изучаемого материала должна выполняться компьютеризированной системой обучения.

В процессе обучения необходимо соблюдать принцип перехода от решения простых учебных задач к сложным. Переход к усвоению нового учебного материала осуществляется в случае успешного усвоения предыдущего материала.

Определение свойств учебных задач и материалов для изучения предполагается осуществлять на основе идентификации знаний и умений обучаемого на каждом шаге обучения путем тестирования.

Для математической обработки результатов тестирования в настоящее время используются различные методы от известных классических статистических до сложных, основанных на теории Раша и теории вероятностей.

Классическая статистическая обработка

При классической статистической обработке результаты тестирования обычно представляются в виде матрицы $\{x_{ij}\}$ с n строками и m столбцами ($i=1,\ldots,n;\ j=1,\ldots,m$). В практике тестирования принято, как правило, пользоваться дихотомической шкалой оценок результатов, когда множество возможных оценок состоит всего из двух элементов $\{0;1\}$: 0 – задание не выполнено, 1 – выполнено правильно.

Обозначим через x_{ij} числовую оценку успешности выполнения j-го задания каждым обучаемым. На основании этих данных представляется возможным вычислить индивидуальные баллы испытуемых y_i ($i=1,\ldots,n$) по формуле

$$y_i = \sum_{j=1}^{m} x_{ij} . \qquad (1)$$

Поскольку для проверки статистических гипотез, которые применяются в классической теории тестов, используется предположение о нормальном распределении суммарных баллов испытуемых, то рекомендуется исследовать распределение частот. Для сравнения распределения баллов с нормальным обычно используется какой-либо один из хорошо известных критериев, применяемых для этой цели.

На следующем шаге вычисляются средние результаты $\overline{y}$ суммарных баллов испытуемых по формуле

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}, \qquad (2)$$

а также средние результаты $\overline{x_j}$ по каждому заданию:

$$\overline{x_j} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}}{n}. \qquad (3)$$

Далее вычисляются коэффициенты корреляции и другие статистические характеристики с целью выделения каждого испытуемого из группы по уровню выполнения теста в целом, что фактически является показателем уровня знаний.

При классической статистической обработке результатов тестирования количество шагов по вычислению статистических характеристик достигает десяти и более.

Как видно из самой постановки задачи, такая технология предназначена для обработки результатов, полученных от группы тестируемых. По нашему мнению, ее сложно использовать в полном объеме для идентификации уровня знаний отдельного индивидуума, обучающегося по индивидуальной траектории.

Метод Раша. Для обеспечения контроля уровня подготовленности обучающихся на всех этапах обучения в образовательных системах часто используется метод латентных переменных, основанный на теории Раша [3].

Статистическая обработка результатов тестирования на основе модели Раша обладает важными достоинствами, среди которых необходимо отметить следующие. Модель Раша превращает измерения, полученные в дихотомических и по-

рядковых шкалах, в линейные измерения, в результате качественные данные анализируются с помощью количественных методов. Это позволяет использовать широкий спектр статистических процедур.

Модель Раша опирается на понятия «трудность задания» и «уровень подготовленности». Так, одно задание считается более трудным, чем другое, если вероятность правильного ответа на первое задание меньше, чем на второе, независимо от того, кто их выполняет. Аналогично, более подготовленный студент имеет большую вероятность правильно ответить на все задания, чем менее подготовленный.

В модели Раша уровень трудности определяется как отношение вероятности (q_{1t}) того, что некоторый стандартный участник испытания с единичным уровнем подготовки (S=1) не выполнит данное задание, к вероятности (p_{1t}) его выполнения:

$$t = \frac{1 - p_{1t}}{p_{1t}}. \qquad (4)$$

Благодаря простой структуре модели существуют удобные вычислительные процедуры для многоаспектной проверки адекватности модели: для всего набора тестовых результатов, для каждого задания и для каждого конкретного ответа.

Основным уравнением однопараметрической логистической модели Раша является формула, которая имеет следующий вид:

$$P(\delta, \theta) = \frac{1}{1 + \exp(\delta - \theta)}. \qquad (5)$$

Параметры δ и θ не измеряются непосредственно в процессе тестирования. Их называют латентными параметрами, или логитами. Это принятая единица измерения латентных переменных Для их оценки необходимо провести тестирование какого-либо числа испытуемых N с помощью некоторого числа бинарных заданий К и построить матрицу ответов $A_{n,k}$, состоящую из N-строк (i) и К-столбцов (j). Затем математическими методами осуществляется статистическая обработка полученных результатов тестирования. Цель обработки – определение латентных переменных [3].

Основой для применения модели Раша является статистическая выборка, представляющая собой матрицу ответов группы тестируемых, данные которой обработаны методами математической статистики.

По нашему мнению, не представляется возможным использовать в полном объеме модель Раша для идентификации уровня знаний отдельного идивидуума, обучающегося по индивидуальной траектории, в связи с тем, что матрица ответов будет содержать всего одну строку. Отсутствует статистическая выборка.

Метод нечетких множеств. В некоторых работах, например [4], в теоретическом плане для идентификации знаний обучающихся по очной форме обучения рассматривается метод нечетких множеств. В частности, предлагается использовать в процессе обучения индивидуальную модель обучаемого, которая строится на основе экспертных оценок. При этом предполагается, что процесс обучения представляет собой последовательную совокупность освоения отдельных разделов учебного материала. Каждый этап обучения заканчивается тестированием, которое может иметь различные результаты. Обучаемый может управлять процессом своего обучения посредством выбора способов освоения учебного материала. Использование такой модели позволяет наметить пути автоматической коррекции индивидуальных стратегий обучаемого.

В силу своей специфики использование метода нечетких множеств для идентификации знаний обучающихся в системах дистанционного обучения не получило широкого распространения.

Метод Байеса. Идентификация знаний обучаемого фактически представляет

собой одну из широкого перечня задач классификации. Для решения таких задач широко используется метод Байеса. Например, в работе [5] для идентификации знаний используется оверлейная модель обучаемого. Она строится в предположении, что знания обучаемого и знания системы имеют аналогичную структуру, при этом знания обучаемого являются подмножеством знаний системы.

В качестве основного компонента оверлейной модели навыков/умений обучаемого используется вектор:

$$P(k) = [P_1(k), P_2(k), \ldots P_j(k), \ldots P_j(k)], \quad (6)$$

где $P_j(k)$ – вероятность правильного применения операции y_i на k-м шаге обучения $(j = 1, 2, \ldots J)$.

Сложность задачи, выданной на k-м шаге обучения, описывается вектором $L(k)$:

$$L(k) = [L_1(k), L2(k), \ldots L_j(k), \ldots L_j(k)], \quad (7)$$

где $L_j(k)$ – число операций y_i, использование которых необходимо при выполнении задачи.

Мера трудности задачи $T(k)$ вводится как средняя доля ошибок, ожидаемых при выполнении задачи, т.е.

$$T(k) = \frac{MAT(k)}{S(k)}, \quad (8)$$

где $S(k) = \sum_j L_j(k)$;

$MAT(k)$ – математическое ожидание числа ошибок при выполнении задачи;

$$MAT(k) = \sum_{j-1}^{j} [1 - P_j(k)] \times L_j(k) = \\ = \sum_{j-1}^{j} q_j(k) \times L_j(k), \quad (9)$$

где $q_j(k)$ – вероятность неправильного применения операции y_j на k-м шаге обучения.

Целью обучения является достижение заданного уровня обученности в каждом классе задач предметной области обучения при одновременной минимизации времени обучения t (экстремальная цель). Уровень обученности определяется следующим образом: оценка вероятности правильного ответа $P_j(k)$ не должна быть меньше вероятности, которая является параметром, характеризующим процесс достижения заданного уровня знаний P_{jKOH}, что может быть представлено в виде следующего неравенства:

$$P_j(k) \geq P_{jKOH}. \quad (10)$$

Если достигнут заданный уровень обученности, то обучение заканчивается. При вынесении решения о необходимости продолжения обучения модель определяет задание, адекватное знаниям обучаемого, на очередной шаг обучения, то есть обеспечивает индивидуальную минимизацию времени обучения.

Использование байесовского подхода при идентификации знаний обучаемого и осуществление прогнозирования состояния обученности обеспечивают учет предыстории обучения, что является основой для организации адаптивного обучения. Положительной стороной данного подхода является возможность внесения корректировок в курс обучения на любом из этапов, что позволяет добиться максимальных результатов при построении индивидуальной траектории обучения.

Выводы

Рассмотрены модели и методы идентификации знаний обучающихся по дистанционным технологиям обучения. Наиболее часто в исследованиях и на практике используются методы классической статистической обработки результатов тестирования, метод Раша и метод Байеса. Методы классической статистической обработки и метод Раша разработаны применительно к исследованию усвоения знаний группой обучающихся. Идентификация знаний производится на основе

статистической обработки результатов тестирования группы. Индивидуальная оценка осуществляется по отношению к исследуемой группе.

Наиболее перспективной моделью управления индивидуальной траекторией обучения является модель с использованием метода Байеса. Его применение не требует использования статистической выборки, получаемой в результате тестирования группы обучающихся, и позволяет идентифицировать знания одного отдельного обучающегося.

Список литературы

1. Глущенко А.И., Еременко Ю.И., Уварова И.В. Автоматизированное адаптивное управление процессом обучения в ВУЗе: монография. Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2009. 152 с.

2. Кравченко А.С. Разработка математических моделей и алгоритмов управления обучаемым, учитывающих его индивидуальные особенности: автореф. дис. … канд. техн. наук. Воронеж, 2011. 16 с.

3. Поздняков С.А. Исследование точности измерения латентных переменных в образовании.Славянск-на-Кубани: Издательский центр СГПИ, 2007. 118 с.

4. Астанин С.В. Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования [Электронный ресурс]. URL: http://www.e-joe.ru/sod/00/5_00/as/html.

5. Галеев И.Х. Модель управления процессом обучения в ИОС [Электронный ресурс]. URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/ v13_i3/html/1r.htm.

Получено 27.11.12.

A.V. Tkachenko, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tkachenko46@list.ru)

A.I. Tkachenko, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tkachenkoai@list.ru)

MODELS AND METHODS OF IDENTITY MANAGEMENT KNOWLEDGEIN DISTANCE LEARNING

The models and methods of identity management knowledge of students in distance learning system: the classical statistical analysis of test results, the method of Rush, the method of fuzzy sets and Bayesian method.

It is shown that for the identification of students' knowledge on the individual trajectory appropriate use Bayesian.

Key words: *e-learning methods to identify the knowledge, statistical methods, Rasch model, the Bayesian method.*

УДК 502.175:004.421.4:510.6

С.Н. Фролов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: snfrolov@bk.ru)

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

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА НА БАЗЕ МНОГОАГЕНТНОГО ПОДХОДА

В статье рассматривается структурно-функциональная организация автоматизированной информационной системы Государственного пожарного надзора на базе многоагентного подхода и особенности ее разработки.

Ключевые слова*: многоагентная система, противопожарная безопасность, информационная система.*

***

Результаты исследований по проблемам организации проверок противопожарного состояния объектов показали, что основным элементом алгоритма проверок является выявление нарушений требований пожарной безопасности. Этот элемент является одним из самых сложных.

Существующие методики проверок могут быть усовершенствованы путем включения в технологию проверок объектов информационных технологий и разработки автоматизированной информационной системы пожарного надзора на базе многоагентного подхода.

Поскольку разработка такой системы и методики ее использования требует корректировки существующих методов с учетом введения в процесс проверок носимых малогабаритных электронных средств сбора и обработки информации, а также разработки новой архитектуры или новой функциональной организации исходного материала на базе многоагентного подхода, необходимо решить следующие задачи:

– систематизировать (функционально организовать) нормативные требования с целью эффективного использования носимых электронных средств сбора и обработки информации при проведении проверок противопожарного состояния объектов инспекторами Государственного пожарного надзора (ГПН);

– разработать состав автоматизированной информационной системы (АИС) ГПН на основе многоагентного подхода;

– разработать структуру аппаратно-программного комплекса (АПК) инспектора ГПН, реализующего возможности применения автоматизированных информационных технологий многоагентного подхода при проведении проверок;

– разработать алгоритмы автоматизированного формирования формализованных документов инспектора ГПН;

– разработать предложения по структуре и алгоритмам функционирования автоматизированной системы документооборота ГПН на основе многоагентного подхода.

При систематизации нормативных требований по проведению проверок инспекторами ГПН основное внимание обращено на положения Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

Актуальность разработки технического регламента в области пожарной безопасности обусловлена необходимостью создания эффективных механизмов государственного регулирования в данной области на основе мер организационного, экономического и иного характера, адекватных угрозе пожаров и обеспечивающих задачи развития общества и государства.

Практическая реализация положений закона позволит обеспечить соответствующий современному состоянию развития общества и экономики уровень защиты от пожаров, создаст необходимые условия для реализации конституционного права собственника по выбору вариантов противопожарной защиты объекта. Технический регламент устраняет в области пожарной безопасности избыточные технические барьеры.

При выполнении обязательных требований пожарной безопасности, установленных федеральными законами о технических регламентах, и требований нормативных документов по пожарной безопасности расчет пожарного риска не требуется.

МЧС России в настоящее время разработаны и утверждены в установленном порядке ряд нормативных правовых актов, сводов правил, национальных стандартов, направленных на реализацию технического регламента.

Таким образом, на сегодняшний день четко определена нормативно-правовая база, необходимая для проведения мероприятий по проверке противо-

пожарного состояния объектов, что позволяет перейти к разработке состава АИС ГПН на основе многоагентного подхода [2].

Ключевыми требованиями к создаваемой АИС ГПН являются:

– открытость – совместимость со всеми современными стандартами и протоколами, поддержка Internet/Intranet технологий, а также возможность наращивания функциональности за счет взаимодействия как собственными технологиями участников создаваемой системы, так и с программным обеспечением независимых поставщиков;

– интегрируемость информационной среды, в которой соответствующая совокупность гетерогенных ресурсов и сервисов представляется пользователю непротиворечивым и интегрированным образом через единый интерфейс посредством однородного поиска;

– универсальность – система должна охватывать удаленные и распределенные источники и сервисы, обеспечить операции поиска информационных ресурсов, запроса ресурсов и их доставки;

– прозрачность – система должна быть прозрачной для пользователя, поддерживать возможности персонификации интерфейса, должны поддерживаться пользовательские профили (фиксирующие индивидуальные конфигурации пользовательского интерфейса), информация о правах доступа пользователей, о правах использования ресурсов;

– надежность – обеспечение устойчивости доступа, балансировки нагрузки, а также безопасности данных и контроля доступа к ним с целью выполнения требований конфиденциальности;

– динамичность – обеспечение оперативной информацией, т.е. информацией реального времени на основе динамического обновления содержания;

– переносимость – способность работать на различных аппаратных платформах, операционных системах, серверах баз данных;

– адаптируемость – возможность настройки на разрабатываемую систему для любого структурного подразделения.

Разрабатываемая система должна обеспечить построение единого информационного пространства при взаимодействии различных структурных подразделений ГПН, поддерживать локальные порталы на основе разработки и внедрения технологий информационно-управляющего ядра.

Основные задачи АИС ГПН следующие:

– формирование и ведение федеральной, региональной и территориальной баз данных по объектам учета;

– оперативный доступ к базам данных учета поднадзорных объектов;

– осуществление мероприятий по контролю за соблюдением требований пожарной безопасности с подготовкой предусмотренных законодательством Российской Федерации в области обеспечения пожарной безопасности формализованных документов;

– получение статистики проверок и нарушений;

– поиск информации по установочным данным в базах оперативного доступа;

– автоматизированный контроль выполнения управленческих решений и выданных предписаний.

АИС ГПН на основе многоагентного подхода представляет собой территориально-распределенную, разветвленную, иерархическую автоматизированную систему сбора, обработки и хранения информации.

Общая архитектура АИС ГПН определяет основные типы узлов распределенной системы и основные способы их взаимодействия для выполнения общей целевой функции системы – обеспечения пожарной безопасности объектов и населения РФ (рис.).

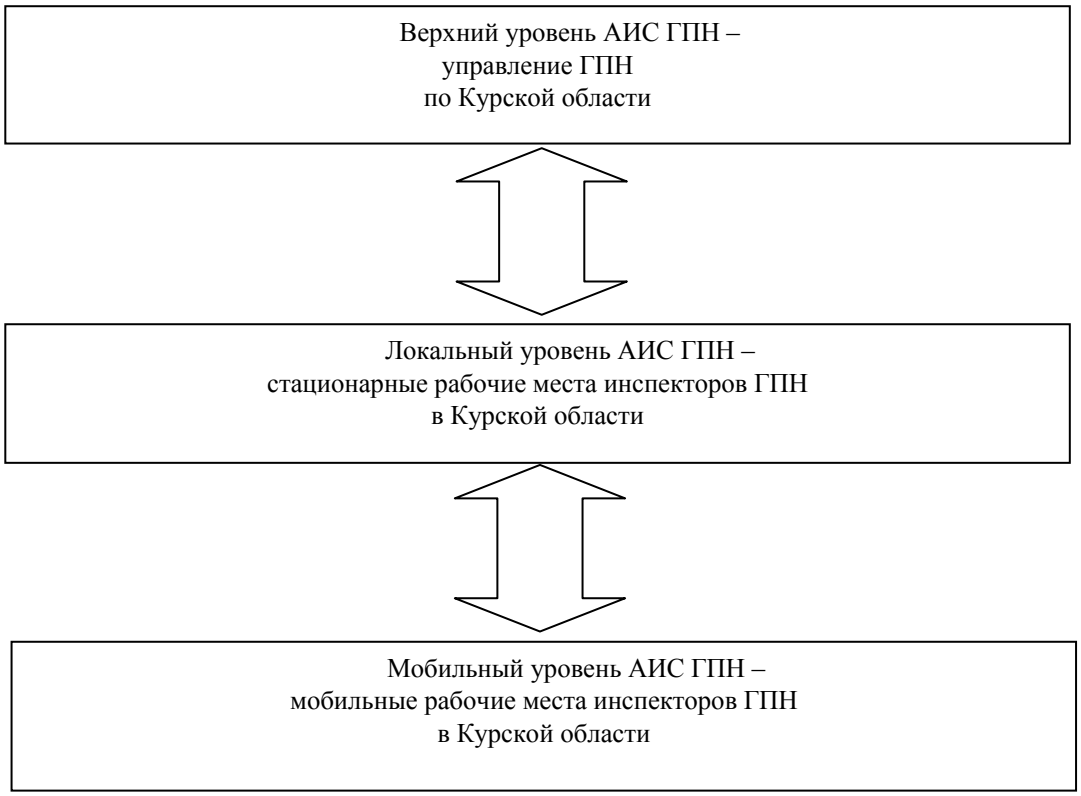


Рис. Общая архитектура АИС ГПН на основе многоагентного подхода

Все узлы системы разделены на три уровня: верхний, локальный и мобильный.

В состав АИС ГПН входят:

– АПК «Центр ГПН», предназначенный для сбора, хранения, аналитической и статистической обработки данных в управлении ГПН по Курской области (верхний уровень АИС ГПН);

– АПК «Стационарный ГПН», предназначенный для сбора, хранения, аналитической и статистической обработки данных инспекторами в отделах ГПН (локальный уровень АИС ГПН);

– АПК «Мобильный ГПН», предназначенный для аналитической и статистической обработки данных во время выездных проверок инспекторами ГПН (мобильный уровень АИС ГПН).

Общие требования к АПК «Мобильный ГПН» и АПК «Стационарный ГПН» (АПК ГПН) можно сформулировать следующим образом (в различных условиях обстановки АПК ГПН должны обеспечивать):

– автоматизированное выполнение информационных процессов;

– преемственность в методах работы на средствах автоматизации при смене должностных лиц;

– сохранность и обеспечение идентичности имеющейся в системе информации при переподчинении, вводе и исключении объектов по структуре управления;

– создание библиотек отчетно-информационный и справочных документов с возможностью корректировки их содержания; возможность хранения промежуточных и конечных результатов выполнения соответствующих расчетов и моделирования;

– возможность осуществления автоматизированного контроля за выполнением заявок и информационных запросов с выдачей предупреждения о непоступившей к заданному времени информации.

АПК ГПН должны выполнять следующие функции.

А. В интересах решения задач сбора информации:

1) обеспечение ввода информации (текстовой неформализованной и формализованной) должностными лицами с автоматизированных стационарных и мобильных рабочих мест, а также ее прием от АПК «Центр ГПН»;

2) преобразование вводимой (при необходимости и получаемой) информации в необходимые формы с установленными форматами;

3) передачу по каналам связи введенной (полученной) информации заинтересованным инстанциям для ее последующей обработки.

Б. В интересах решения задач обработки собранной информации:

1) прием и регистрацию переданной информации в соответствующих базах и банках данных;

2) классификацию зарегистрированной информации по оперативной важности и срочности представления;

3) анализ вновь полученной информации;

4) обобщение всей имеющейся информации до уровня, требуемого в соответствующем звене управления, с последующей регистрацией результатов обобщения.

В. В интересах представления (доведения, передачи) обработанной информации:

1) выдача требуемой информации в установленной форме должностными лицами с автоматизированных рабочих мест;

2) отбор и сортировка требуемой информации;

3) автоматическое формирование отчетно-информационных и справочных документов установленной формы и наборов данных;

4) выдача информации в форме отчетно-информационных и справочных документов на средствах отображения автоматизированных рабочих мест или в АПК «Центр ГПН»;

5) обеспечение на автоматизированном рабочем месте ручного редактирования сформированных документов с помощью программных и технических средств.

Исходя из задач и функций АПК разработан состав унифицированных аппаратно-программных средств АПК «Мобильный ГПН» и АПК «Стационарный ГПН».

В АПК ГПН должны быть реализованы три режима работы: повседневный, дежурный и учебный.

Повседневный режим предназначен для осуществления информационного обеспечения в полном объеме в текущей повседневной деятельности инспекторов ГПН.

В дежурном режиме осуществляется информационное обеспечение дежурных сил ГПН на случай чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий.

В учебном режиме выполняется информационное наполнение и обновление содержимого банков и баз данных по объектам пожнадзора, обучение инспекторов ГПН методам и приемам работы с АПК ГПН.

Таким образом, предлагаемая АПК ГПН на базе многоагентного подхода должна обеспечивать оперативную, непрерывную и устойчивую информационную поддержку деятельности инспекторов ГПН.

---

1. Козлачков В.И., Лобаев И.А., Андреев А.О. Экспресс-оценка пожарных рисков при осуществлении государственного пожарного надзора // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Минск: Изд-во БГУ, 2010. С. 100–101.

2. Информационные технологии управления в Государственной противопожарной службе: учеб. пособие / Н.Г. Топольский [и др.]. М.: Академия ГПС МВД России, 2009. 168 с.

Получено 27.11.12.

S.N. Frolov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: snfrolov@bk.ru)

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

THE STRUCTURALLY FUNCTIONAL ORGANIZATION OF THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM OF THE STATE FIRE SUPERVISION ON THE BASIS OF MNOGOAGENTNOGO OF APPROACH

In article the structurally functional organization of the automated information system of the State fire supervision on the basis of mnogoagentny approach and feature of its development is considered.

Key words: *mnogoagentny system, fire safety, information systems.*

УДК 528.7,528.72

В.Г. Андронов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: vladiA58@mail.ru)

КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ СКАНЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Разработан метод представления строгих фотограмметрических моделей в форме координатно-временных полиномов, обеспечивающих высокую точность и оперативность фотограмметрической обработки космических сканерных изображений в условиях недоступности характеристик съёмочной аппаратуры и метаданных съёмки.

Ключевые слова: *оптико-электронная сканирующая система, коэффициенты RPC, одиночный космический снимок.*

***

Целью статьи является разработка метода геокодирования строгих фотограмметрических моделей, обеспечивающего равномерную точность в масштабах включения съёмочной аппаратуры.

Анализ известных работ [1-3] показал, что с точки зрения проективной геометрии RPC-полиномы представляют собой функцию отображения пространства объекта местности в пространство снимка. Эта функция подвергается аппроксимации 3-степенными координатными полиномами, которые трансформируют геодезические координаты B,L,H из пространства объекта местности в пиксельные координаты снимка.

Для вычисления коэффициентов RPC на спутниковом изображении с использованием строгой фотограмметрической модели создают густую регулярную равномерную сетку опорных точек. Это обусловливает первый недостаток метода рациональных полиномов, связанный с ограниченными размерами обрабатываемых территорий [4]. В среднем эти размеры не должны превышать 60 на 60 км. Отсюда вытекает необходимость разбиения обрабатываемого сканерного изображения с типичной для маршрутной съёмки длительностью включения от 40-50 до 90-100 секунд на десятки сцен (условных кадров).

Далее каждая полиномиальная модель сцены на основе коэффициентов RPC по своей физической сущности содержит 78 коэффициентов, что обусловливает требуемое число обрабатываемых точек, равное 39, а требуемое число обрабатываемых уравнений 78. Отсюда вытекает второй недостаток метода рациональных полиномов, связанный с плохой обусловленностью решаемой в итоге системы нормальных уравнений, что приводит к наличию систематических ошибок. Практически всегда в приложениях, требующих высокую точность картографирования местности, необходимо теми или иными методами предварительно выявлять и устранять эти систематические ошибки [5].

Описанные недостатки являются следствием использования координатной аппроксимации по схеме местность-снимок и приводят к существенной потери потенциальной точности.

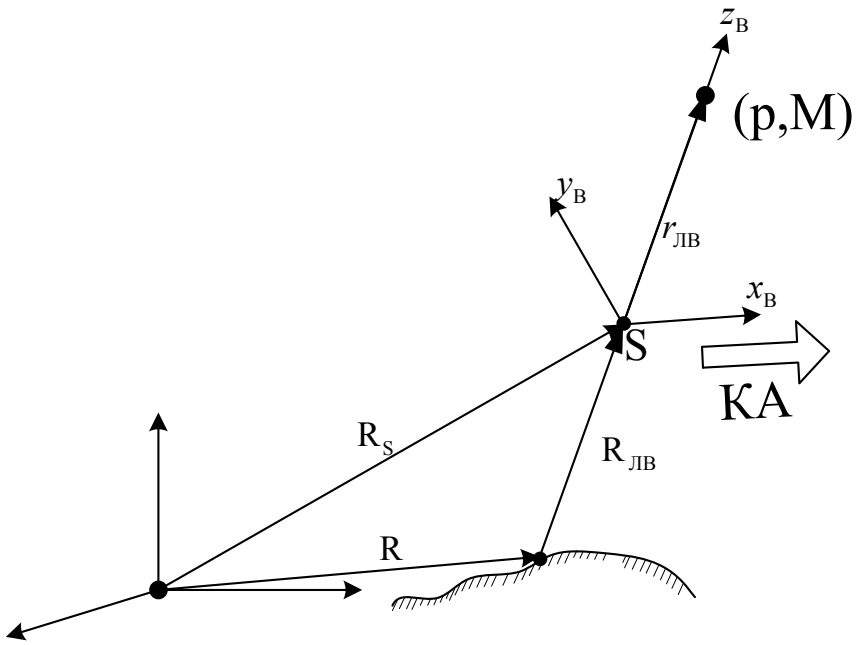


Рис. Геометрия элемента СПЛ

Суть предлагаемого метода состоит в двухуровневой координатно-временной аппроксимации по схеме снимок-местность. При этом строгие функциональные зависимости между плоскими и геоцентрическими координатами точек снимка и местности, в которых в качестве операторов преобразований присутствуют зависящие от времени линейные и угловые элементы внешнего ориентирования снимка, аппроксимируют координатно-временными полиномами, связывающими непосредственно координаты точек снимка и местности.

Рассмотрим суть метода более подробно.

Будем называть виртуальный луч **nN**, соединяющий датчик ПЗС (p,M) и точку земной поверхности **N** (рис.), элементом связки проектирующих лучей (СПЛ), где p,M – номер датчика в строке и столбце ФПС.

В качестве строгой геометрической модели, подлежащей аппроксимации, возьмём модель

$$\mathbf{R_S(t)-R(t)} = \left|R_{ЛВ}(t)\right| \mathbf{L}_{\langle 3\rangle}\mathbf{(t)}. \qquad (1)$$

Эта модель в момент времени t на интервале съёмки описывает пространственное положение элемента СПЛ в геоцентрической системе координат OXYZ. В выражении (1) приняты следующие обозначения:

R(t) = $\left(X, Y, Z \right)^T$ – радиус-вектор точки земной поверхности **N**; $\mathbf{R}_S$**(t)** = $\left(X_S(t), Y_S(t), Z_S(t)\right)^T$ – радиус-вектор центра проекции **S**, Sn=$\left|R_{ЛВ}(t)\right|$ – длина ЛВ от центра проекции **S** до точки земной поверхности **N**; $\mathbf{L}_{\langle 3\rangle}$**(t)** $=(L_X(t), L_Y(t), L_Z(t))^T$ – направляющие косинусы вектора **SN=R**$_{ЛВ}$ **(t)=R**$_S$**(t)-R(t).**

Очевидно, что

$$\begin{pmatrix} L_X(t) \\ L_Y(t) \\ L_Z(t) \end{pmatrix} = \mathbf{A(t)} \begin{pmatrix} l_X \\ l_Y \\ l_Z \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} a_{11}(t)\, l_X + a_{12}(t)\, l_Y + a_{13}(t)\, l_Z; \\ a_{21}(t)\, l_X + a_{22}(t)\, l_Y + a_{23}(t)\, l_Z; \\ a_{31}(t)\, l_X + a_{32}(t)\, l_Y + a_{33}(t)\, l_Z \end{pmatrix}, \qquad (2)$$

где **A(t)** – ортогональная матрица, описывающая в момент времени t ориентацию

вектора **Sn=r** $_{ЛВ}$ в гринвичской системе координат;

l_X, l_Y, l_Z – направляющие косинусы вектора **r** $_{ЛВ}$ в визирной системе координат $S\,x_B\,y_B\,z_B$.

При этом справедливы соотношения

$$l_X = \frac{x}{|r_{ЛВ}|},\ l_Y = \frac{y}{|r_{ЛВ}|},\ l_Z = \frac{f}{|r_{ЛВ}|}, \quad (3)$$

где $|r_{ЛВ}| = \sqrt{x^2 + y^2 + f^2}$; x, y – декартовы координаты датчика ПЗС (p,M) в фокальной плоскости ОЭСС.

Положим далее, что координаты x,y датчиков ПЗС и текущее время съёмки τ_k связаны с порядковыми номерами k, n пикселей маршрута изображения следующими формулами:

$$\begin{aligned} x&=F1(n);\\ y&=F2(n);\\ t&=F3(k), \end{aligned} \quad (4)$$

а временные функции для элементов $a_{ij}(t)$ ортогональной матрицы **A**(t), включающие в себя элементы кеплеровской орбиты КА (наклонение орбиты, долготу восходящего узла, аргумент перицентра, истинную аномалию), углы тангажа $\alpha(t)$, крена $\beta(t)$ и рысканья $\chi(t)$ КА, угловую скорость движения Земли в процессе съёмки, как показано автором в работе [6], могут быть аппроксимированы полиномами второй степени:

$$\begin{pmatrix} a_{11}(t)\\ a_{12}(t)\\ a_{13}(t)\\ a_{21}(t)\\ a_{22}(t)\\ a_{23}(t)\\ a_{31}(t)\\ a_{32}(t)\\ a_{33}(t) \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_0^{11} & a_1^{11} & a_2^{11}\\ a_0^{12} & a_1^{12} & a_2^{12}\\ a_0^{13} & a_1^{13} & a_2^{13}\\ a_0^{21} & a_1^{21} & a_2^{21}\\ a_0^{22} & a_1^{22} & a_2^{22}\\ a_0^{23} & a_1^{23} & a_2^{23}\\ a_0^{31} & a_1^{31} & a_2^{31}\\ a_0^{32} & a_1^{32} & a_2^{32}\\ a_0^{33} & a_1^{33} & a_2^{33} \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} t^0\\ t^1\\ t^2 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

В работе [6] получены аналогичные временные зависимости для составляющих угловых скоростей движения КА на интервале съёмки, которые в терминологии настоящей статьи примут следующий вид:

$$\begin{pmatrix} \omega_X(t)\\ \omega_Y(t)\\ \omega_Z(t) \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} b_0^{(X)} & b_1^{(X)} & b_2^{(X)}\\ b_0^{(Y)} & b_1^{(Y)} & b_2^{(Y)}\\ b_0^{(Z)} & b_1^{(Z)} & b_2^{(Z)} \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} t^0\\ t^1\\ t^2 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где $b_o^{(X)},....,b_2^{(Z)}$ – коэффициенты, известные разработчикам априорно.

Нетрудно убедиться, что аналогичным образом могут быть аппроксимированы составляющие $\left(\overset{*}{X}_S(t), \overset{*}{Y}_S(t), \overset{*}{Z}_S(t)\right)^T$ скорости движения КА на интервале съёмки. Имеем

$$\begin{pmatrix} \overset{*}{X}_S(t)\\ \overset{*}{Y}_S(t)\\ \overset{*}{Z}_S(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_0^{(X)} + d_1^{(X)} + d_2^{(X)}\\ d_0^{(Y)} + d_1^{(Y)} + d_2^{(Y)}\\ d_0^{(Z)} + d_1^{(Z)} + d_2^{(Z)} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} t^0\\ t^1\\ t^2 \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где $d_o^{(X)},....,d_2^{(Z)}$ – коэффициенты, известные разработчикам априорно.

В качестве модели ЛВ будем использовать полученное автором в работе [7] выражение

$$|R_{ЛВ}(t)| = \frac{\overset{*}{X}_S(t) + \overset{*}{Y}_S(t) + \overset{*}{Z}_S(t) \times \overline{L}(t)}{\omega_X(t) + \omega_Y(t) + \omega_Z(t)\overline{L}(t)}, \quad (8)$$

где $\overline{L}(t) = \dfrac{L_X(t) + L_Y(t)}{L_Z(t)}$.

Далее заметим, что если в формулах (4) параметры x,y записать через n, а время t – через k и подставить полученные соотношения соответственно в выражения (3) и (5), а полученный результат – в (2), то после несложных преобразований формулы (2) для направляющих косинусов примут следующий вид:

$$\begin{pmatrix} \mathrm{L}_X(t) \\ L_Y(t) \\ L_Z(t) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} \mathrm{L}_0^{(X)} + L_1^{(X)} n + L_2^{(X)} k\mathrm{n} + L_3^{(X)} k^2 n; \\ L_0^{(Y)} + L_1^{(Y)} n + L_2^{(Y)} k\mathrm{n} + L_3^{(Y)} k^2 n; \\ L_0^{(Z)} + L_1^{(Z)} n + L_2^{(Z)} kn + L_3^{(Z)} k^2 n \end{pmatrix}, \quad (9)$$

где $\mathrm{L}_0^{(X)},....,L_3^{(Z)}$ – коэффициенты координатно-временных полиномов, известные разработчикам априорно;

k, n – порядковые номера пикселей изображения, задаваемые потребителями.

Таким образом, строгая модель (1), для использования которой необходимо располагать метаданными съёмки, конструктивными и топологическими характеристиками съёмочной аппаратуры, может быть аппроксимирована координатно-временной моделью

$$\begin{pmatrix} \mathrm{X}(k,n) \\ Y(k,n) \\ Z(k,n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathrm{d}_0^{(\mathrm{X})} + d_1^{(X)} + d_2^{(X)} \\ d_0^{(Y)} + d_1^{(Y)} + d_2^{(Y)} \\ d_0^{(Z)} + d_1^{(Z)} + d_2^{(Z)} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \mathrm{k}^0 \\ k^1 \\ k^2 \end{pmatrix} +$$

$$+ \frac{\mathrm{R(D,L,k,n)}}{\mathrm{R(B,L,k,n)}} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} \mathrm{L}_0^{(X)} + L_1^{(X)} n + L_2^{(X)} k\mathrm{n} + L_3^{(X)} k^2 n; \\ L_0^{(Y)} + L_1^{(Y)} n + L_2^{(Y)} k\mathrm{n} + L_3^{(Y)} k^2 n; \\ L_0^{(Z)} + L_1^{(Z)} n + L_2^{(Z)} kn + L_3^{(Z)} k^2 n \end{pmatrix},$$

которая требует задания только порядковых номеров k,n, где функционалы $\mathrm{R(D,L,k,n)}, \mathrm{R(B,L,k,n)}$ представляют собой координатно-временные полиномы, аппроксимирующие модель ЛВ в результате подстановки в (8) выражений (6), (7) и (9).

Предлагаемая модель позволяет широкому кругу потребителей производить поточечную высокоточную фотограмметрическую обработку космических сканерных изображений в масштабах включения съёмочной аппаратуры, не имея метаданных съёмки и характеристик съёмочной аппаратуры. В свою очередь, такой подход к геокодированию строгой модели обеспечивает разработчикам получение коэффициентов координатно-временных полиномов на этапе планирования съёмки без предварительного построения и математической обработки регулярной равномерной сетки опорных точек.

Список литературы

1. Титаров П.С. Практические аспекты фотограмметрической обработки сканерных космических снимков высокого разрешения // ГИС-Ассоциация: Информационный бюллетень. 2004. № 3 (45). С. 25–26.

2. Институт Космических Исследований. М.: Институт Космических Исследований РАН, 2009 [Электронный ресурс]. URL: http://www.iki.rssi.ru/ index. htm, свободный доступ.

3. Fraser C.S., Dial G. and Grodecki J. Generation Sensor orientation via RPCs // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2006. № 60(3). P. 182–194.

4. Fraser C.S. and Hanley H.B. Bias compensation in rational functions for IKONOS satellite imagery // PhotogrammEng. Remote Sens. 2003. № 69(1). P. 53–57.

5. Li R. Potential of high-resolution satellite imagery for nationalmapping products // Photogramm. Eng. Remote Sens. 1998. № 64(2). P. 1165–1169.

6. Андронов В.Г., Волобуев Ю.Н. Кинематическая модель углового движения связки проектирующих лучей в оптико-электронной сканирующей систем. // Известия Юго-Зап. гос. ун-та. Серия «Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение». 2012. № 2. Ч. 3. С. 219.

Получено 28.11.12.

V.G. Andronov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: vladiA58@mail.ru)

COORDINATE-TIME APPROXIMATION OF PHOTOGRAMMETRIC MODELS OF SPACE SCANNER IMAGES

Developed the method of representing of strict photogrammetric models in form of coordinate-time polynomials, providing high accuracy and efficient of photogrammetric processing of space scanner images in condition unavailability of imaging equipment characteristics and metadata capture.

***Key words**: optoelectronic scanning system, RPC coefficients, single space image.*

УДК 681.51

А.Г. Спеваков, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: alexgsp@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В КАЧЕСТВЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Рассматриваются основы построения нейронных сетей (НС) и их применение для распознавания образов – речевых сигналов при решении задач аутентификации пользователей в телекоммуникационных сетях.

***Ключевые слова:** нейронные сети, распознавание речевых сигналов, телекоммуникационные сети.*

***

Хорошо известно, что речь человека характеризуется высокой степенью изменчивости. Это обусловлено несколькими причинами. Во-первых, даже для одного и того же говорящего реализация одних и тех же акустических единиц будет отличаться по своему спектральному составу и длительности произношения. Это может быть связано с изменением эмоционального состояния человека, условий, в которых он находится. Во-вторых, наличие каортикулярных эффектов приводит к тому, что произношение слов и фонем сильно зависит от их контекста. В-третьих, к изменениям в речевом сигнале приводят помехи различного характера. Принимая во внимание все эти факторы и учитывая ряд других ограничений, следует отметить, что для высококачественного распознавания речи в реальном времени требуются вычислительные средства с высоким быстродействием. Одним из способов снижения этого требования является распараллеливание вычислений, которое естественным образом достигается при использовании искусственных НС, реализованных на нейрокомпьютерах.

К настоящему времени разработаны высокоэффективные нейронно-сетевые модели для распознавания коротких речевых сегментов и наборов схожих по звучанию изолированных слов. Часть из этих моделей успешно объединены с традиционными подходами для создания распознавателей больших словарей изолированных слов и слитной речи.

Простейшая схема распознавания изолированных слов представлена на рисунке 1. Процесс распознавания в этом случае можно разделить на три этапа.

На первом этапе акустический препроцессор преобразует входной речевой сигнал в последовательность векторов признаков или акустических векторов, извлекаемых через фиксированные промежутки времени. Как правило, эти векторы содержат спектральные или кепстральные коэффициенты, характеризующие короткие отрезки речевого сигнала.

На втором этапе векторы сравниваются с эталонами, содержащимися в моделях слоев, и вычисляются их локальные метрики или меры соответствия (в общем случае сравниваются речевые

сегменты, представленные несколькими векторами признаков).

На третьем этапе эти метрики используются для временного выравнивания последовательностей векторов признаков с последовательностями эталонов, образующими модели слов, и вычисляются меры соответствия для слов. Временное выравнивание используется для компенсации изменений в скорости произнесения. После выполнения всех этих операций распознаватель выбирает слово, для которого мера соответствия максимальна. При распознавании слитной речи локальные метрики, полученные на втором этапе вычислений, используются для временного выравнивания и определения мер соответствия для отдельных предложений или высказываний. С целью высококачественного распознавания обычно используется дополнительный этап, позволяющий учесть семантические, синтаксические и прагматические ограничения.

Нейросеть с временными задержками (НСВЗ).

В схеме распознавания, изображенной на рисунке 1, НС наиболее успешно используются на второй стадии вычислений при расчете локальных метрик [3]. Для статистических распознавателей с непрерывным наблюдением данные метрики являются монотонными функциями функции правдоподобия векторов признаков.

Простейшие из этих функций, такие как логарифм функции правдоподобия для гауссовского распределения векторов независимых величин, могут быть рассчитаны с помощью однослойных сетей без их предварительного обучения (для известных параметров распределений). При вычислении более сложных метрик могут быть использованы многослойные перцептроны, способные вычислять функции любой сложности. При настройке весовых коэффициентов таких сетей используется способность многослойного перцептрона, имеющего достаточное число связей, аппроксимировать апостериорную вероятность классов после его обучения для выполнения классификации [4].

Данное свойство было успешно использовано для создания высокоэффективных гибридных подходов к распознаванию слитной речи, основанных на скрытых марковских моделях (СММ), где многослойные сети служат для вычисления правдоподобий состояний СММ.

Особый интерес вызывают динамические нейросетевые классификаторы, разработанные специально для распознавания речи и включающие в свой состав короткие временные задержки и узлы, выполняющие временное интегрирование, или рекуррентные связи. Обычно такие классификаторы мало чувствительны к временным сдвигам обучающих и контрольных выборок и, следовательно, не требуют для высококачественной работы точной сегментации речевых данных. Частота ошибок у динамических сетей для задач с малым словарем значительно ниже, чем у лучших альтернативных распознавателей, в том числе и основанных на СММ.

Нейронная сеть с временными задержками представляет собой многослойный перцептрон, узлы которого модифицированы введением временных задержек. Узел, имеющий N задержек t, 2t, …, Nt, показан на рисунке 2. Он суммирует взятые в N+1 последовательные моменты времени свои входы, умноженные на соответствующие весовые коэффициенты, вычитает порог и вычисляет нелинейную функцию F полученного результата.

Архитектура трехслойной НСВЗ, предложенная для распознавания трех фонем, показана на рисунке 3.

На вход сети подается временная последовательность акустических векторов, извлекаемых из речевого сигнала с интервалом, равным обычно 10 мс. Эта последовательность показана закрашенными кружочками в нижней части рисунка 3 (ось времени справа налево).

В экспериментах по распознаванию взрывных согласных (b, d, g) входная последовательность состояла из 15 акустических векторов, в качестве которых выступали энергии 16 полос частот, вычисляемых посредством применения каждые 5 мс 265-точечного блока полосовых фильтров дискретизированного с частотой 12 кГц речевого сигнала.

Для высококачественного распознавания фонем требуется учитывать их контекст. Поэтому в качестве входных данных выбирается последовательность акустических векторов, размещенная таким образом, чтобы ее середина приходилась примерно на начало или конец рассматриваемой фонемы. Узлы первого скрытого слоя имеют по две временные задержки, и каждый такой узел принимает на вход по три кадра данных (акустических вектора) с задержками 0, 1, 2. На рисунке это показано в виде трехуровневого окна, которое перемещается над входной последовательностью в направлении, указанном стрелкой. Трех кадров окна оказалось достаточно для представления акустическо-фонетических признаков нижнего уровня, используемых для распознавания взрывных согласных. Второй слой сети состоит из трех узлов, входами которых являются выходы узлов 1-го слоя с задержками 0, 1, 2, 3, 4, показанных на рисунке 3 в виде пятикадрового окна. Выбор пятикадрового окна в этом слое был мотивирован предположением, что узлы более высокого уровня должны вырабатывать решение в более широком интервале времени, основанном на локальных признаках, генерируемых на нижних уровнях. Выходы узлов второго слоя суммируются соответственно выходными узлами сети, имеющими фиксированные равные веса связей с их входными временными рядами. Для обучения данной НСВЗ было предложено использовать алгоритм обратного распространения ошибки.

Как показывает практика, при требуемом высококачественном распознавании объема обучающего множества сходимость алгоритма обратного распространения ошибки достигается медленно и, следовательно, время обучения сети велико (в экспериментах по распознаванию потребовалось от 20 до 50 тысяч итераций обучения над всеми обучающими данными для НСВЗ, имевшей 8 скрытых узлов в первом слое). Для уменьшения временных затрат на обучение было предложено использовать постадийную стратегию. В таком подходе обучение начинается на основе лишь небольшого числа обучающих выборок. После достижения сходимости число таких выборок в несколько раз увеличивается и обучение продолжается; так происходит до тех пор, пока не будет достигнута сходимость для всего обучающего множества. Следует отметить, что большой объем вычислений требуется только для обучения сети, а не для распознавания. Самораспознавание для большого числа фонем может быть выполнено быстрее, чем в реальном времени на обычной ПЭВМ. Простая структура делает НСВЗ подходящей для стандартизованной СБИС-реализации с загруженными извне весами.

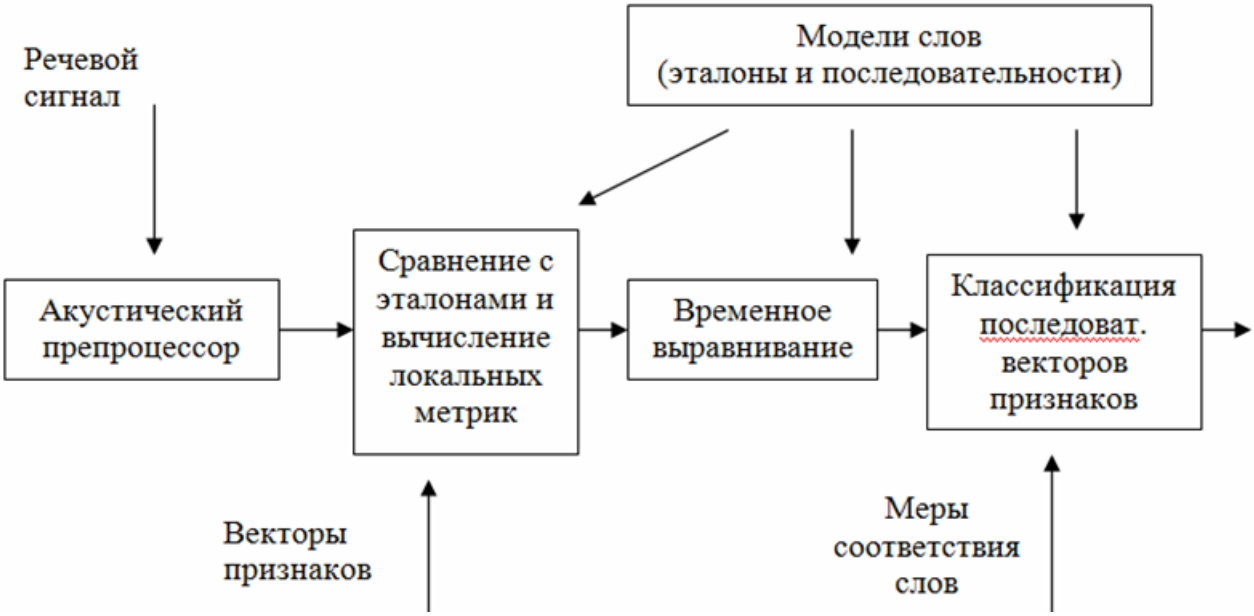


Рис. 1. Схема распознавания изолированных слов

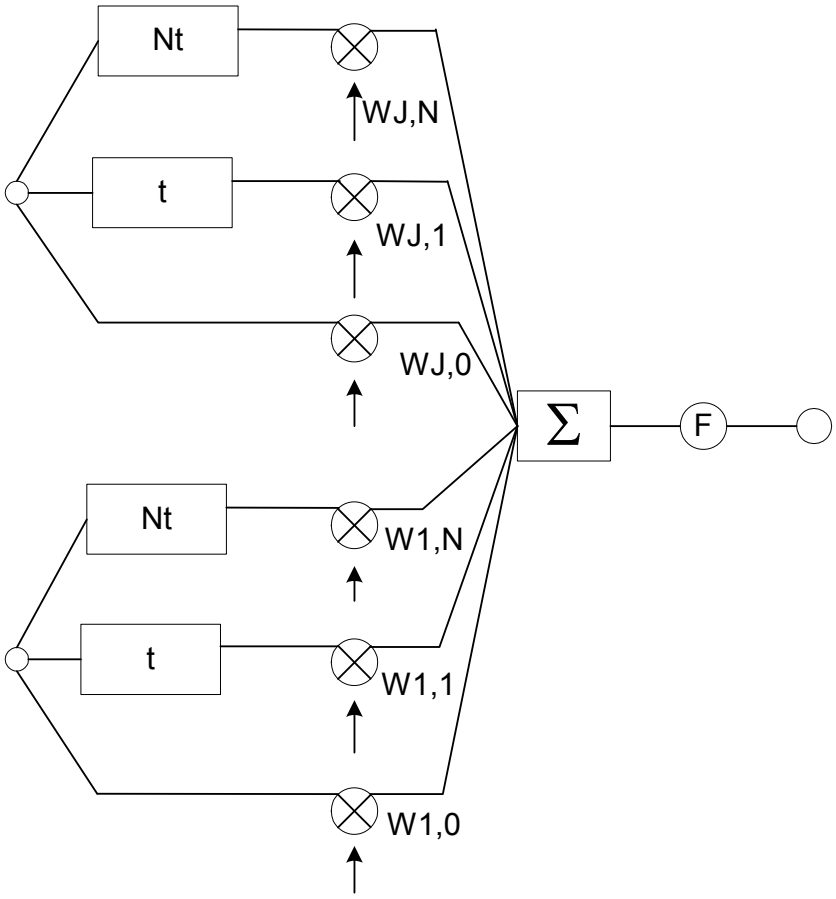


Рис. 2. Нейронная сеть с временной задержкой

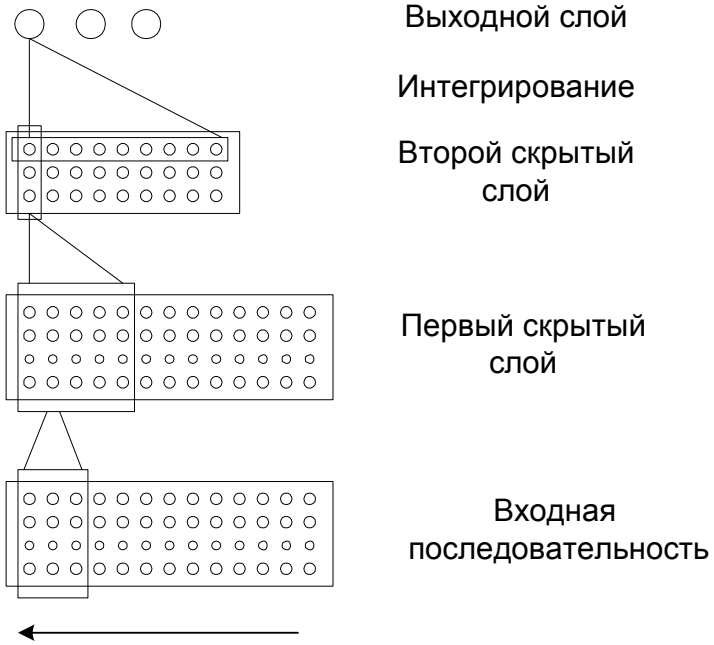


Рис.3. Архитектура НСВЗ

При сравнении НСВЗ со скрытыми марковскими моделями в экспериментах использовалось база данных словаря, включающего в себя 5240 распространенных японских слов, произнесенных тремя изолированными японскими дикторами. Для каждого диктора было обучено и протестировано по одной СММ и НСВЗ, при этом обучающие и контрольные множества содержали примерно по 700 образов фонем на диктора. В среднем для трех дикторов число ошибок для СММ составило 6,3%, для НСВЗ – 1,5%, т.е. использование НСВЗ позволило достигнуть 4-кратного снижения частоты ошибок. Тестирование НСВЗ и СММ с использованием обучающих и контрольных множеств показало, что причиной высокой точности распознавания НСВЗ является скорее лучшая классификация, чем лучшая способность к обобщению. Одной из причин высококачественной классификации, по-видимому, является тот факт, что архитектура НСВЗ позволяет ей полнее учитывать временную структуру акустического сигнала.

Таким образом, НС позволяет аппроксимировать сложные функции принятия решений. Нелинейный характер этих функций создает лучшие условия для распознавания речевых сигналов, что очень важно в информационных сетях, так как это влечет за собой повышение достоверности и подлинности при определении пользователя или корреспондента.

Список литературы

1. Галушкин А.И. Синтез многослойных систем распознавания образов. М.: Энергия, 1974.

2. Lippman R.P. Review of neural networks for speech recognition // Neural Computation. 1989. Vol. 1. P. 1–38.

3. Dennis W. Ruck and others. The multilayer perseptron as an approximation to a bayes optimal dicriminant function // IEEE Trans on Neural Networks. 1990. Vol. 1, № 4. P. 296–298.

4. Richard M.D. and Lippman R.P. Neural Networks classifiers estimate Bayesian dicriminant function // Neural Computation. 1991. Vol. 3. P. 461–483.

Получено 28.11.12.

A.G. Spevakov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Alexgsp@yandex.ru)

NEURAL NETWORK APPLICATION AS INFORMATION PROCESSING TECHNOLOGY IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Bases of neural network construction and neural network application for image recognition (talking signals) in users autentification tasks in telecommunication networks.

Key words: *neural network recognition of speech signals, telecommunication networks.*

УДК 681.2

В.М. Емельянов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: emelianov@nm.ru)

Л.А. Пимнева, д-р хим. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: l.pimneva@mail.ru)

В.В. Емельянов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: wemelyanov@yandex.ru)

И.И. Шуклин, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: shuklin@nm.ru)

А.А. Моисеев, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: anton.anatolievic.moiseev@qmail.ru)

Т.В. Алпеева, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: tanja-alpeeva@rambler.ru)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ СВЕРХПРОВОДЯЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ НА ПАРАМЕТРЫ НАДЕЖНОСТИ

Методика оценки влияния термомеханических напряжений на надежность контактных элементов базируется на основе математического моделирования возникновения термомеханических напряжений в контактных элементах с наноструктурированными сверхпроводящими материалами при определении диапазона допустимых значений прочностных характеристик и факторов температурных и временных параметров технологического процесса термодиффузии в высокотемпературных сверхпроводящих материалах контактных элементов.

Ключевые слова: *надёжность, математическая модель, многослойные межсоединения, сверхпроводящие материалы, наноструктурирование, прочность, наноповерхностная термодиффузия.*

***

Методика оценки влияния термомеханических напряжений на надежность контактных элементов базируется на разработанной математической модели [1] возникновения термомеханических напряжений в контактных элементах с наноструктурированными сверхпроводящими материалами при определении диапазона допустимых значений прочностных характеристик температурных и временных параметров технологического процесса термодиффузии в высокотемпературных сверхпроводящих материалах контактных элементов.

Практическим результатом исследований данной работы является выявление оптимального технологического процесса получения высоконадежных контактных переходов многослойных чередующихся структур с высокотемпературными сверхпроводящими материалами за счет оптимизации воздействий температурного и временного факторов в технологическом процессе их изготовления при различных термомеханических напряжениях в чередующихся нанослоях.

Используя математические модели технологического процесса проведения термодиффузионного процесса в контактном переходе [1], получаем:

$$t_{i,j} = \frac{Tp_i}{\left(13,3 \cdot w_i\right)^2 \cdot e^{\frac{-Q}{R \cdot Tp_i}}} \times$$

$$\times \left(\frac{\frac{\Delta\alpha rt - (m+n) \cdot \Delta\alpha z}{S - \beta - k \cdot (m+n)} \cdot (S - n \cdot k) + n\Delta\alpha z}{\frac{Fk_j}{Fg} \cdot (\beta + m \cdot k) + \gamma} \times \Delta T_i + \frac{\frac{\mu m}{Em} \cdot \left(\frac{\left(1 - m + \frac{\mu zg}{\mu m} \cdot n\right) \cdot (S - n \cdot k)}{S - \beta - k \cdot (m+n)} \right)}{\frac{Fk_j}{Fg} \cdot (\beta + m \cdot k) + \gamma} \sigma_{t_0} - \sigma_0 \right)^2, (1)$$

где $\gamma = \frac{1}{Em} \cdot \left(1 + \mu m \cdot \frac{r_2^2 + r_{1k}^2}{r_{1k}^2 - r_2^2}\right)$, $\beta = \frac{1}{Eg} \cdot \left(1 - \mu g \cdot \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_1^2 - r_2^2}\right)$, $n = \frac{\mu m}{1 + \frac{Em \cdot Fm}{Ezg \cdot Fzg}}$, $m = \frac{\mu zg}{1 + \frac{Ezg \cdot Fzg}{Em \cdot Fm}}$,

$$k = \frac{2 \cdot \mu zg \cdot r_2^2}{Eg \cdot \left(r_1^2 - r_2^2\right)} + \frac{\mu m}{Em} \cdot \left(1 + \frac{r_2}{B}\right), \; S = \frac{1}{Em} \cdot \left(1 - \mu m \cdot \frac{r_2}{B}\right), (2)$$

где t_1 – время выдержки при температуре каждого цикла i изменения температуры Tp_i проведения диффузионного процесса;

σ_o – начальная адгезия металлизации к торцам контактных площадок;

σ_{to} – начальное термомеханическое напряжение металлизации к торцам контактных площадок;

W – коэффициент, характеризующий материал и его физические свойства;

Q – энергия активации процесса;

R – газовая постоянная;

Tp_i – температура термодиффузии в °С;

ΔT_i – шаг температуры изменения термообработки;

μzg – коэффициент Пуассона диэлектрика в направлении Z;

μm – коэффициент Пуассона металлического слоя в отверстии;

μg – коэффициент Пуассона диэлектрика в направлении X и Y;

r_{1k} – радиус контактной площадки;

r_2 – радиус отверстия;

Em – модуль упругости металлизации;

Eg – модуль упругости диэлектрика в отверстии;

r_1 – внешний радиус диэлектрика вокруг отверстия, при котором деформацией диэлектрика в радиальном направлении можно пренебречь;

Fk – площадь торцов контактных площадок в отверстии;

Fg – площадь поверхности диэлектрика в отверстии;

B – толщина металлического слоя по периметру отверстия;

$\Delta\alpha z$ – разность коэффициентов температурного расширения диэлектрика и меди в направлении Z;

$\Delta\alpha rt$ – разность коэффициентов температурного расширения диэлектрика и меди в направлении X и Y;

Ezg – модуль упругости диэлектрика в направлении Z.

Для проверки предполагаемого закона поведения термомеханических напряжений в контактных элементах металлизации с торцами контактных площадок при диффузионных процессах была проделана серия экспериментов. Эксперименты проводились на образцах, изготовленных по типовому технологическому процессу изготовления многослойных структур с различными наслоями. Адгезия проверялась на разрывной машине ZM-40 стандартным методом путем отрыва полоски под углом 90°. На основании этих экспериментов выявлены параметры и проведена оценка точностей параметров диффузионных процессов.

Для обеспечения повышения прочности межслойных переходов необходимо, чтобы величина адгезии металлизации к торцам контактных площадок была выше допустимой адгезии для любых температур [2]. Для межслойных переходов соотношение достижимой и допустимой адгезии металлизации можно получить при решении уравнения (1).

По мере выдержки межслойных переходов при начальной температуре начинает возрастать адгезия металлизации к торцам контактных площадок за счет диффузии. Уравнение (1) решено аналитически, а результаты представлены на рисунках 1 и 2 для технологического процесса термодиффузии с обязательным выполнением условия непрерывности повышения температуры с возможным меньшим шагом изменения температуры.

Кроме этого значительное влияние на параметры технологического процесса термодиффузии и на надежность контактных элементов оказывают термомеханические напряжения σ_{t0}.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты математического моделирования сложного напряженного состояния многослойной структуры зависимостей времени выдержки температуры при шаге повышения температуры ΔT_i =0,05 °C с начальной температурой Тр=60 °C, начальной адгезией σ_o =0,05·10^4 Н/м^2 и термомеханическим напряжением в чередующихся нанослоях σ_{to} =100·10^5 Н/м^2 и σ_{to} =500·10^5 Н/м^2.

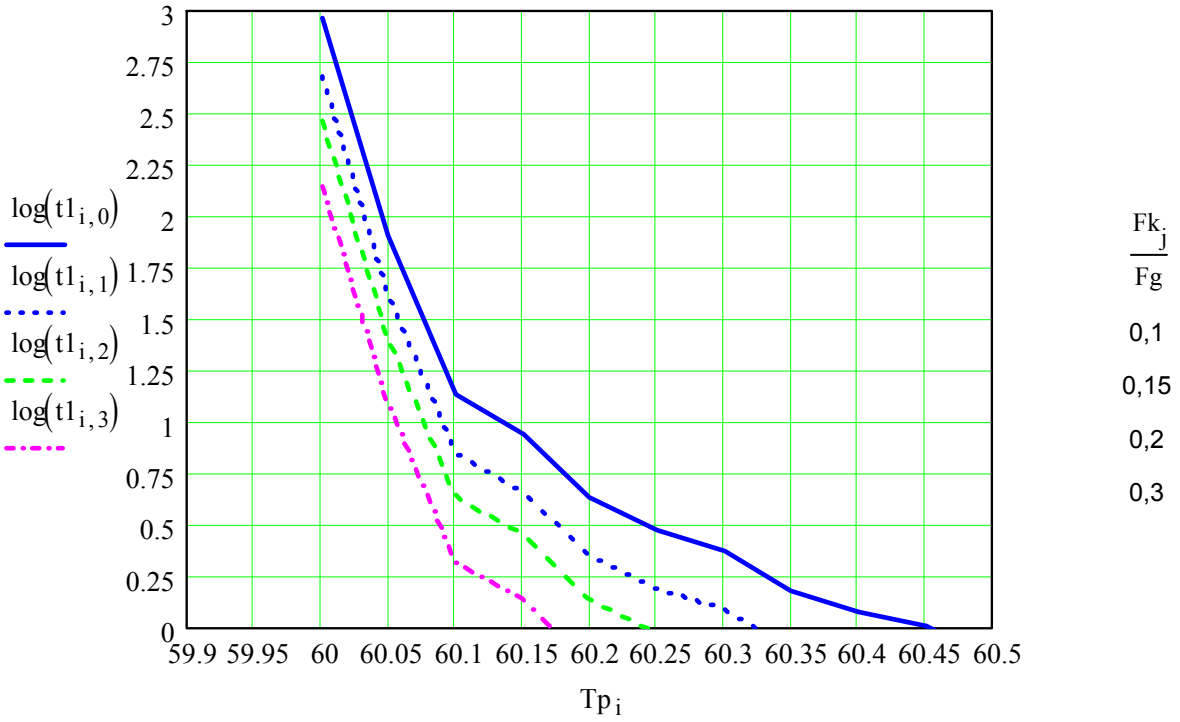


Рис. 1. Зависимость времени выдержки температуры при шаге повышения температуры ΔT_i =0,05 °C с начальной температурой Тр=60 °C, начальной адгезией σ_o =0,05·104 Н/м^2 и термомеханическим напряжением в чередующихся нанослоях σ_{to} =100·10^5 Н/м^2

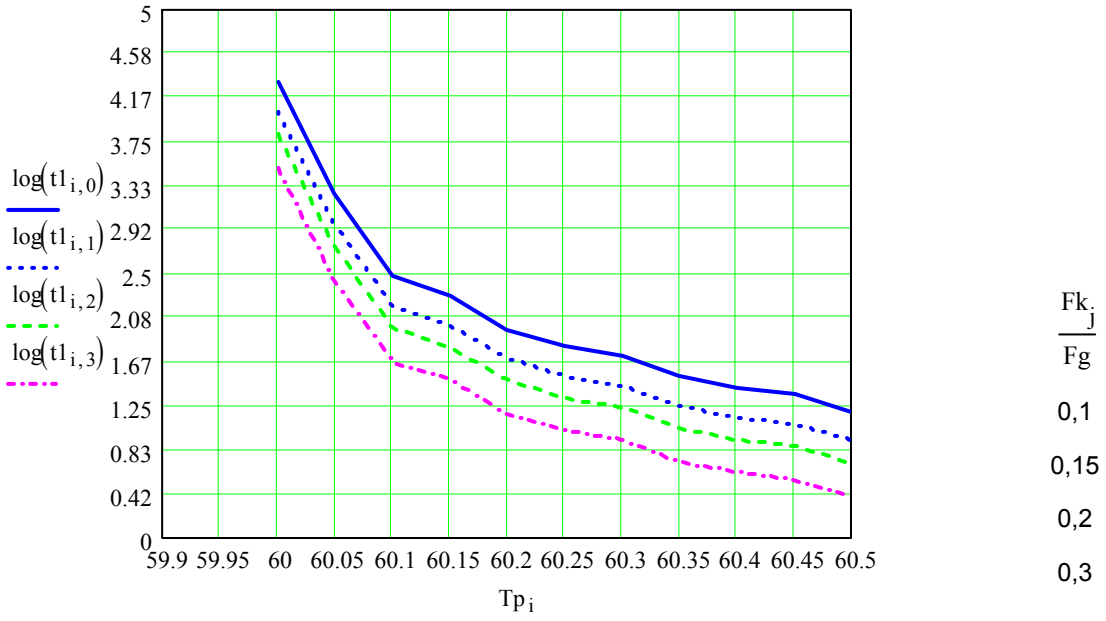


Рис. 2. Зависимость времени выдержки температуры при шаге повышения температуры ΔT_i =0,05 °С с начальной температурой Тр=60 °С , начальной адгезией σ_o =0,05·104 Н/м^2 и термомеханическим напряжением в чередующихся нанослоях σ_{to} =500·10^5 Н/м^2

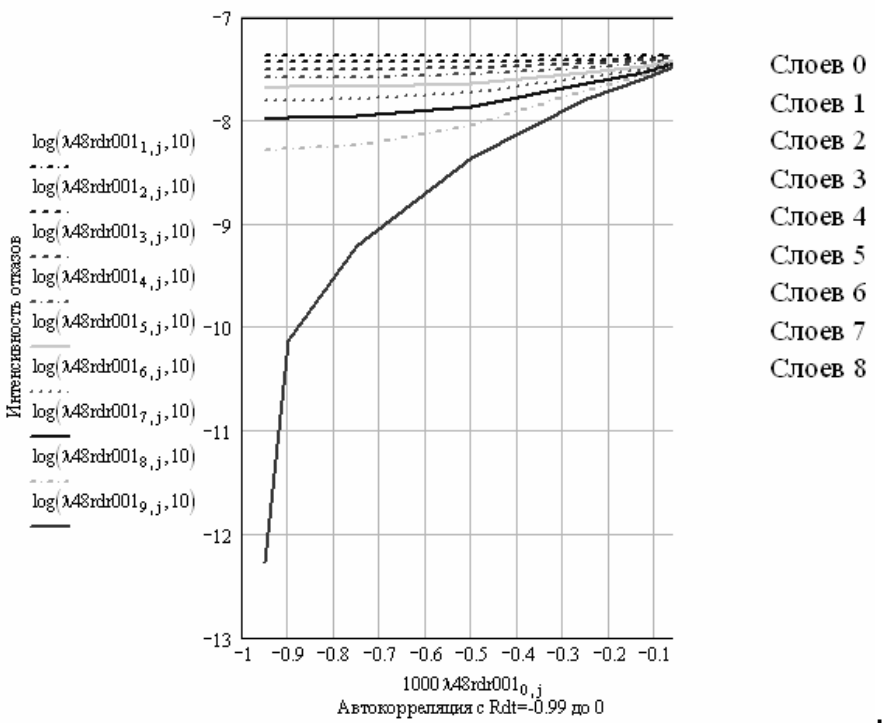


Рис. 3. Зависимость интенсивностей отказов от автокорреляции при оптимальном проведении технологического процесса термодиффузии с σ_{to} =100·10^5 Н/м^2

На рисунках 3 и 4 приведены результаты прогнозирования интенсивностей отказов при оптимальном проведении технологического процесса термодиффузии с σ_{to} =100·10^5 Н/м^2 и при проведении технологического процесса термодиффузии с такими же параметрами процесса, но термомеханическими напряжениями в многослойной структуре с σ_{to} =500·10^5 Н/м^2 .

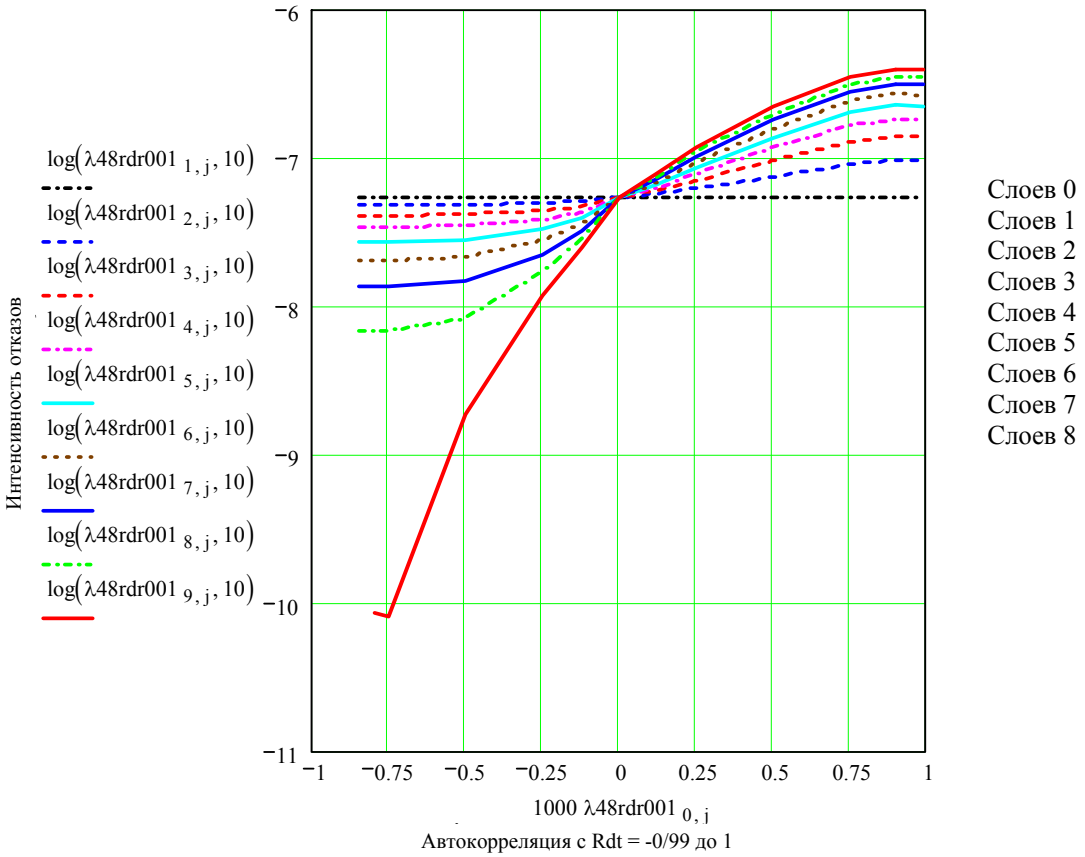


Рис. 4. Зависимость интенсивностей отказов от автокорреляции при проведении технологического процесса термодиффузии с σ_{to} =500·10^5 Н/м^2

Анализ показывает, что при оптимальном проведении технологического процесса термодиффузии с σ_{to} =100·10^5 Н/м^2 интенсивность отказов по результатам прогнозирования составляет λо = 5.256 10^{-13} отк/час, среднее квадратическое отклонение интенсивностей отказов σλо = 1.503 10^{-11} отк/час. Доверительный интервал находится между λн = 4.93 10^{-13} отк/час – нижней доверительной границей и λв = 5.582 10^{-13} отк/час – верхней доверительной границей.

При обычном проведении технологического процесса термодиффузии с σ_{to} =500·10^5 Н/м^2 интенсивность отказов по результатам прогнозирования составляет λо = 8.066 10^{-11} отк/час, что хуже на 2 порядка по сравнению с оптимальным.

Анализ результатов исследования возможностей реализации диффузионных соединений в многослойных структурах позволяет сделать следующий основной вывод: наилучшим технологическим процессом проведения процессов диффузии является технологический процесс при минимальном шаге повышения температуры: ΔT_i=0,05 °С; максимальной температурой металлизации: Tp_i=60 °С, максимальной начальной адгезией σ_o=7·10^4 Н/м^2 и при оптимальном проведении технологического процесса термодиффузии с термомеханическими напряжениями σ_{to} =100·10^5 Н/м^2 .

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки при проведении грантов Федеральной целевой программы.

1. Емельянов В.М., Емельянов В.В. Оценка точности параметров технологического процесса наноповерхностной низкотемпературной термодиффузии при учете многомерной автокорреляции взаимозависимых характеристик межсо-

единений микро- и наноэлектронной аппаратуры // Нанотехника. 2010. № 3. С. 89–94.

2. Емельянов В.М., Шуклин И.И., Емельянов В.В. Управление надежностью межсоединений многослойных печатных плат. Корреляционные и автокорреляционные параметры межсоединений и процессов наноповерхностной термодиффузии: монография // LAP LAMBERT Academic Publiscing GmbH & Co. KG, Saarbrucken, Germany, 2012. С. 188.

Получено 29.11.12.

V.M. Emeljanov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: emelianov@nm.ru)

L.A. Pimneva, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: l.pimneva@mail.ru)

V.V. Emeljnov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: wemelyanov@yandex.ru)

I.I. Shuklin, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk) (e-mail: shuklin@nm.ru)

A.A. Moiseev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: anton.anatolievic.moiseev@qmail.ru)

T.V. Alpeeva, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: tanja-alpeeva@rambler.ru)

ESTIMATION OF INFLUENCE OF THERMOMECHANICAL ELECTRICAL PRESSURE IN CONTACT ELEMENTS WITH NANO THE RETICULATED SUPERCONDUCTING SUBSTANCES ON PARAMETERS OF DEPENDABILITY

The technique of an estimation of influence of thermomechanical electrical pressure on dependability of contact elements is based on the basis of mathematical modelling occurrence of thermomechanical electrical pressure in contact elements with nano the reticulated superconducting substances at definition of a band of admissible values of characteristics of durability and factors of temperature and time parameters of a procedure of thermodiffusion in high-temperature superconducting substances of contact elements. Failure rate by results of prediction makes $\lambda_o = 5.256\ 10^{-13}$ *1/h.*

Key words: *dependability, mathematical model, a multilayered interconnection wiring, superconducting substances, nano structurization, durability, nano the superficial thermodiffusion.*

УДК 004.031+004.328

Е.А. Титенко, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: johntit@mail.ru)

К.С. Скорняков, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: skornik@mail.ru)

К.Н. Бусыгин, аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна (e-mail: busyginkn@list.ru)

МЕТОДЫ И СУММАТОРЫ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ГРУППОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

В статье выполнено сравнение двух методов параллельного суммирования. Обоснована аппаратная поддержка метода с динамически формируемыми переносами. Разработаны схема параллельного группового процесса суммирования и модифицированная ячейка однородного параллельного сумматора.

Ключевые слова: *распределенные вычисления, сумматор, группа разрядов операндов, перенос.*

***

Введение

Приоритетным направлением развития устройств вычислительной техники (ВТ) является интеллектуализация вычислительных устройств, основанная на применении распределенных моделей для высокопроизводительной обработки информации при решении так называе-

мых проблемно-поисковых задач [1], задач нечисловой обработки [2], оптимизационных задач с прогнозированием и оцениванием пространства состояний производственных объектов управления. Большинство современных устройств ВТ и систем управления строятся уже не только на основе теории проектирования и теории автоматического управления соответственно, а на основе робастных и интеллектуальных систем [3], использующих модели обработки знаний и соответствующие схемы вычислений.

В работе будет рассматриваться коммутационная среда для вычисления стартовых значений и организации множества параллельных невзаимодействующих процессов суммирования операндов. Операция суммирования является базовой операцией в организации вычислений для всех типов процессоров, контроллеров и микроконтроллеров. Для уменьшения времени выполнения операции традиционно используется схема ускоренного переноса (СУП). Вместе с тем увеличение разрядности n операндов приводит к нерегулярной СУП, что ограничивает масштабируемость схемотехнических решений. Ограничение масштабируемости параллельных сумматоров является одним из значимых препятствий на синтез устройства суммирования с большими разрядностями n операндов (n>64).

Сущность предлагаемого подхода и постановка задачи

В известных устройствах аппаратная реализация массовых вычислительных операций ориентирована на организацию в пределах устройства единого вычислительного процесса над входными данными. Вместе с тем известно, что для ряда операций (арифметическое сложение, сортировка методом вставок, операции подстановки, сжатия, сдвига, арбитража и т.д.) существует возможность организации в пределах устройства нескольких пространственно распределенных вычислительных процессов с локальными стартовыми точками в зависимости от структуры входных данных. Пространственная распределенность обусловливает независимость выполнения множества вычислительных процессов.

Сущность предлагаемого подхода к параллельному суммированию достигается путем параллельного вычисления стартовых точек по входным данным (паре операндов) и их автоматическому разбиению на множество независимых процессов. Следствием пространственной распределенности процессов с локальными стартовыми точками и их параллельного выполнения является переменная длительность работы сумматора, определяемая временем суммирования самого длинного процесса из множества автоматически образованных процессов.

Пусть задана пара операндов A и B разрядностью n бит. Для организации множества параллельных процессов с локальными стартовыми точками пара операндов разбивается на группы и для каждой группы вычисляется стартовая точка для суммирования бит в группе. В работе рассматриваются 2 метода вычислений стартовых точек:

– метод с опережающим переносом [4];

– метод с динамически формируемым переносом [5].

Методы организации параллельных процессов

Согласно первому методу операнды A и B разрядностью n бит разбиваются на k непересекающихся групп по m разрядов в каждой группе ($n=k*m$), и для каждой группы назначается стартовое значение. Для учета возможного межгруппового переноса в каждой j-й группе (j=1–k) назначается локальная стартовая точка с начальным значением «1». Поскольку связь между группами фактически осуществляется только по данным, то в каждой группе формируется локальная сумма в соответствии с выражением

$$S_j = A_j + B_j + 1, \qquad (1)$$

где j – номер группы.

Опережающий перенос со стартовым значением $p_{j-1} = 1$ (кроме $p_0 = 0$ для младшей группы) необходим для исключения распространения переносов между группами по всей разрядности *n* операндов. Схема суммирования с опережающим переносом представлена на рис. 1. Вместе с тем для ряда групп единичный опережающий перенос со стартовым значением $p_{j-1} = 1$ является избыточным, поэтому в таких группах значение суммы не является корректным.

Для приведения параллельного суммирования по таким группам проводится шаг коррекции сумм отдельных групп путем вычитания «1». В результате максимальное время суммирования по методу с опережающим переносом для *n*-разрядных операндов с учетом шага параллельного суммирования по всем группа шага коррекции по отдельным группам определяется как

$$T = 2 \cdot m \cdot \tau_{SM2} + \tau_{\Pi} \approx 2 \cdot m \cdot \tau_{SM2}, \qquad (2)$$

где τ_{SM2} – время работы одноразрядного сумматора с формированием разряда суммы s_i и переноса p_{i+1}; τ_{Π} – время фактически вычисленного переноса из текущей группы (кроме *k*-й группы) в следующую группу.

Отличительная особенность сумматора по методу с опережающим переносом заключается в том, что *T* не зависит от разрядности операндов *n*. Коэффициент 2 в (2) определяется необходимостью выполнения двух шагов для получения корректной суммы: суммирования по (2) и коррекции.

По второму методу операнды *A* и *B* разрядностью *n* бит разбиваются на переменное количество *d* непересекающихся групп таких, что

$$\sum_{j=1}^{d} \left| t_j \right| = n, \qquad (3),$$

где $|t_j|$ – длина *j*-й группы, $1 \le t \le n$.

Оригинальность подхода и схемотехнического решения заключается в автоматическом параллельном вычислении позиций стартовых точек и начальных значений в каждой группе суммирования. Сущность метода динамического формирования переносов заключается в побитовой проверка операндов на предмет выявления позиции *pos* достоверного значения переноса в следующий разряд. Обнаруженная при побитовой проверке операндов позиция *pos _left* является левой границей текущей группы. Правая граница определяется по умолчанию начальным переносом в младшие разряды операндов или соответственно ближайшей младшей *pos_right* позицией. Вычисление позиций *pos_left* и *pos_right* достоверного значения переноса проверяется по таблице 1.

В таблице символ «*» означает, что значение переноса не определено, поэтому граница смежных групп для соответствующих бит операндов ($a_i \neq b_i$) не устанавливается.

Пусть для *n* = 8 заданы операнды *A=1000 0011* и *B=0101 1110.* Тогда автоматическое разбиение операндов на группы представлено на рис. 2.

В данном примере образованы 3 группы с разрядностями 2, 4, 2 бит соответственно.

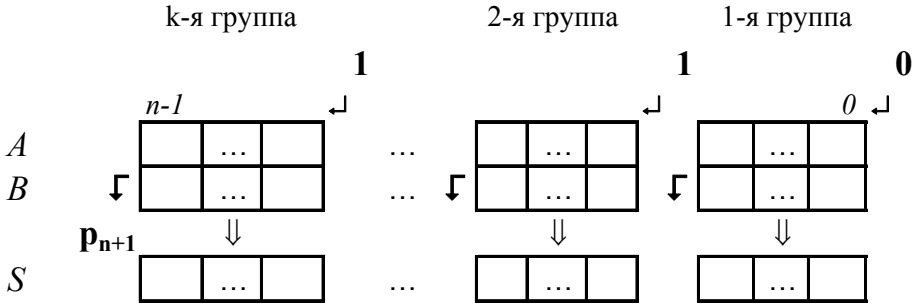


Рис. 1. Схема суммирования с опережающим переносом

Таблица 1

Выявление позиции pos_{i+1} достоверного значения переноса p_{i+1}

a_i	0	0	1	1
b_i	0	1	0	1
p_{i+1}	0	*	*	1
pos_i	1	0	0	1

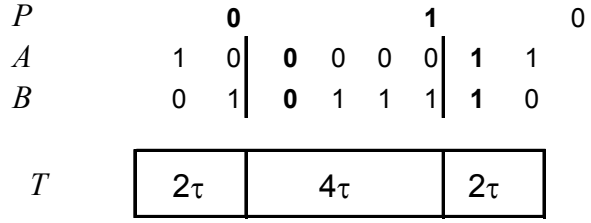


Рис. 2. Пример автоматического формирования независимых групп

Исходя из независимости групп, общее время суммирования 8-разрядных операндов определяется разрядностью максимальной по длине группы, т.е. $T=4\tau_{SM2}$.

В общем случае по второму методу время суммирования определяется за один шаг в соответствии с выражением

$$T = \max(m_1, m_2 ... m_t) \cdot \tau_{SM2} + \tau_{POS} \approx \approx \max(m_1, m_2 ... m_t) \cdot \tau_{SM2}, \quad (3)$$

где max() – функция максимума; τ_{POS} – время вычисления достоверных переносов.

Моделирование параллельных процессов суммирования

Трактовка входных операндов A и B как дискретных случайных величин с равномерных законом распределения определяет вычисление среднего времени суммирования по обоим методам путем перебора всех комбинаций пар операндов. Для всех пар подсчитывается количества таких пар, которые имеют одинаковое время суммирования. В итоге формируется гистограмма распределения пар операндов с длительностями от 1τ до $n\tau$, а среднее время суммирования вычисляется как среднеарифметическое этих значений.

На рис. 3 приведена гистограмма всех пар операндов для n=16 по второму методу, среднее время суммирования $T_{сред}$=4,34 (для n=32 среднее время суммирования $T_{сред}$=5,33). В то же время моделирование суммирования по первому методу в трех вариантах разбиения операндов на группы 2×8, 4×4, 8×2 приведено в таблице 2. Сравнение количества пар с одинарным и двойным временем суммирования (шаг сложения по группам и шаг коррекции) показало, что с уменьшением размера группы операндов среднее время суммирования составляет 3,95; 7.14; 12,01, т.е. практически линейная функция.

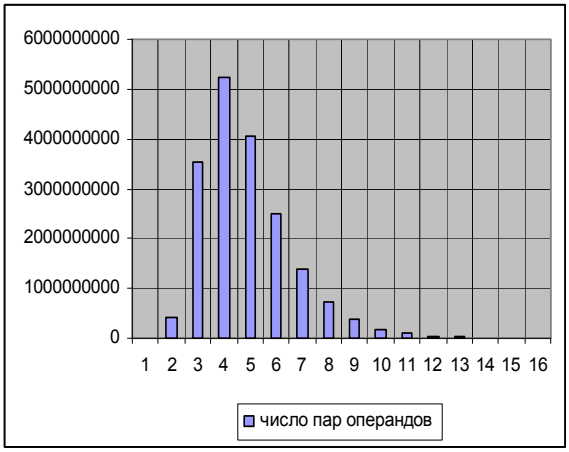


Рис. 3. Пары операндов с динамически вычисляемыми группами

Таблица 2

Время суммирования по методу с опережающим переносом

Разметка операндов	Шаги суммирования	Число пар операндов	Среднее время	Время суммирования
2×8	Один шаг	96000000	3,955	2
	Два шага	4198967296		4
4×4	Один шаг	568197120	7,471	4
	Два шага	3726770176		8
8×2	Один шаг	2139095040	12,016	8
	Два шага	2155872256		16

Зависимость времени суммирования от размера группы и необходимость выполнения суммирования в два этапа обусловливают трактовку сумматора не в виде однородной комбинационной схемы, а как устройства, имеющего операционную часть и внутренний управляющий автомат. Данное изменение типа схемы приводит к необходимости изменения структуры арифметико-логического устройства, что является недопустимым для процессоров общего назначения.

Выводы и предложения

Метод с автоматическим выделением границ групп является более предпочтительным для интеграции в структуру арифметико-логических устройств, при условии, что сумматор непрерывно загружен входным потоком операндов. В связи с этим именно второй метод подлежит схемотехнической поддержке в виде сумматора с параллельным вычислением суммы.

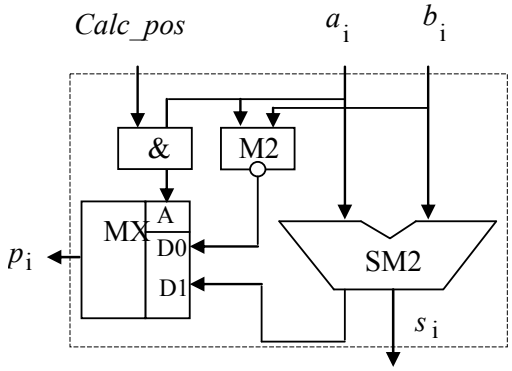


Рис. 4. Функциональная схема ячейки сумматора

Анализ таблицы 1 показывает, что функции формирования позиции переноса по длине операндов и, собственно, переноса являются аппаратно-ориентированными, а комбинационная схема сумматора в результате – однородной с регулярными связями. На рис. 4 приведена функциональная схема одной ячейки сумматора с динамическим формированием переноса. Кроме масштабируемости сумматора по разрядности *n* операндов, данная ячейка содержит внешний управляющий вход *Calc_pos*, по которому автоматически задаются переносы между ячейками сумматора. Переменная длительность работы сумматора приводит к необходимости явного указания момента времени готовности результата. Аппаратная поддержка проверки готовности результата рассмотрена в [6], она представляет сдвиговый регистр на двухступенчатых триггерах с управляемым С-входом.

Список литературы

1. Горбунов В., Эйсымонт Л. Экзафлопный барьер: проблемы и решения // Открытые системы. 2010. № 5. С. 10–13.

2. Ва Б.У., Лоурай М.Б., Ли Гоцзе. ЭВМ для обработки символьной информации // ТИИЭР. 1989. Т. 77, № 4. С. 5–40.

3. Котенко Ю.В., Кравец П.И. Проектирование элементов систем управления, реализуемых на программируемых логических интегральных схемах в среде

MatLab // Электронное моделирование. 2007. Т. 29, № 3. С. 113–118.

4. Золотовский В.Е. Организация вычислений с произвольной разрядностью в многопроцессорных структурах с изменяемой архитектурой // Электронное моделирование. 1989. Т. 11, № 2. С. 12–16.

5. Пат. 94039002 Рос. Федерация, МПК G06F/50. Адаптивный асинхронный сумматор / Титенко Е.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. Опубл. 1996.

6. Титенко Е.А., Евсюков В.С., Семенихин Е.А. Аппаратный семафор для асинхронных устройств // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: матер. Всерос. науч.-техн. конф. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. Ч. I. С. 196–200.

Получено 30.11.12.

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

K.S. Skornyakov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: skornik@mail.ru)

K.N. Busygin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: busyginkn@list.ru)

THE METHOD AND ADDITION UNITS WITH THE PARALLEL CROUP CALCULATIONS

In article is showing two methods of parallel summation. Hardware support of a method with dynamically formed transfers is proved. The scheme of parallel group process of summation and the modified cell of the uniform parallel adder are developed.

Key words: *distribute calculation, addition unit, group of the bit of the operands, carry of over.*

УДК 528.7,528.72

Ю.Н. Волобуев, инженер НИЦ, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск) (e-mail: mryura@bk.ru)

В.А. Заичко, Роскосмос (Москва) (e-mail: zvalA58@mail.ru)

В.Г. Андронов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

МОДЕЛЬ ДРЕЙФА СВЯЗКИ ПРОЕКТИРУЮЩИХ ЛУЧЕЙ В ФОКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Получены аналитические соотношения, устанавливающие строгую функциональную связь между параметрами поступательного и углового движения связки проектирующих лучей оптико-электронной сканирующей системы в системах координат фокальной плоскости и общего земного эллипсоида.

Ключевые слова: *оптико-электронная сканирующая система, связка проектирующих лучей, режим временной задержки и накопления зарядовых пакетов.*

***

Целью работы является математическое описание процесса дрейфа связки проектирующих лучей (СПЛ) в фотоприёмной структуре (ФПС) оптико-электронной сканирующей системы (ОЭСС) на матрицах ПЗС (рис.1), работающих в режиме временной задержки и накопления (ВЗН) зарядовых пакетов (ЗП).

Введём систему координат фокальной плоскости (ФП) oxy, начало которой расположим в точке пересечения перпендикуляра, опущенного из центра проекции на ФП. Ось ox направим через геометрические центры ПЗС – датчиков первой строки матрицы ПЗС с номером $(\Lambda/2)+1$ в сторону возрастания номеров столбцов и движения КА, а ось oy – че-

рез геометрические центры датчиков – ПЗС последних и первых столбцов матриц ПЗС соответственно чётного и нечётного ряда в сторону первой матрицы ПЗС. В этой системе координат будем описывать положение в ФП ОЭСС датчиков ПЗС и движение ЗП в цикле ВЗН.

Рассмотрим движение ЗП и геометрию СПЛ в одном из столбцов одной из матриц ПЗС в какой-нибудь момент времени $\tau \in (\tau_{\mathrm{T}}, M\tau_T)$ и в момент $\tau^{|}$ окончания цикла накопления ЗП от одной и той же точки местности N с геоцентрическими координатами $\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}$ (рис. 2).

С этой целью перенесём центр системы координат oxy в центр проекции S съёмочной аппаратуры и введём визирную систему координат $\mathrm{S}x_B y_B z_B$. Положим, что центр проекции совпадает с центром масс КА и имеет геоцентрические координаты X_S, Y_S, Z_S, оси $\mathrm{Sx_B}$ и $\mathrm{Sy_B}$ параллельны соответствующим осям ox, oy, а отрицательное направление оси $\mathrm{Sz_B}$ совпадает с линией визирования ОЭСС. Пусть зарядовые пакеты, прошедшие к моменту времени τ некоторое число тактов накопления, находятся в датчике (p, m) матрицы ПЗС. Тогда, как показано в работе [1], в момент времени $\tau^{|}$ окончания цикла ВЗН зарядовые пакеты окажутся в датчике той же строки p, но в столбце M.

На рисунке 2 видно, что пространственное положение зарядовых пакетов в визирной системе координат можно описать вектором $\mathbf{r}(\mathrm{m,p}) = \langle \mathrm{x(m), y(p), f} \rangle^{\mathrm{T}} = \mathbf{r}(\mathrm{t}) = \langle \mathrm{x(t), y(t), f} \rangle^{\mathrm{T}}$, где f – фокусное расстояние ОЭСС, т – знак транспонирования. Соответственно направление линии визирования (ЛВ) на точку N в цикле ВЗН можно описать вектором $\mathbf{R}(\mathrm{t}) = \langle (\mathrm{X} - \mathrm{X_S(t)}, (Y - Y_S(t), (Z - Z_S(t)) \rangle^T$ в геоцентрической системе координат. При этом векторы $\mathbf{r}(\mathrm{t})$ и $\mathbf{R}(\mathrm{t})$ в каждый момент времени являются коллинеарными, а их направляющие косинусы есть функции от времени. Запишем эти свойства математически [2]:

$$\mathbf{r}^0(\mathrm{t}) = \frac{1}{|\mathrm{r}(t)|} \begin{pmatrix} \mathrm{x(t)} \\ \mathrm{y(t)} \\ \mathrm{f} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_X(t) \\ l_Y(t) \\ l_Z(t) \end{pmatrix}, \qquad (1)$$

где $l_X(t), l_Y(t), l_Z(t)$ – направляющие косинусы единичного вектора $\mathrm{r}^0(\mathrm{t})$, определяющего направление на датчики ПЗС в визирной системе координат.

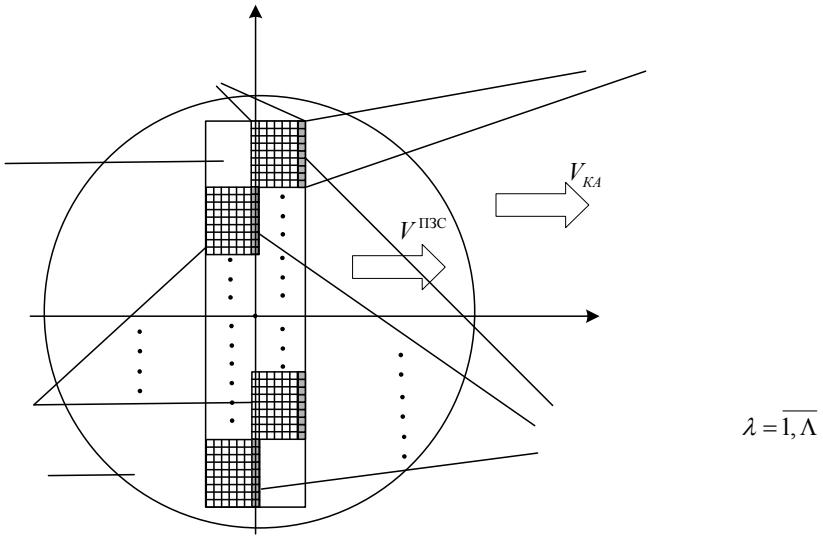


Рис. 1. Топология ФПС ОЭСС

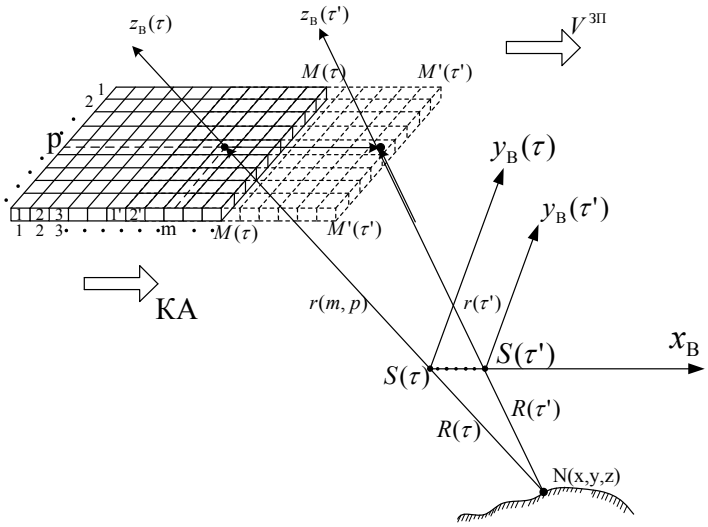


Рис. 2. Геометрическая иллюстрация дрейфа СПЛ

$$\mathbf{R}^0(t) = -\frac{1}{|R(t)|}\begin{pmatrix} X - X_S(t) \\ Y - Y_S(t) \\ Z - Z_S(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_X(t) \\ L_Y(t) \\ L_Z(t) \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где $L_X(t), L_Y(t), L_Z(t)$ – направляющие косинусы единичного вектора $R^0(t)$, определяющего направление на точку N земной поверхности в цикле ВЗН в геоцентрической системе координат.

В выражениях (1)-(2) под обозначениями $|r(t)|, |R(t)|$ понимаются модули векторов **r(t)** и **R**(t):

$$|r(t)| = \sqrt{x^2(t) + y^2(t) + f^2}, \quad (3)$$

$$|R(t)| = \sqrt{(X - X_S(t))^2 + (Y - Y_S(t))^2 + (Z - Z_S(t))^2} \quad (4)$$

Пусть в качестве геоцентрической используется гринвичская система координат, а ортогональная матрица направляющих косинусов **A**, описывающая ориентацию вектора $\mathbf{r}^0(t)$ в гринвичской системе координат, имеет вид, представленный в работе [3], и следующую структуру:

$$A(t) = \begin{bmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) & a_{13}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) & a_{23}(t) \\ a_{31}(t) & a_{32}(t) & a_{33}(t) \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Тогда можно записать, что в каждый момент съёмки справедливо выражение

$$\begin{pmatrix} l_X(t) \\ l_Y(t) \\ l_Z(t) \end{pmatrix} = A^T \begin{pmatrix} L_X(t) \\ L_Y(t) \\ L_Z(t) \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Продифференцировав (6) по времени, умножим первое слагаемое в правой части на единичную матрицу $\mathbf{AA}^T$ и, учитывая простые преобразования, приведенные в работе [4], получим:

$$\begin{pmatrix} \dot{l}_X(t) \\ \dot{l}_Y(t) \\ \dot{l}_Z(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \omega_Z(t) & -\omega_Y(t) \\ -\omega_Z(t) & 0 & \omega_X(t) \\ \omega_Y(t) & -\omega_X(t) & 0 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} l_X(t) \\ l_Y(t) \\ l_Z(t) \end{pmatrix} + \omega_З \begin{pmatrix} 0 & -a_{33}(t) & a_{32}(t) \\ a_{33}(t) & 0 & -a_{31}(t) \\ -a_{32}(t) & a_{31}(t) & 0 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} l_X(t) \\ l_Y(t) \\ l_Z(t) \end{pmatrix} + A^T \begin{pmatrix} \dot{L}_X(t) \\ \dot{L}_Y(t) \\ \dot{L}_Z(t) \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где $\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$ – проекции вектора $\overline{\omega}$ абсолютной угловой скорости движения КА в инерциальной системе координат на

оси визирной системы координат; $\omega_З$=0,00007292 $1/c$ – угловая скорость вращения Земли; * – символ производной по времени.

Найдём далее производные направляющих косинусов, для чего продифференцируем выражения (1), (2) по времени. После несложных алгебраических преобразований получим следующие соотношения:

$$\begin{pmatrix} \overset{*}{l}_X(t) \\ \overset{*}{l}_Y(t) \\ \overset{*}{l}_Z(t) \end{pmatrix} = \frac{1}{|r(t)|}\begin{pmatrix} V_X^{ЗП} \\ V_Y^{ЗП} \\ 0 \end{pmatrix} - \frac{1}{|r(t)|}\begin{pmatrix} l_X(t) \\ l_Y(t) \\ l_Z(t) \end{pmatrix} \times \overline{V}(t); \quad (8)$$

$$\begin{pmatrix} \overset{*}{L}_X(t) \\ \overset{*}{L}_Y(t) \\ \overset{*}{L}_Z(t) \end{pmatrix} = \frac{1}{|R(t)|}\begin{pmatrix} \overset{*}{X}_S(t) \\ \overset{*}{Y}_S(t) \\ \overset{*}{Z}_S(t) \end{pmatrix} - \frac{1}{|R(t)|}\begin{pmatrix} L_X(t) \\ L_Y(t) \\ L_Z(t) \end{pmatrix} \times \overline{W}(t). \quad (9)$$

В соотношениях (8)-(9) приняты следующие обозначения:

$\overline{V}(t) = l_X(t)\ V_X^{ЗП}(t) + l_Y(t)\ V_Y^{ЗП}(t)$,

$V_X^{ЗП}(t)$, $V_Y^{ЗП}(t)$ – продольная и поперечная составляющие скорости движения зарядовых пакетов в ФП ОЭСС;

$\overset{*}{X}_S(t)$, $\overset{*}{Y}_S(t)$, $\overset{*}{Z}_S(t)$ – составляющие скорости движения КА в гринвичской системе координат;

$$\overline{W}(t) = \\ = L_X(t)\overset{*}{X}_S(t) + L_Y(t)\overset{*}{Y}_S(t) + L_Z(t)\overset{*}{Z}_S(t).$$

Подставим соотношения (8),(9) в выражение (7) и после простых преобразований запишем полученные выражения в координатной форме относительно скоростей движения ЗП:

$$V_X^{ЗП}(t) = l_X(t)\ \overline{V}(t) + \omega_Z(t)\ y(t) - \omega_Y(t) f + \omega_З\left[a_{32}(t) f - a_{33}(t)\ y(t)\right] + \frac{|r(t)|}{|R(t)|} g_1(t) - \frac{|r(t)|}{|R(t)|} l_X(t)\ \overline{W}(t);$$

$$V_Y^{ЗП}(t) = l_Y(t)\ \overline{V}(t) + \omega_X(t) f - \omega_Z(t)\ x(t) + \omega_З\left[a_{33}(t)\, x(t) - a_{31}(t) f\right] + \frac{|r(t)|}{|R(t)|} g_2(t) - \frac{|r(t)|}{|R(t)|} l_Y(t)\ \overline{W}(t);$$

$$0 = l_Z(t)\ \overline{V}(t) + \omega_Y(t) x(t) - \omega_X(t) y(t) + \omega_З\left[a_{31}(t) y(t) - a_{32}(t) x(t)\right] + \frac{|r(t)|}{|R(t)|} g_3(t) - \frac{|r(t)|}{|R(t)|} l_Z(t)\ \overline{W}(t),$$

где

$$G(t) = \begin{pmatrix} g_1(t) \\ g_2(t) \\ g_3(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}(t)\overset{*}{X}_S(t) + a_{21}(t)\overset{*}{Y}_S(t) + a_{31}(t)\overset{*}{Z}_S(t) \\ a_{12}(t)\overset{*}{X}_S(t) + a_{22}(t)\overset{*}{Y}_S(t) + a_{32}(t)\overset{*}{Z}_S(t) \\ a_{13}(t)\overset{*}{X}_S(t) + a_{23}(t)\overset{*}{Y}(t) + a_{33}(t)\overset{*}{Z}_S(t) \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Обозначив далее $\frac{1}{\mu(t)} = \frac{|r(t)|}{|R(t)|}$, выразим из третьего уравнения $\overline{W}(t)$ и подставим полученное выражение в остальные уравнения.

В итоге получим

$$
\begin{aligned}
&V_X^{ЗП}(\mathrm{t}) = \omega_X(t)\frac{l_X(t)}{l_Z(t)}y(t) - \omega_Y(t)\left[\frac{l_X(t)}{l_Z(t)} + f\right] + \omega_Z(t)\,y(t) + \frac{1}{\mu(t)}g_1(t) + \\
&+\omega_З\left[a_{31}(t)\left[-\frac{l_X(t)}{l_Z(t)}y(t)\right] + a_{32}(t)\left[\frac{l_X(t)}{l_Z(t)}x(t) + f\right] + a_{33}(t)\big(y(t)\big)\right] - \frac{l_X(t)}{l_Z(t)}\frac{1}{\mu(\mathrm{t})}g_3(t); \\
&\mathrm{V}_\mathrm{Y}^{ЗП}(\mathrm{t}) = \omega_X(t)\left[\frac{\mathrm{l}_\mathrm{Y}(t)}{l_Z(t)}y(t) + f\right] - \omega_Y(t)\left[\frac{l_Y(t)}{l_Z(t)}x(t)\right] + \omega_Z(t)\,x(t) + \frac{1}{\mu(t)}\mathrm{g}_2(t) + \\
&+\omega_3\left[a_{31}(t)\left[-\frac{\mathrm{l}_\mathrm{Y}(t)}{l_Z(t)}y(t)\right] + a_{32}(t)\frac{l_Y(t)}{l_Z(t)}x(t) + a_{33}(t)x(t)\right] - \frac{l_Y(t)}{l_Z(t)}\frac{1}{\mu(t)}g_3(t).
\end{aligned}
\tag{11}
$$

Система уравнений (11) описывает модель дрейфа СПЛ в режиме ВЗН ЗП космической съёмки. Она устанавливает строгую функциональную связь продольной и поперечной составляющих скорости движения зарядовых пакетов и связанной с ними СПЛ в ФП ОЭСС с направляющими косинусами ЛВ, орбитальными и угловыми параметрами космической сканерной съёмки в гринвичской системе координат, а также конструктивными характеристиками ОЭСС. Это позволяет использовать модель (11) для решения самых разных задач в области цифровой фотограмметрии от системотехнического проектирования съёмочной аппаратуры до априорной оценки качества планирования космической маршрутной съёмки и строгой фотограмметрической обработки маршрутов космических сканерных изображений.

Список литературы

1. Андронов В.Г., Дегтярёв С.В., Клочков И.А. Особенности формирования космических сканерных изображений линейками матриц ПЗС // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. Т. 8, № 7. С. 11–15.

2. Урмаев М.С. Космическая фотограмметрия: учеб. для вузов. М.: Недра, 1989. 279 с.

3. Общая геоорбитальная модель космической сканерной съёмки / В.Г. Андронов, С.В. Дегтярёв, И.А. Клочков, Е.В. Лазарева // Геоинформатика. 2010. № 1. С. 48–52.

Получено 30.11.12.

Y.N. Volobujev, Engineer, Research Center of 18 Central Defense Research Institute of Fussian Federation (Kursk) (e-mail: mryura@bk.ru)

V.A. Zaichko, Roscosmos (Moscow) (e-mail: zvalA58@mail.ru)

V.G. Andronov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: vladiA58@mail.ru)

THE MODEL OF DRIFT OF BUNCH PROJECTING BEAMS IN FOCAL PLANE OF OPTICAL-ELECTRONICSCANNING SYSTEM

Received analytical relations that establishing strict functional links between parameters of translational and angular motion of bunch of projecting beams optoelectronics scanning system in coordinate systems of focal plane and world terrestrial ellipsoid.

Key words: *optoelectronics scanning system, bunch of projecting beams, mode of time delay and accumulation of charge pockets.*

УДК 004.056

А.С. Чебанов, аспирант, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар) (e-mail: ascheb9@mail.ru)

Р.В. Жук, аспирант, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар) (e-mail: r.zhuk@krasnodar.pro)

А.В. Власенко, канд. техн. наук, доцент, Кубанский государственный технологический университет (Краснодар)

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

МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

В статье предлагается подход к построению модели и модель нарушителя комплексной системы обеспечения информационной безопасности.

Ключевые слова: *модель нарушителя, информационная система, модель угроз, персональные данные, информационная безопасность, объект защиты.*

***

Для построения модели нарушителя комплексной системы обеспечения информационной безопасности необходимо провести ряд подготовительных мероприятий.

Первым и самым главным шагом к построению модели нарушителя является проведение информационного обследования объекта информатизации, на котором планируется внедрение или уже функционирует комплексная система обеспечнения информационной безопасности. В ходе проведения данного мероприятия необходимо выявить полный перечень защищаемой информации, состав средств и подсистем защиты информации на объекте информатизации.

Модель нарушителя информационной безопасности неразрывно связана с моделью угроз информационной безопасности, т.к. нарушитель информационной безопасности часто является как источником угроз, так и следствием.

Для подготовки комплексной модели нарушителя информационной безопасности информации разного вида (персональные данные, конфиденциальная информация и т.д.) на объекте информатизации используются различные нормативные документы органов исполнительной власти и технического надзора Российской Федерации, краткий перечень наиболее весомых документов представлен ниже:

1. «Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обрабтке в информационных системах персональных данных» от 15.02.08 г.

2. «Специальные требования и рекомендации по технической защите конфиденциальной информации (СТР – К)» ФСТЭК России от 02.03.01 г.

3. «Руководящий документ. Концепция защиты средств вычислительной техники и автоматизированных систем от несанкционированного доступа к информации» от 30.03. 92 г.

4. «Методические рекомендации по обеспечению с помощью криптосредств безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных с использованием средств автоматизации» от 21.02.08 г.

Исходя из описания вышеперечисленных нормативных документов, следует жесткое деление нарушителя по возможности доступа к информации и информационным системам объекта защиты на 2 типа:

1. Внутренний нарушитель.

К данному типу нарушителя могут быть отнесены различные категории персонала самого объекта защиты, к ним можно отнести следующих сотрудников:

1) лица, имеющие санкционированный доступ к максимальному объему информации (уполномоченные сотрудники, такие как начальство, управляющий состав). Под данную категорию попадает практически весь персонал объекта защиты;

2) лица, имеющие санкционированный доступ к определенному объему информации (сотрудники структурных подразделений);

3) лица, имеющие санкционированные доступ к максимальному объему (администраторы автоматизированных систем) или определенному объему (сотрудники отделов информационных технологий, программисты) информации в процессе обеспечения работоспособности и функционирования информационных систем.

Необходимо понимать, что администратор информационной безопасности имеет различные права и возможности по сравнению с администратором информационной системы. Стоит учитывать тот факт, что, несмотря на тип нарушителя «Внутренний», все сотрудники, определенные в нем, могут иметь удаленный доступ к ресурсам объекта информатизации.

По способам воздействия внутренний нарушитель может быть разделен на две категории:

- Случайный (непреднамеренный).

Данный нарушитель зачастую даже не предполагает о причинённом ущербе в случае своих действий. Под категорию случайного нарушителя может попадать одновременно весь персонал объекта защиты, независимо, имеет ли он прямой доступ к информации либо осуществляет косвенную деятельность, связанную с поддержанием функционирования информационных систем объекта защиты. Можно выделить несколько примеров, таких как:

– обслуживающий персонал помещений;

– сотрудники одного из структурных подразделений;

– персонал, обслуживающий информационные ресурсы объекта информатизации и т.д.

- Инсайдер (заинтересованное лицо).

Опасность, которую несет в себе данная категория нарушителя, в том, что ущерб от его действий может достигать достаточно внушительных размеров. В отличие от случайного нарушителя, он сложно идентифицируем и может осуществлять свою деятельность долгое время.

На сегодняшний момент существуют различные концепции по описанию инсайдеров на предприятии, по разбиению состава сотрудников на группы риска, но большинство инсайдеров делятся на сотрудников:

– заинтересованных в оплате предоставляемой информации об объекте защиты;

– имеющих личные мотивы по отношению к компании – объекту защиты.

Наряду с данной классификацией имеется еще одна особенность, применимая как к внутреннему, так и к внешнему нарушителю, – наличие возможностей.

Возможности внутреннего нарушителя существенным образом зависят от действующих в пределах контролируемой зоны объекта защиты режимных и организационно-технических мер защиты, в том числе по допуску физических лиц с информационными ресурсами и контролю порядка проведения работ на объекте защиты.

2. Внешний нарушитель.

Это наиболее распространенный вид нарушителя. На регламентирование построения комплексной системы защиты информации и применение средств защиты информации направлено большинство

существующих нормативных документов Российской Федерации.

В основном к данному виду можно отнести следующих представителей:

– правоохранительные органы и органы исполнительной власти Российской Федерации;

– конкуренты;

– криминальные структуры;

– физические лица, непосредственно занимающиеся анализом информационной безопасности объекта защиты.

Основными критериями деления внешних нарушителей на категории являются:

– возможность доступа к каналам связи, выходящим за границы контролируемой зоны объекта защиты (всевозможные излучения, оптический канал, линии передачи информации);

– возможность доступа в пределы контролируемой зоны объекта защиты (санкционированный доступ, несанкционированный доступ путем маскировки и т.д.);

– наличие информации об объекте защиты;

– имеющиеся средства реализации атак на объект защиты (сканеры уязвимости, подавители сигнала и т.д.).

Стоит заметить, что модель нарушителя в составе модели угроз для каждого объекта защиты информации будет уникальна ввиду уникальности набора угроз информационной безопасности, методов и способов их реализации. Для разработки более детальной модели угроз стоит отдельно прорабатывать как внешнего, так и внутреннего нарушителей информационной безопасности, что должно привести к выработке необходимых рекомендации и принятию решений, которые смогут нейтрализовать угрозы, вызванные нарушителем.

Получено 30.11.12.

A.S. Chebanov, Post-Graduate Student, Kuban State Technological University
(e-mail: ascheb9@mail.ru)

R.V. Zhuk, Post-Graduate Student, Kuban State Technological University
(e-mail: r.zhuk@krasnodar.pro)

A.V. Vlasenko, Candidate of Sciences, Kuban State Technological University

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

MODEL OF THE VIOLATOR OF COMPLEX SYSTEM OF ENSURING INFORMATION SECURITY OF OBJECTS OF PROTECTION

In article approach to creation of model and model of the violator of complex system of ensuring information security is offered.

Key words: *model of the violator, information system, model of threats, personal information, information security, object of protection.*

УДК 004.048

Е.Ю. Емельянова, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: elen_em@rambler.ru)

А.С. Никулин, магистр техники и технологии, Юго-Западный государственный университет (Курск) (тел.: (4712)58-71-12)

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВНИМАНИЕМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА

В статье описана архитектура разработанной авторами системы управления вниманием пользователей интернет-портала. Система предназначена для анализа области интересов текущего пользователя и автоматизированного подбора в соответствии с ней информационных источников для показа

(веб-страниц различной тематики), ссылки на которые можно разместить в новостной ленте. Использование данной системы повысит вероятность нахождения интересной пользователю информации без специальных поисковых усилий с его стороны.

Ключевые слова: *Интернет, управление вниманием, область интересов, поведенческий таргетинг, рубрикатор.*

***

Проблема ориентирования пользователей Интернета в огромном объеме хранящейся там информации еще долго будет актуальной. Описываемая в статье разработка [1] ориентирована на информационные порталы, содержащие новости, статьи, объявления различной тематики. Обычно на первых страницах подобных порталов размещаются многочисленные ссылки для перехода на страницы с полным текстом. Нередко ссылки снабжаются аннотацией, позволяющей точнее определить содержание статьи. При такой организации посетитель тратит немалое время на прочтение заголовков и оценку, интересна ли ему информация, стоит перейти по ссылке или нет. Некоторые страницы игнорируются, потому что до них «не доходит очередь».

Описываемая в статье система предназначена для автоматизированного подбора информационных материалов в соответствии с индивидуальной областью интересов каждого посетителя интернет-сайта. Она позволит сэкономить время посетителя за счет того, что будут показаны потенциально интересные ему материалы и отсеяны ненужные. Возможно, система поможет человеку найти полезную информацию без специальных поисковых усилий с его стороны, что, в свою очередь, увеличит популярность данного Интернет-ресурса и облегчит ориентацию пользователя при работе в сети Интернет.

Идея данной системы основана на тех же принципах, что и таргетированная реклама на базе поведенческого таргетинга [2]: пользователю предлагаются материалы, близкие области его интересов, в меньшей степени учитывающие возраст, пол, социальное положение и пр. В отличие от таргетированной рекламы, где целью ставится доведение именно рекламных материалов до целевой аудитории, разрабатываемая система ориентируется больше на информационные ресурсы (статьи, анонсы, обзоры, новости).

Рисунок иллюстрирует принцип функционирования системы. Термином «источник показа» или просто «источник» будем обозначать произвольную веб-страницу, предлагаемую для показа посетителям интернет-портала. Она может располагаться на том же портале, где работает система управления вниманием (СУВ), или на других сайтах, подключенных к СУВ. Обычно источники – это статьи разнообразного содержания или информационно-рекламные материалы. Тематическое наполнение источника оценивается по рубрикатору (здоровье, спорт, развлечения, политика и пр.), организованному в виде семантической сети [3].

Все источники однократно проходят регистрацию в хранилище источников для показа. Там для каждого источника указывается область его тематической принадлежности по рубрикатору. Установление тематической принадлежности планируется в полуавтоматическом режиме: сначала на основе лексического анализа текста система автоматически выставляет принадлежность к рубрикам, а затем эксперт имеет возможность их утвердить, либо скорректировать вручную. Хотя эти манипуляции требуют гораздо больше вычислительных затрат, чем распространенная сейчас технология «ключевых слов»[2], однако потенциальный эффект выше.

Для оценки области интересов пользователя ведется протокол его действий на сайтах, подключенных к СУВ. Фиксируется время посещения и адреса веб-страниц, его поисковые запросы, реакция

на показ информационных источников, выбранных СУВ и пр. Интересы пользователя условно разделены на две категории: постоянные (долговременные) и мгновенные (текущие). Постоянные интересы – те, к которым он проявляет устойчивый интерес достаточно длительное время (например, автомобили, компьютеры, различные узкопрофессиональные области). Мгновенные интересы – такие интересы, которые ему требуются на данный момент времени и в дальнейшем не заинтересуют его (например, расписание поездов, театральная афиша). Мгновенные интересы могут значительно отличаться от постоянных. Мгновенные интересы формируются динамически на основе поведения пользователя на сайте (накопление информации в течение сессии). Постоянные интересы «вычисляются» по специальному алгоритму, исходя из совокупности всех действий, показов источников, реакции пользователя на показываемые источники (игнорирование или переход по ссылке). В связи с вычислительной сложностью алгоритма рациональнее не корректировать их «на лету» в режиме реального времени, а раз в сутки, в менее нагруженные (ночные) часы, запускать специальную программу, которая на основе всех действий пользователя в течение дня корректирует оценку его постоянных интересов.

Блок выбора источников показа осуществляет подбор источников на основании постоянных и текущих интересов посетителя путем сравнения их с тематической рубрикацией источников показа. Сравнение проводится с использованием элементов нечеткой логики. При этом мгновенные интересы доминируют над постоянными. Источники, оценка которых оказалась наиболее «близкой» к области интересов текущего пользователя, показываются первыми в списке. Блок выбора источников также принимает во внимание отсутствие реакции пользователя на прошлые показы тех же источников и лимитирует число повторных показов в течение сеанса.

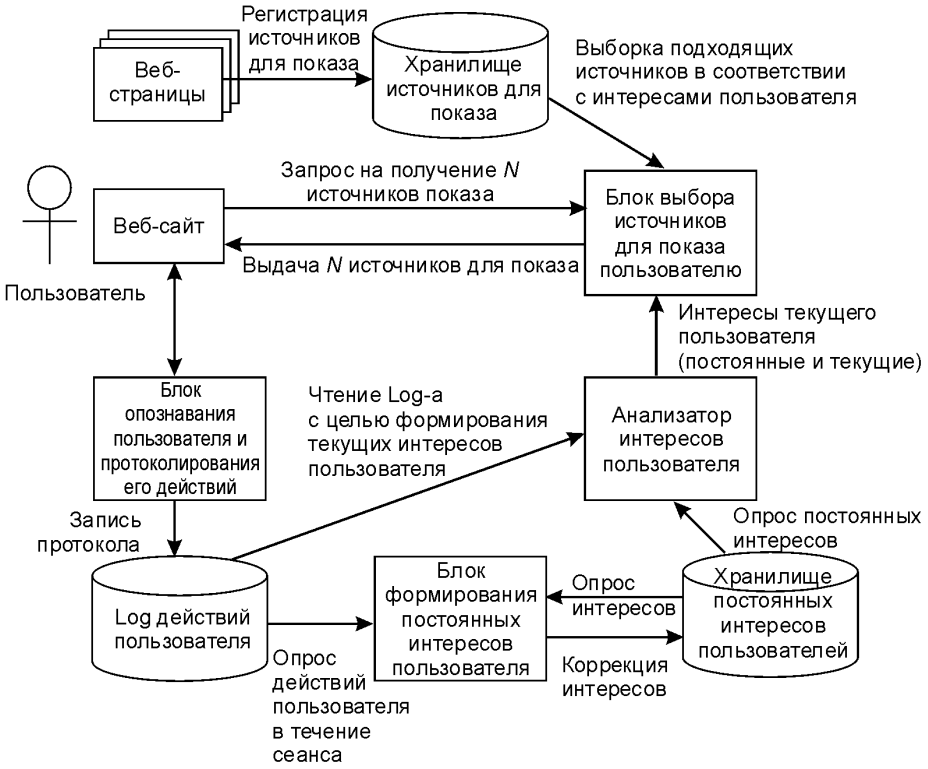


Рис. Схема взаимодействия модулей системы управления вниманием пользователей интернет-портала

Проблема идентификации пользователя при повторном заходе на сайт решена с использованием механизмов, описанных в [4, 5]. Вторая проблема – как отличить пользователя-человека от робота, выполняющего индексирование веб-страниц, – решается методами, описанными в [6]. Для решения проблемы, как отличить случайных посетителей сайта от посетителей, пришедших на сайт для получения конкретной информации, введен лимит на минимальную длительность просмотра страниц. Посетитель, находящийся на странице меньше этого времени, считается случайным и в анализе не участвует. Также срабатывают механизмы «чистки» профилей тех пользователей, которые не заходили на сайт более определенного периода.

Разработанная нами система управления вниманием пригодна для применения в средненагруженных сайтах. Как перспектива развития данной системы – разработка блока логического вывода, который путем анализа интересов пользователей позволяет установить с определенной степенью вероятности пол, возраст, социальную принадлежность пользователя и пр., чтобы использовать полученную информацию для улучшения характеристик системы.

Список литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012615910. Подсистема выбора источников показа системы управления вниманием пользователей интернет-портала / Емельянова Е.Ю., Никулин А.С. // Программы для ЭВм, базы данных, топологии интегральных микросхем: [электронный бюл.]. 2012. 28 июня.

2. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. СПб.: Питер, 2009. 624 с.

3. Емельянова Е.Ю., Никулин А.С. Система выбора информационных источников для показа посетителям интернет-портала // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: сб. матер. X Междунар. науч.-техн. конф «Распознавание-2012». Курск, 2012. С. 219–220.

4. URL: http://panopticlick.eff.org.

5. URL: http://samy.pl/evercookie.

6. URL: http://www.seobythesea.com/2009/10/how-a-search-engine-might-distinguish-between-queries-from-bots-and-from-humans.

Получено 30.11.12.

E.Ju. Emelyanova, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: elen_em@rambler.ru);

A.S. Nikulin, Master of Engineering and Technology, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 58-71-12)

THE STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE ATTENTION CONTROL SYSTEM OF THE WEB PORTAL USERS

The programming architecture of the attention control system of the web portal users is described in the paper. This system is designed for analysis of the current user's interests and for automated selection of the information sources (such as various web pages) according to the area of interest of the current user. The links of the information sources are suitable for arrangement on the news bar, for example. The usage of this system will increase the probability of finding the information that is interesting for user without special user's actions for searching it.

Key words: *Internet, attention control, area of interest, target advertising, rubricator.*

УДК 681.3

А.С. Сизов, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: SyzoffAS@yandex.ru)

Ю.А. Халин, преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: yur-khalin@yandex.ru)

А.Ю. Цепов, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: artem.tsepov@yandex.ru)

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНВЕСТИРОВАНИЯ МАЛОГО ИННОВАЦИОННОГО БИЗНЕСА

Сформулированы основные положения организации системы поддержки принятия решений при инвестировании малого инновационного бизнеса, позволяющей производить оценку рисков на каждой стадии жизненного цикла нововведения.

Ключевые слова: *система поддержки принятия решений, риск, малый инновационный бизнес.*

***

В условиях развивающейся экономики одним из основных источников дохода инвестиционных компаний и фондов является вложение средств в непрофильный для них бизнес. По сути, они покупают не столько для того, чтобы получать часть текущего дохода от владения пакетом акций компании, сколько для того, чтобы затем перепродать его [2].

Инвестиции в разные секторы экономики дают потенциально разную отдачу. По многолетнему опыту США, наибольшую отдачу имеет рисковое венчурное и особо рисковое инвестирование на той стадии, когда компания еще не функционирует, а имеется только общая идея. Профессиональный подход к инвестированию, к выбору проекта и управление ростом этого проекта на самых ранних стадиях его развития позволяют получать самый высокий доход среди всех возможных схем инвестирования [3].

Отдельно стоит выделить малые инновационные предприятия, т.к. они обладают высокой степенью прозрачности, мобильности и обычно входят в бизнес на стадии прикладных исследований, что означает возможность относительно быстрого возврата инвестиционных вложений. Всё это делает их одними из наиболее привлекательных для инвестирования активов.

В зависимости от степени завершенности исследований и характера результатов НИОКР инновационные проекты делятся на следующие категории.

1. Инновационные проекты, связанные исключительно с продвижением готового инновационного продукта.
2. Инновационные проекты с незавершенной стадией внедрения.
3. Инновационные проекты с незавершенной стадией ОКР.
4. Инновационные проекты с незавершенной стадией НИР.
5. Инновационные проекты с незавершенной стадией поисковых исследований [4].

Как правило, с позиции инвестора наиболее привлекательным является финансирование проектов, имеющих реальные результы НИОКР. С другой стороны – участие в проекте на более ранней стадии его реализации существенно увеличивает риски потери вложенных средств. В этих условиях малый инновационный бизнес необходимо инвестировать в несколько этапов, каждый из которых соответствует определённой фазе жизненного цикла предприятия. Такой подход к инвестированию называется бриджфинансированием и является основной формой долгового финансирования для компаний на венчурной стадии развития [1].

В этих условиях возникает необходимость разработки на основе современ-

ных информационных технологий – моделей, алгоритмов, методов поддержки принятия решений при управлении инвестиционной деятельностью по инвестированию предриятий малого инновационного бизнеса. В связи с этим, важная роль принадлежит управлению рисками, что включает процессы, связанные с идентификацией, анализом рисков и принятием решений, которые включают максимизацию положительных и минимизацию отрицательных последствий наступления рисковых событий на каждой стадии жизненного цикла инновационного продукта.

Следует отметить что объект инвестирования (малый инновационный бизнес) стремится показать свой бизнес с максимально выгодных позиций и нивелировать возможные трудности реализации проекта. Кроме того, определённую информацию о своей деятельности он может не предоставить из соображений конфиденициальности. Поэтому вывод о возможности финансирования должен осуществляться на основании разнородных данных, полученных из разных источников. Источники информации могут быть классифицированы на первичные и вторичные. Под первичными источниками понимают данные полученые непосредственно из отчётности компании (финансовый анализ), эти данные имеются в открытом доступе. С другой стороны, в ходе разведки данные извлекаются из вторичных источников, которые отличаются от первичных тем, что информация, содержащаяся в них, поступает не напрямую, а проходя через один или несколько промежуточных звеньев (СМИ, Интернет, информаторы, эксперты и т.д.), в результате чего она может частично или полностью не соответствовать исходным данным. Обьектом анализа в данном случае является организация как единое целое, а также её подразделения, кадры и прочие показатели, относящиеся к управленческому анализу.

Малое инновационное предприятие также нуждается в достаточно полной и достоверной информации, которая, в свою очередь, позволит принимать максимально эффективные управленческие решения. Однако задача разведки со стороны инвестора и малого инновационного предприятия в общем случае различается, поскольку акцент инвестора направлен на оценку инновационного проекта и хода его выполнения, т.е. бизнес разведки. В то же время малое инновационное предприятие основное внимание уделяет оценке конкурентной среды и коньюктуры рынка, т.е. конкурентной разведки. В этом плане сформулируем и расположим по степени важности основные информационные задачи, стоящие перед инвестором при выборе обьекта инвестирования и способа его финансирования:

– анализ предложеных инноваций (инновационного портфеля) и выбор объекта инвестирования;

– рассмотрение бизнес-плана выбранного инновационного проекта;

– оценка характера инновации (революционный или эволюционный);

– оценка потенциально достижимой доходности проекта;

– анализ научно-технического потенциала предприятия (научные работники, инженеры, лабораторно-производственная база, патентная политика и др.);

– определение необходимого объема финансирования;

– оценка уровня менеджмента предпрятия;

– определение конкурентной среды и коньюктуры рынка;

– мониторинг основных этапов жизенного цикла инновации;

– определение риска инновационного проекта.

Решение этих задач может быть осуществлено путем применения современных информационных технологий и создания на их основе системы поддержки принятия решений. Первым этапом синтеза этой системы является построение дерева функций [5]. Целевую функ-

цию F^0 СППР сформулируем как «Генерация альтернативных решений по управлению инвестированием проекта малого инновационного предприятия и оценка риска его реализации»

1. Уровень

F^0:
- F^1 – ввод, хранение и обработка данных по портфелю инноваций
- F^2 – ввод, хранение и обработка данных по выбранному проекту
- F^3 – генерация альтернатив решений по инвестированию
- F^4 – оценка риска реализации инновационного проекта
- F^5 – вывод результатов для просмотра ЛПР

2. Уровень

F^1:
- F_1^1 – ввод данных по научно-техническим характеристикам инновационных проектов
- F_2^1 – ввод данных по патентному поиску
- F_3^1 – ввод данных по новейшим научным исследованиям в предметной области инновации
- F_4^1 – обработка и анализ данных из F_1^1, F_2^1 и F_3^1
- F_5^1 – выбор проекта по критериям инновационной привлекательности

F^2:
- F_1^2 – ввод данных по бизнес-плану реализации выбранного проекта
- F_2^2 – ввод данных о научно-техническом потенциале и менеджменте малого инновационного предприятия
- F_3^2 – ввод данных по конкурентной среде и коньюктуре рынка
- F_4^2 – обработка, анализ и классификация данных из F_1^2 , F_2^2 и F_3^2

F^3:
- F_1^3 – формирование перечня наиболее вероятных угроз выполнения инновационного проекта
- F_2^3 – определение степени о пасности каждого риска
- F_3^3 – генерация вариантов управленческих решений для конкретной угрозы или их сочетания

F^4:
- F_1^4 – оценка риска по этапам выполнения инновационного проекта
- F_2^4 – прогнозирование риска реализации проекта в целом

3. Уровень

F_1^2:
- $F_{1.1}^2$ –ввод технико-экономических данных о разрабатываемом продукте
- $F_{1.2}^2$ – ввод финансового плана
- $F_{1..3}^2$ – ввод организационного плана
- $F_{1.4}^2$ – ввод производственного плана
- $F_{1.5}^2$ – ввод данных о стратегии развития

F_2^2:
- $F_{2.1}^2$ – ввод и обработка официальных данных о НТП и менеджменте МИП
- $F_{2.2}^2$ – определение источников неофициальных данных о выбранном для инвестирования МИП
- $F_{2.3}^2$ – ввод и обработка неофициальных данных о НТП и менеджменте МИП

F_3^2:
- $F_{3.1}^2$ – определение источников информации о конкурентной среде
- $F_{3.2}^2$ – ввод, хранение и обработка данных маркетинга и конкурентной среды
- $F_{3.3}^2$ – информационно-аналитическая обработка данных о конкурентой среде

Приведенное дерево функций является концептуальной основой структурно функциональной организации системы поддержки принятия решений по инвестированию малого инновационного бизнеса. При этом функции первого уровня реализуются на уровне подсистем, функции второго уровня – отдельными модулями.

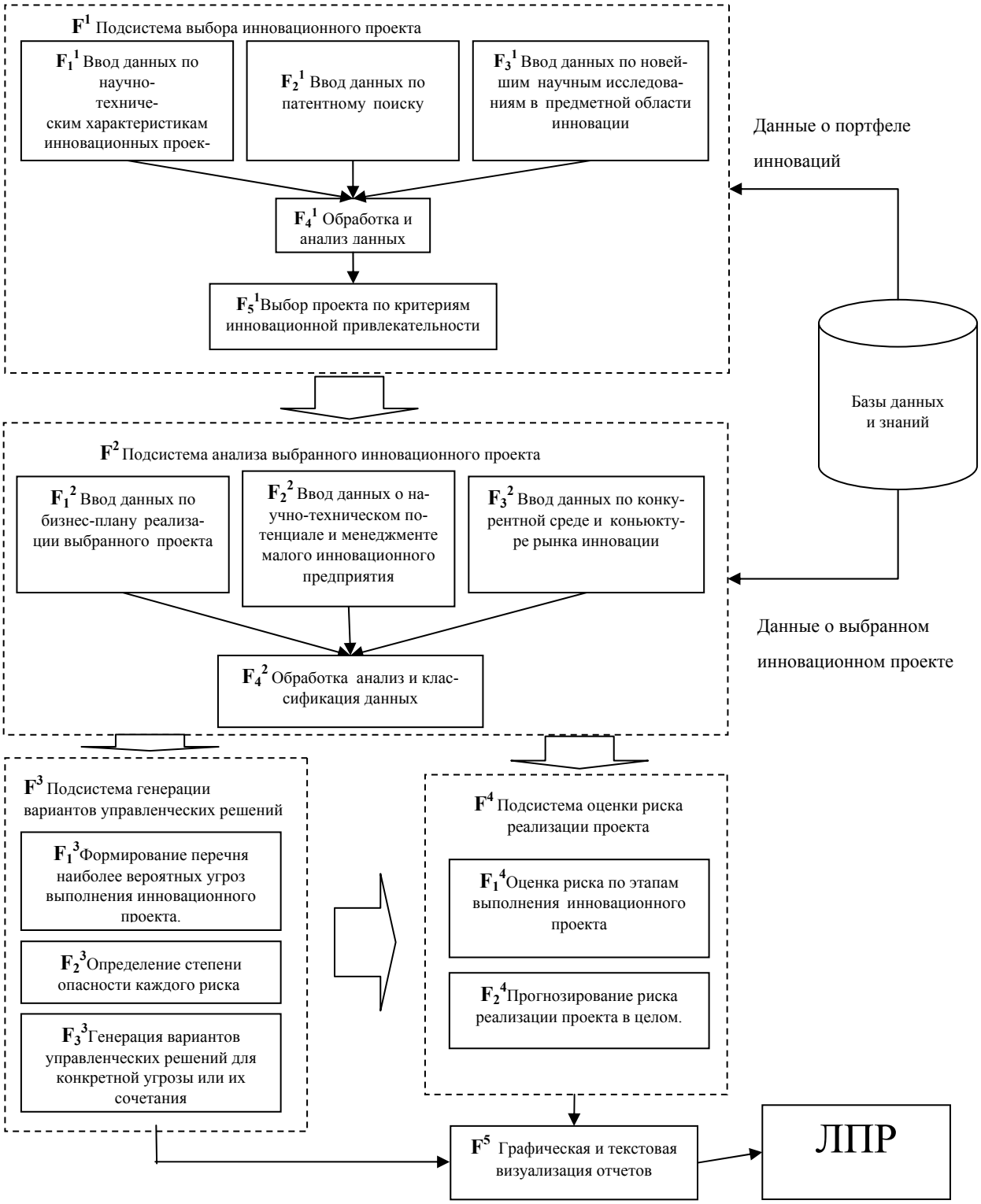


Рис. Вариант структурно-функциональной организации системы поддержки принятия решений по управлению инвестированием проекта МИП и оценки риска его реализации

В основу синтеза структурно-функциональной организации положена иерархическая структура. В системе поддержки принятия решений предусмотрено четыре подсистемы. Подсистема выбора инновационного проекта содержит модули ввода разнородных данных, а также модуль их обработки. На выходе данной подсистемы осуществляется выбор инновационного проекта (см. рис.)

Подсистема анализа инновационного проекта содержит модули ввода данных об этом проекте, а также модуль интеллектуальной обработки этих данных. В результате обработанные данные поступают в подсистемы генерации вариантов управленческих решений и оценки риска реализации проекта. После этого ЛПР получает отчёт в текстовом и графическом виде, на основе которого принимает решение о целесообразности инвестирования.

Таким образом, рассмотрены основные концептуальные положения создания СППР для выбора объекта инвестирования, последующей генерации альтернативных решений по управлению его инвестированием и оценки риска его реализации. Предложены варианты структурно-функциональной организации этой системы.

Список литературы:

1. Лукашов А.В. Виды заемного финансирования и бридж-финансирования // Управление корпоративными финансами. 2006. № 2.

2. Веретенников И. Прямые инвестиции как источник финансирования // Top-Manager. 2007.

3. Романюк В., Савченко Л. Движение «бизнес-ангелов» и частное инвестирование инновационного бизнеса // Бизнес для всех. 2006. № 8 (528).

4. Инновационный менеджмент. учебник / под ред. С. Д. Ильенковой. М.: Юнити, 1997. 311 с.

5. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем. М.: Радио и связь, 1985. 328 с.

6. Белоглазов Е.Г. Методология обеспечения аналитической разведки криминальных процессов и явлений: дис. ... д-ра техн. наук. М.: Изд-во Моск. ун-та Министерства внутренних дел Рос. Федерации, 2007. 407 с.

Получено 30.11.12.

A.S. Sizov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: SyzoffAS@yandex.ru)

Y.A. Halin, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: yur-khalin@yandex.ru)

A.Y. Cepov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL PROVISIONS OF DECISION SUPPORT SYSTEM TO EVALUATE THE RISKS OF INVESTING SMALL BUSINESS INNOVATION

The basic situation of the decision support system of investing small business innovation, allowing an assessment of the risks at each stage of the life cycle of innovation.

Key words: *decision support system, the risk of small innovative businesses.*

УДК 519.65

А.П. Локтионов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: loapa@mail.ru)

ОБ УЧЕТЕ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ОБРАТНОЙ НАЧАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКЕ

На основе аппроксимации в численном дифференцировании исследована оптимизация погрешности в обратной начальной задаче при постоянной внешней нагрузке. Оптимизация достигается регуляризацией распределения первичных преобразователей.

Ключевые слова*: обратная начальная задача, начальные условия, аппроксимация, погрешность.*

***

Введение

В технических приложениях по выходным сигналам первичных преобразователей решением обратной задачи вычисляют неизмеряемые входные данные расчетной схемы, уточняют начальные условия, допускающие их зависимость от внешней нагрузки [1, 2].

В данной работе предлагается подход к решению преобразовательно-вычислительной задачи нахождения второй производной преобразуемой функции использованием лагранжевой аппроксимации с равномерной непрерывной нормой.

Первичные преобразователи размещают вне зоны начальных условий, что позволяет исключить влияние на точность преобразования параметров начальных условий [2].

Задаем преобразуемую функцию $y(x)$ результатами совместных измерений – конечными значениями (отсчетами) $y^*(x_i)$ на $[a, b]$ в узлах аппроксимации – точках x_i. Функция $y(x)$ есть решение начальной задачи с дифференциальным уравнением четвертого порядка

$$\mathrm{D}^4 y = f_\partial(x),\ x \in I, \qquad (1)$$

где внешняя нагрузка $f_\partial(x) = D_4 = \mathrm{const}$ на замкнутом промежутке $I = [0, l]$ задания решения. $\mathrm{D}^4 = d^4/dx^4$ – стационарный дифференциальный оператор четвертого порядка. В отсутствие ступенчатой внешней нагрузки уравнения третьего порядка, сходного с уравнением (1), начальная задача (1) имеет вид

$$y''(x) = f_{2q}(x), \qquad (2)$$

где $f_{2q}(x) = D_2(1 - x/l)^2$ – подлежащая определению функция – решение обратной начальной задачи; $D_2 = D_4 l^2/2$.

Задача имеет частные решения:

$$y(x_i) = \xi_0 + \xi_1 x_i + f_{2q}(x)\frac{x_i^2}{2(1-x/l)^2}\gamma_i,$$

$$\gamma_i = 1 - \frac{2x_i}{3l} + \frac{x_i^2}{6l^2}, \qquad (3)$$

удовлетворяющие начальным условиям

$$y_0 = \xi_0, \quad y_0' = \xi_1, \qquad (4)$$

где ξ_{i0} – значения начальных данных.

1. Постановка обратной преобразовательно-вычислительной задачи численного дифференцирования

Введем обозначения $\alpha_{il} = x_i/l$, $\alpha_l = x/l$, $b_l = b/l$. Тогда по решению (3)

$$f_{2q}(x) = \frac{2\left(y(x_i) - \xi_0 - \xi_1 x_i\right)(1-\alpha_l)^2}{x_i^2\gamma_i}. \qquad (5)$$

Рассматриваем технически реализуемые задачи, когда погрешность задания известных начальных данных решения удовлетворяет соотношениям

$$\Delta\xi_{00} \le \varepsilon_{py}|(a)|, \quad \Delta\xi_{10} \le \varepsilon_{py}|(a)/a|, \qquad (6)$$

выполняются условия

$$0,05l = a \le x_0 < x_n \le b = 0,95l,$$

$$\left|\xi_0 + \xi_1 x_i\right| << \left|y(x_i)\right|, \qquad (7)$$

отсчеты $y^*(x_i)$ отвечают классу p-преобразования – линейного преобразования с равномерной непрерывной нормой абсолютной погрешности с одинаковой приведенной погрешностью ε_p отсчетов во всех отсчетных точках x_i и одинаковым пределом измерений y_p, равным верхней границе $\sup|y^*(x_i)|$ на компактном наборе вещественных чисел $\{y^*(x_0), \ldots, y^*(x_n)\}$ [2]. При p-преобразовании для верхней границы абсолютного значения погрешности отсчетов выполняется соотношение

$$\Delta_m y(x_i) = \varepsilon_p y_p. \qquad (8)$$

При втором условии (7) из уравнения (4) следует приближенное равенство

$$f_{2q}(x) \approx 2y(x_i)\frac{(1-\alpha_l)^2}{x_i^2\gamma_i}. \qquad (9)$$

2. Решение обратной задачи при одном отсчете

Одного отчета $y(x_0)$ достаточно для определения производной $f_{2q}(x)$, если известны значения параметра l и начальных данных решения $\xi_0 = \xi_{00}$ и $\xi_1 = \xi_{10}$, притом эти значения удовлетворяют соотношениям (6). Тогда по уравнению (5)

$$f_{2q}(x) = \frac{2\left(y(x_0) - \xi_{00} - \xi_{10}x_0\right)\left(1-\alpha_l\right)^2}{x_0^2\gamma_0}. \quad (10)$$

Абсолютная погрешность определения производной $f_{2q}(x)$:

$$\Delta f_{2q}(x) = \frac{2\left(1-\alpha_l\right)^2 \Delta y(x_0)}{x_0^2\left(1 - 2x_0/3l + x_0^2/6l^2\right)}, \quad (11)$$

относительная погрешность определения $f_{2q}(x)$:

$$\Delta f_{2q}(x) = \frac{2\left(1-\alpha_l\right)^2 \Delta y(x_0)}{x_0^2\gamma_0\left|f_{2q}(x)\right|}. \quad (12)$$

Подставляем выражение (9) в формулу (12), получаем выражение

$$\delta f_{2q}(x) \approx \Delta y(x_0)/\left|y(x_0)\right|. \quad (13)$$

Вводим приведенное абсолютное число обусловленности задачи дифференцирования v_Δ, а также относительное число обусловленности задачи v_δ соотношениями

$$\Delta_m(f_{2q}(x)) \le (v_\Delta/l^2)\sup \Delta_m(y(x_i)),$$

$$\delta_m(f_{2q}(x)) \le v_\delta\,\varepsilon_p, \quad (14)$$

где $\Delta_m(f_{2q}(x))$ и $\delta_m(f_{2q}(x))$ – соответственно граница абсолютного и относительного значения погрешности результата задачи.

С учетом соотношений (8), (14) и $y_p = y(x_0)$ из выражения (11) получаем границы значений погрешности результата задачи:

$$\Delta_m\left(f_{2q}(x)\right) = \frac{2\left(1-\alpha_0\right)^2 \varepsilon_p y(x_0)}{x_0^2\gamma_0}, \quad (15)$$

$$\delta_m\left(f_{2q}(x)\right) = \varepsilon_p, \quad (16)$$

и чисел обусловленности задачи:

$$v_\Delta = \frac{2\left(1-\alpha_l\right)^2}{\alpha_{0l}^2\gamma_0}, \quad \nu_\delta = 1. \quad (17)$$

Вычислим значение меры структурной погрешности задачи редукции, определение которой как минимального числа обусловленности задачи, полученного регуляризацией компакта узлов аппроксимации, введено в [1].

Первая функция (17) принимает наименьшее значение при $x_0 = (x_0)_{\max} = b$, следовательно, приведенная абсолютная мера структурной погрешности задачи

$$\left(v_\Delta\right)_{\min} = \frac{2\left(1-\alpha_l\right)^2}{b_l^2\left(1 - 2b_l/3 + b_l^2/6\right)}. \quad (18)$$

Для $\alpha_{0l} = 0{,}95$, $\alpha_l = 0{,}05$ приведенная абсолютная мера структурной погрешности $(\nu_\Delta)_{\min} = 3{,}9$. При отсутствии минимизации первой функции (17) абсолютное число обусловленности задачи возрастает при увеличении α_{0l}. Например, при $\alpha_{0l} = 0{,}35$, $\alpha_l = 0{,}05$ приведенное абсолютное число обусловленности $\nu_\Delta = 18{,}7$.

При определении второй производной $f_{2q}(0) = D_2$ в формуле (18) $\alpha_l = 0$, приведенная абсолютная мера структурной погрешности 4,3.

В данной задаче есть частный вариант возможности исключить задание параметра l, если в выражении (11) положить

$$\left(1 - x/l\right)^2 = \gamma_0. \quad (19)$$

Тогда подлежащая определению функция имеет вид

$$f_{2q}(x) = 2\left[y(x_0) - \xi_{00} - \xi_{10}x_0\right]/x_0^2, \quad (20)$$

абсолютная погрешность

$$\Delta f_{2q}(x) = 2x_0^{-2}\Delta y(x_0), \quad (21)$$

приведенное абсолютное число обусловленности

$$v_\Delta = 2/\alpha_0^2, \quad (22)$$

приведенная абсолютная мера структурной погрешности

$$\left(v_{\Delta}\right)_{\min} = 2/b_l^2 , \qquad (23)$$

значение которой при b_l = 0,95 равно 2,22.

3. Численное дифференцирование с двумя узлами аппроксимации при неизвестном начальном данном ξ_0

Двух отчетов $y(x_i)$ достаточно для определения производной $f_{2q}(x)$, если значение одного из начальных данных известно ($\xi_1 = \xi_{10}$) и удовлетворяет условию (6), а значение другого начального данного ξ_0 неизвестно или погрешность его задания не удовлетворяет условию (6), известно также значение параметра l. Тогда по уравнению (3)

$$y\left(x_i\right) = \xi_0 + \xi_{10} x_i + \gamma_i \frac{x_i^2 f_{2q}\left(x\right)}{2\left(1-\alpha_l\right)^2}. \qquad (24)$$

Для того чтобы двучлен $\sum_{i=0}^{1} L_{12si} y\left(x_i\right)$ со значениями отсчетов (24) не был функцией неизвестной ξ_0, необходимо выполнить условие

$$\sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} = 0 , \qquad (25)$$

т.е. применить коэффициенты Лагранжа:

$$L_{12\sim 0} = -1,\ L_{12\sim 1} = 1. \qquad (26)$$

Тогда с учетом выражения (24) получаем соотношение

$$\sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} y\left(x_i\right) = \xi_{10}\left(x_1 - x_0\right) + \\ + \frac{f_{2q}\left(x\right)}{2\left(1-\alpha_l\right)^2} \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} x_i^2 \gamma_i , \qquad (27)$$

не содержащее ξ_0.

Следовательно, приближенное по выражению (27) решение

$$\frac{f_{2q}^{*}\left(x\right)}{2\left(1-\alpha_l\right)^2} = \\ = \frac{-\xi_{10}\left(x_1 - x_0\right) + \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} y^{*}\left(x_i\right)}{\sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} x_i^2 \gamma_i} \qquad (28)$$

отвечает возмущенным исходным данным – значениям отсчетов $y^*(x_i)$, уровню ошибок исходных данных в пределах неопределенности каждого отсчета.

Суммарная абсолютная погрешность определения $f_{2q}(x)$ по двум отсчетным точкам:

$$\Delta f_{2q}\left(x\right) = \frac{2\left(1-\alpha_l\right)^2 \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} \Delta y\left(x_i\right)}{\sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} x_i^2 \gamma_i}, \qquad (29)$$

а относительная погрешность:

$$\delta f_{2q}\left(x\right) = \Delta f_{2q}\left(x\right) \Big/ \left| f_{2q}\left(x\right) \right|. \qquad (30)$$

Вводим соотношения

$$\gamma_a = 1 - 2a_l/3 + a_l^2/6, \\ \gamma_b = 1 - 2b_l/3 + b_l^2/6. \qquad (31)$$

Утверждение 1. Пусть на участке [a, b] два отсчета функции (10) выполняются p-преобразованием, причем y_p=$y(x_1)$. Тогда приведенное абсолютное число обусловленности задачи определения второй производной $f_{2q}(x)$ представимо функцией

$$v_{\Delta} = 2\left(1-\alpha_l\right)^2 \sum_{i=0}^{1} \left| L_{12\sim i} \right| \Big/ l^2 \sum_{i=0}^{1} L_{12\sim i} x_i^2 \gamma_i , \qquad (32)$$

принимающей наименьшее значение

$$\left(v_{\Delta}\right)_{\min} = 4\left(1-\alpha_l\right)^2 \Big/ \left(b_l^2 \gamma_b - a^2 \gamma_a\right) \qquad (33)$$

при распределении узлов сетки

$$\alpha_{0l} = a_l,\ \alpha_{1l} = b_l. \qquad (34)$$

<u>Доказательство.</u> С учетом соотношений (8) и y_p=$y(x_1)$ из выражения (29) получаем

$$\frac{\Delta_m\left(f_{2q}(x)\right)}{2\left(1-\alpha_l\right)^2}=\frac{\varepsilon_p y(x_1)\sum_{i=0}^{1}\left|L_{12\sim i}\right|}{\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}x_i^2\gamma_i}, \quad (35)$$

откуда, учитывая соотношение (14), получаем формулу (32).

Регуляризируем данную задачу с приведенным абсолютным числом обусловленности (32). С учетом коэффициентов Лагранжа (26) простыми преобразованиями формулы (32) получаем формулу приведенного абсолютного числа обусловленности задачи:

$$v_\Delta=\frac{4\left(1-\alpha_l\right)^2}{\alpha_{1l}^2\gamma_1-\alpha_{0l}^2\gamma_0}. \quad (36)$$

Функция (36) принимает наименьшее значение при распределении узлов сетки (34). Подстановкой в выражение (36) значений узлов сетки (34) получаем формулу (33) для определения приведенной абсолютной меры структурной погрешности данной задачи. Для варианта задачи $x = a$ приведенная абсолютная мера структурной погрешности задачи $(\nu_\Delta)_{\min} = 7{,}78$.

При определении второй производной $f_{2q}(0) = D_2$ в формуле (33) $\alpha_l = 0$, приведенная абсолютная мера структурной погрешности 8,62.

Утверждение 2. Пусть на участке $[a, b]$ два отсчета функции (24) выполняются p-преобразованием, причем $y_p = y(x_1)$, выполняется условие (9). Тогда относительное число обусловленности задачи определения второй производной $f_{2q}(x)$ представимо функцией

$$v_\delta=\frac{x_1^2\gamma_1\sum_{i=0}^{1}\left|L_{12\sim i}\right|}{\sum_{i=0}^{1}L_{12\sim i}x_i^2\gamma_i}, \quad (37)$$

принимающей наименьшее значение

$$\left(v_\delta\right)_{\min}=2\Big/\left[1-\frac{\alpha_l^2\gamma_a}{b_l^2\gamma_b}\right] \quad (38)$$

при распределении узлов сетки (34).

Замечание 1. Утверждение 2 доказывается методом доказательства утверждения 1.

Для варианта задачи при $\alpha_{0l} = 0{,}05$, $\alpha_{1l} = 0{,}95$ относительная мера структурной погрешности задачи $(\nu_\delta)_{\min} = 2{,}01$.

Выводы

Представлена математическая модель обратной преобразовательно-вычислительной задачи численного дифференцирования с постоянной внешней нагрузкой с учетом начальных условий при использовании одного или двух первичных преобразователей, отвечающих классу p-преобразования, при аппроксимации с равномерной непрерывной нормой.

Основным результатом исследования является доказательство возможности практического определения значений второй производной с приведенной абсолютной мерой структурной погрешности до девяти единиц и с относительной мерой структурной погрешности до двух единиц.

1. Локтионов А.П. Принцип построения системы управления исследованиями и испытаниями механических конструкций на основе редукции преобразований // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 6. С. 57–61.

2. Локтионов А.П. Полиномиальная аппроксимация в экспериментально-расчетном методе оценки состояния конструктивного элемента // Известия вузов. Серия «Строительство». 2011. № 11. С. 93–100.

Получено 30.11.12.

A.P. Loktionov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: loapa@mail.ru)

ON THE TAKEN INITIAL CONDITIONS IN THE REVERSE OF THE INITIAL PROBLEM AT THE CONSTANT EXTERNAL LOAD

On the basis of approximation in numerical differentiation there was studied optimization of error in the reverse of the initial problem at constant external load. Optimization is achieved by regularization of the distribution of primary converters.

Key words: *inverse initial the problem, initial conditions, approximation, error.*

УДК 528.72; 528.721.1

В.Г. Андронов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: vladiA58@mail.ru)

Е.В. Лазарева, преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: eugenia-lazareva@yandex.ru)

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОСМИЧЕСКОЙ ПАНОРАМНОЙ СЪЕМКИ В ПРЯМОЙ ЗАДАЧЕ КООРДИНАТНОЙ ПРИВЯЗКИ

Разработана геометрическая модель космической панорамной съемки в прямой задаче координатной привязки, использующая в составе исходных и рассчитываемых данных на интервале съёмки конструктивные характеристики съёмочной аппаратуры, элементы кеплеровской орбиты КА, угловую скорость сканирования головного зеркала, начальные и конечные углы панорамирования линии визирования и разворот фотоплёнки относительно экспонирующей щели, порядковые номера пикселов изображения.

Ключевые слова: *космические сканерные изображения, панорамная фотосъёмка, прямая задача координатной привязки.*

***

Будем полагать, что в фокальной плоскости 1 панорамной аппаратуры, расположенной на борту КА, расположена фотоплёнка 2, которая на интервале съёмки Δt протягивается с постоянной скоростью $V^{П}$ под углом ψ к экспонирующей щели (ЭЩ) 3, геометрический центр которой расположен в главной точке фокальной плоскости (ФП).

В режиме панорамной съёмки нижнее звено связки проектирующих лучей представляет собой мгновенную центральную проекцию ЭЩ на земную поверхность, которая располагается в момент включения съёмочной аппаратуры вдоль трассы КА. При этом плоскость визирования имеет исходное отклонение по углу крена (влево от трассы КА), равное углу φ_{min}. В процессе съёмки плоскость визирования совершает программное движение с постоянной угловой скоростью $\omega_{СК}$ в направлении, перпендикулярном трассе КА, и достигает в конце интервала съёмки Δt положения, соответствующего значению φ_{max} по углу крена. В фиксированный текущий момент времени съёмки $\tau_k \in \Delta t = (t_0, t_K)$, соответствующий моменту формирования k-й строки изображения точки местности $n^{|} \in \overline{1^{|}, N^{|}}$, центр проекции **S** съёмочной аппаратуры и изображение точки местности $n \in \overline{1,N}$ будут расположены на одной прямой в плоскости визирования 4. При этом все точки $\{\overline{1,N}\}$ этой строки, расположенные вдоль ЭЩ, имеют одно и то же время формирования τ_k, а их положение $\{x, y\}$ в системе координат ФП oxy в этот момент времени определяется абсциссами $x = x_n$ и ординатами $y = y_n$, зависящими только от порядкового номера $n \in \overline{1,N}$ пикселя изображения, его размера $\varepsilon \times \varepsilon$ и значения угла ψ.

Отсюда следует, что в момент времени τ_k векторы $\overline{Sn^{|}}(t)$ и $\overline{Sn}(t)$ будут коллинеарными. Запишем это свойство векторов математически:

$$\overline{Sn^{|}}(t) = \mu_n(t)\, A(t)\, \overline{Sn}(t), \qquad (1)$$

где $\mu_n(t)$ – коэффициент пропорциональности векторов $\overline{Sn^{|}}(\mathrm{t})$ и $\overline{Sn}(t)$ в московский момент времени $t = t_0 + \tau_k$; $A(t)$ – матрица направляющих косинусов, описывающая в момент времени $t = t_0 + \tau_k$ ориентацию системы координат oxy ФП съёмочной аппаратуры относительно гринвичской системы координат $OXYZ$.

Как видно из рисунка, для каждой точки $n \in \overline{1,N}$ в момент времени $t = t_0 + \tau_k$ справедливы соотношения $\overline{OS}(t) = R_S(t)$, $\overline{\mathrm{On}^{|}} = R(t)$, $\overline{Sn^{|}} = \overline{\mathrm{On}^{|}} - \overline{OS}$, $\overline{Sn}\,(\mathrm{t}) = r(t) = (x(t), y(t), f)^{\mathrm{T}}$, с учётом которых уравнение (1) примет следующий вид:

$$R(t) - \mathrm{R_S}(t) = \mu(t)\, A(t)\, r(t). \qquad (2)$$

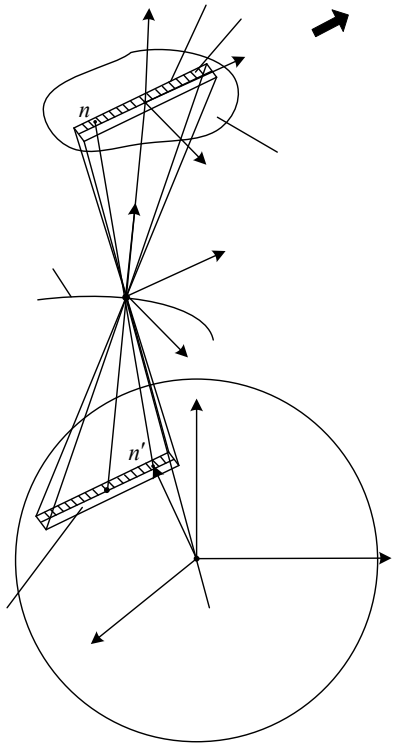


Рис. Геометрия панорамной съёмки

Получим далее формулы для расчёта элементов матрицы $\mathrm{A(t)}$. Элементы ортогональной матрицы

$$A(t) = \begin{bmatrix} \mathrm{a}_{11}(t) & a_{12}(t) & a_{13}(t) \\ a_{21}(t) & \mathrm{a}_{22}(t) & a_{23}(t) \\ a_{31}(t) & a_{32}(t) & a_{33}(t) \end{bmatrix} \qquad (3)$$

рассчитываются по формуле [1]

$$A(t) = A^{(4)}(t) A^{(3)}(t) A^{(2)}(\tau_{\mathrm{k}}) A^{(1)}. \qquad (4)$$

При этом схема преобразования координатного пространства, описываемая формулой (2), имеет следующий вид [2]:

$$\mathrm{S}x^{|}y^{|}z^{|} \to \mathrm{A}^{(1)} \to \mathrm{S}x_k y_k z_{\mathrm{k}} \to A^{(2)}(\tau_k) \to$$

$$Sx_{op} y_{op} z_{op} \to A^{(3)}(t) \to$$

$$\to OX^{И} Y^{И} Z^{И} \to A^{(4)}(t) \to OXYZ \qquad (5)$$

Рассмотрим эту схему более подробно.

Начало S системы координат $\mathrm{S}x^{|}y^{|}z^{|}$ расположено в центре проекции **S**, оси $Sx^{|}$ и $Sy^{|}$ параллельны осям ox и oy системы координат oxy (см. рис.), а отрицательные направления коллинеарных осей

Sz и $Sz^{|}$ совпадают с осью визирования съёмочной аппаратуры. Начало системы координат $\mathrm{S}x_{\mathrm{k}}y_k z_k$ располагают в центре масс КА, который совпадает с центром проекции S съёмочной аппаратуры. Оси системы $\mathrm{S}x_k y_k z_k$ жестко фиксируют в корпусе КА под углами γ, η, ϕ относительно осей системы координат $\mathrm{S}x^{|}y^{|}z^{|}$. Углы γ, η, ϕ называют углами выставки съёмочной аппаратуры в конструктивных осях КА. Переход $\mathrm{S}x^{|}y^{|}z^{|} \to \mathrm{S}x_k y_k z_{\mathrm{k}}$ в матричном виде описывается формулой

$$A^{(1)} = [\gamma] \times [\eta]^{\mathrm{T}} \times [\phi]^{\mathrm{T}} \quad , \qquad (6)$$

где $$[\gamma] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\gamma & \sin\gamma \\ 0 & -\sin\gamma & \cos\gamma \end{bmatrix},$$

$$[\eta]^T = \begin{bmatrix} \cos\eta & 0 & -\sin\eta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\eta & 0 & \cos\eta \end{bmatrix},$$

$$[\phi]^{\mathrm{T}} = \begin{bmatrix} \cos\phi & -\sin\phi & 0 \\ \sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Для управления ориентацией линии визирования на интервале съёмки наряду с системой координат конструктивных осей КА используется орбитальная система координат $S\,x_{op}y_{op}z_{op}$. При этом переход $\mathrm{S}x_k y_k z_{\mathrm{k}} \to Sx_{op}y_{op}z_{op}$ описывается следующей матричной формулой:

$$\begin{aligned} &\mathrm{A}^{(2)}(\tau_k) = \\ &= \left[\mathrm{A}_{\mathrm{CB}}{}^{(2)}\right] \times [\alpha(\tau_{\mathrm{k}})] \times [\beta(\tau_k)] \times [\chi(\tau_k)]. \end{aligned} \qquad (7)$$

В выражении (7) приняты следующие обозначения:

$$\left[\mathrm{A}_{\mathrm{CB}}{}^{(2)}\right] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$ если хотя бы один из углов α, β, χ не равен нулю;

$$\left[\mathrm{A}_{\mathrm{CB}}{}^{(2)}\right] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$ если все углы α, β, χ равны нулю;

$$[\alpha(\tau_{\mathrm{k}})]_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha(\tau_k) & \sin\alpha(\tau_k) \\ 0 & -\sin\alpha(\tau_{\mathrm{k}}) & \cos\alpha(\tau_k) \end{bmatrix};$$

$$[\beta(\tau_k)]_y = \begin{bmatrix} \cos\beta(\tau_k) & 0 & \sin\beta(\tau_k) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta(\tau_k) & 0 & \cos\beta(\tau_k) \end{bmatrix};$$

$$[\chi(\tau_k)]_z = \begin{bmatrix} \cos\chi(\tau_k) & \sin\chi(\tau_k) & 0 \\ -\sin\chi(\tau_k) & \cos\chi(\tau_k) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\beta(\tau_k) = \varphi_{\min} + \omega_{CK} \times \tau_k ,$$

где $\beta(\tau_k)$ – угол панорамирования линии визирования по крену КА в момент времени τ_k на интервале съёмки (t_0, t_{K}).

Схема третьего перехода $Sx_{op}y_{op}z_{op} \to OX^{И}Y^{И}Z^{И}$ описывается следующим матричным произведением [3]:

$$A^{(3)}(t) = [\Omega]^T \times [\mathrm{i}]^T \times [\mathrm{u(t)}]^T \times \left[\mathrm{A}_{\mathrm{CB}}{}^{(3)}\right]^T, \quad (8)$$

где

$$\left[A_{CB}{}^{(3)}\right] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$[u(t)] = \begin{bmatrix} \cos u(t) & \sin u(t) & 0 \\ -\sin u(t) & \cos u(t) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$[i]=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos i & \sin i\\ 0 & -\sin i & \cos i\end{bmatrix},$$

$$[\Omega]=\begin{bmatrix}\cos\Omega & \sin\Omega & 0\\ -\sin\Omega & \cos\Omega & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix},\quad \Omega, i, u(t)-$$

элементы кеплеровской орбиты КА, а именно: Ω – долгота восходящего узла; i – наклонение орбиты; $u(t)$ – аргумент широты в момент времени $t=t_0+\tau_k$.

Для задания положений точек поверхности Земли инерциальная система координат $OX^{И}Y^{И}Z^{И}$ неудобна, поскольку помимо трёх координат точек необходимо указывать и момент времени, в который точка имеет указанные координаты. В космических исследованиях используют системы геодезических параметров, жёстко связанные с Землёй и участвующие в её суточном вращении, в частности гринвичскую систему координат $OXYZ$.

Формула перехода $OX^{И}Y^{И}Z^{И}\to OXYZ$ имеет следующий вид:

$$\mathrm{A}^{(4)}(t)=[S(t)]=\begin{bmatrix}\cos S(t) & \sin S(t) & 0\\ \text{-}\sin S(t) & \cos S(t) & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix},(9)$$

где $S(t)$ – истинное звёздное время на момент декретного московского времени t.

Представим далее уравнение (2) в координатной форме, для чего перенесем вектор $R_S(t)$ в правую часть и, учитывая введенные ранее обозначения (3), получим:

$$\begin{aligned}&X(\mathrm{t})=X_S(t)+\\&+\mu(t)\left[a_{11}(t)\,x(t)+a_{12}(t)\;\;y(t)+a_{13}(t)\,f\right];\\&Y(t)=Y_S(t)+\\&+\mu(t)\left[a_{21}(t)\,x(t)+a_{22}(t)\,y(t)+a_{23}(t)f\right];\\&Z(t)=Z_S(t)+\\&+\mu(t)\left[a_{31}(t)\,x(t)+a_{32}(t)\,y(t)+a_{33}(t)f\right].\end{aligned}\qquad(10)$$

Из третьего уравнения системы (10) следует, что

$$\mu(\mathrm{t})=\frac{\mathrm{Z(t)-Z_S(t)}}{\mathrm{a}_{31}(t)\,x(t)+a_{32}(t)\,y(t)+a_{33}(t)f}.\qquad(11)$$

Подставив выражение (11) в первое и второе уравнения системы (10), получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}X&=X_S(t)+\left[Z-Z_S(t)\right]\times\frac{U_X(t)}{U_Z(t)};\\ Y&=Y_S(t)+\left[Z-Z_S(t)\right]\times\frac{U_Y(t)}{U_Z(t)}.\end{aligned}\qquad(12)$$

В системе уравнений (12) приняты следующие обозначения:

$$\begin{aligned}&\mathrm{U_X(t)}=\left[a_{11}(t)\,x+a_{12}(t)\;\;y+a_{13}(t)\,f\right];\\&U_Y(t)=\left[a_{21}(t)\,x+a_{22}(t)\,y+a_{23}(t)f\right];\\&U_Z(t)=\left[a_{31}(t)\,x+a_{32}(t)\,y+a_{33}(t)f\right],\end{aligned}\qquad(13)$$

где элементы $a_{ij}(i,j=1,2,3)$ матрицы $\mathrm{A(t)}$ определяются по формулам (4)-(10), а координаты x,y – по формулам [4]

$$\begin{aligned}y&=y_n=\left[\left(n-\frac{N}{2}\right)\times\varepsilon+\varepsilon/2\right]\times\cos\psi;\\ x&=x_n=-\left[(n-\frac{N}{2})\times\varepsilon+\varepsilon/2\right]\times\sin\psi.\end{aligned}\qquad(14)$$

Далее, выполнив ряд несложных преобразований [1], получим:

$$\cos^2 B=\frac{1}{\mathrm{N_B}}\left\{X_S^2(t)+Y_S^2(t)+\frac{2\Delta\mathrm{Z(B)}}{\mathrm{U_Z}(t)}\times\left[X_S(t)U_X(t)+Y_S(t)U_Y(t)\right]+\frac{\Delta Z^2(B)}{U_Z{}^2(\mathrm{t})}\times\left[U_X{}^2(t)+U_Y{}^2(t)\right]\right\},(15)$$

где N,e – радиус кривизны первого вертикала и эксцентриситет общего земного эллипсоида, $N_B=\left(N+H\right)^2$, $\mathrm{Z}=\left[N(1-e^2)+H\right]\times\sin B$, $\Delta Z=Z-Z_S(t)$.

Уравнение (14) при заданном значении геодезической высоты H является трансцендентным относительно геодезической широты B и может быть решено методом приближений. Проведенные исследования показали [2], что итерационный процесс решения надёжно сходится за 5-6 итераций, если в качестве начального приближения $B^{(0)}$ положить $B^{(0)} = B_{ПТ}$, где $B_{ПТ}$ – геодезическая широта подспутниковой точки КА на общем земном эллипсоиде, соответствующая моменту t включения съёмочной аппаратуры. При этом координаты КА и элементы кеплеровской орбиты КА на момент времени t определяют по заданному в соответствии с условиями поставленной задачи вектору состояния КА на момент прохождения экватора Земли по известным формулам небесной механики [3].

Из решения (14) находят значения геодезической широты B и координаты Z, а затем по формулам (12) вычисляют координаты X, Y и, при необходимости, долготу $L = \mathrm{arc\,tg}\, Y/X$.

Список литературы

1. Общая геометрическая модель космической сканерной съёмки / В.Г. Андронов, С.В. Дегтярёв, И.А. Клочков, Е.В. Лазарева // Геоинформатика. 2010. № 1. С. 48–52.

2. Лазарева Е.В., Андронов В.Г., Клочков И.А. Программируемые инфокоммуникационные технологии: сб. ст. / под ред. В.В. Александрова и В.А. Сарычева. М.: Радиотехника, 2009–2010. Вып. 1. С. 33–35.

3. Урмаев М.С. Космическая фотограмметрия: учеб. для вузов. М.: Недра, 1989. 279 с.

Получено 30.11.12.

V.G. Andronov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: vladiA58@mail.ru)

E.V. Lazareva, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: eugenia-lazareva@yandex.ru)

GEOMETRICAL MODEL OF SPACE PANORAMIC SHOOTING IN DIRECT GRIDDING PROBLEM

The authors developed space panoramic shooting model for direct gridding problem. As input and calculated data for the shooting period, this model uses design characteristics of shooting device, elements of the spacecraft keplerian orbit, angular scanning speed of the head mirror, initial and final angles of the sight line, angle between the photographic film and the exposure slit, ordinal numbers of the image pixels.

Key words: *space scanning images, panoramic shooting, direct gridding problem.*

УДК 519.688

Н.М. Артёменко, магистрант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: 89606756222, e-mail: nat91art@mail.ru)

В.А. Пиккиев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(тел.: 89513346573, e-mail: ua3wbw@gmail.com)

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В статье рассматриваются возможные варианты определения координат малого космического аппарата, а также алгоритм работы Глонасс-приемника, способного решить эту задачу. Также приводятся простейшие формулы, участвующие в процессе определения координат, и приводится концептуальная модель программы для приемника.

Ключевые слова: *малый космический аппарат, эфемериды, Глонасс, спутник.*

***

Навигация малого космического аппарата (МКА) занимает основную часть в обеспечении его полета [3]. Системоопределяющим фактором решения проблемы является определение координат и скорости космического аппарата. Для решения этой проблемы необходимо решение следующих частных задач [2]:

- определение местоположения малого космического аппарата (КА) в конкретный момент времени;
- определение и прогнозирование орбиты КА;
- оценка результатов прогноза.

При решении вопроса навигации МКА необходимо учитывать экстремальные условия среды их эксплуатации, в частности: большие температурные вариации, электромагнитную радиацию, микрометеорные потоки. Безусловно, для создания систем, способных проработать длительное время в подобных условиях, требуются значительные временные и финансовые затраты. Рассмотрим некоторые варианты.

Инерциальная система. Предполагается, что координаты запуска МКА на орбиту известны с достаточной для управления точностью. При помощи системы, состоящей из гироскопов и акселерометров, определяется скорость движения космического аппарата, угол и направление отклонения. С помощью встроенных часов определяется время движения. Таким образом, используя указанные показатели и стартовые координаты, появляется теоретическая возможность определения координат МКА в определенный момент времени.

Недостатком этой системы является большая погрешность измерений. Отсутствует возможность верификации вычислений и корректировки зарегистрированной информации при необходимости (наличия артефактов различной физической природы).

Станции наземного слежения. В данном случае местоположение МКА определяется путем отправления сигнала на наземные станции. Недостатки:

- невозможность определения местоположения МКА при отсутствии наземных станций наблюдения в зоне видимости в определенные моменты времени;
- большие финансовые затраты на «обслуживание» таких наземных станций.

Радиоинерциальная система. Данная система отличается от инерциальной тем, что дополнительно используют наземные станции в качестве ориентиров. Также в этом качестве могут выступать элементы геостационарных орбит. Таким образом, координаты МКА высчитываются на самом аппарате, а с помощью определения расстояния до ориентиров с известными координатами происходит сверка и корректировка при необходимости.

Недостатком данного решения является сложность реализации, т.к. необходимо реализовать и инерциальные способы расчетов координат, и технологию приема радиосигналов от ориентиров.

«Паразитирование». Суть решения заключается в том, что орбита малого космического аппарата лежит в непосредственной близости от орбиты объекта, который точно знает свои координаты (например, МКС). МКА в этом случае должен быть оснащен системой, которая «запрашивала» бы координаты ближайшего объекта и по времени между отправкой и получением ответного сигнала определяла бы расстояние МКА до этого объекта, а затем корректировала бы полученные данные о расстоянии.

Недостатком такого решения является тот факт, что орбита опрашиваемого объекта может сместиться таким образом, что расстояние от него до МКА не изменится, но корректировка координат должна уже будет происходить по другому алгоритму. Само собой, это приведет к некорректному расчету координат малого космического аппарата. Кроме того, при использовании этого решения «опрашиваемый объект» должен не только знать свои координаты, но и уметь принимать запрашивающий сигнал от МКА,

и отправлять ответ. Это сильно увеличивает стоимость разработки.

Встроенный приемник GPS/ ГЛОНАСС. МКА в данном случае имеет встроенный приемник. Следует признать большой потенциал навигационных спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС [1] как систем для определения местоположения космических аппаратов. Изначально система GPS на КА применялась в основном в военных проектах США и NASA, но в последнее время вырос процент коммерческих космических проектов, использующих эту технологию.

Недостатком в данном случае выступает факт, что существующие наземные приемники GPS/ГЛОНАСС не в состоянии достаточно адекватно и стабильно работать на высотах орбит МКА (которые в основном расположены на высотах от 200 до 2000 км) и в условиях большой вариации рабочих температур. Также имеющиеся на данный момент наземные навигаторы не могут работать с большими скоростями передвижения объекта, координаты которого они определяют (в данном случае, МКА).

Таким образом, возникает актуальная проблема разработки приемника (аппаратной части и соответствующего программного обеспечения), который бы учитывал как физические условия работы (температура, высота, давление), так и скорость самого МКА, вносящего необходимую поправку в алгоритм определения координат с помощью спутниковой навигации. Современные электронные компоненты позволяют создать приемник на базе готовых решений, адаптировав их к особым условиям работы в космосе.

Был разработан следующий алгоритм работы такого приемника.

1. Найти первый видимый спутник ГЛОНАСС.

2. Получить от него данные.

3. Проверить корректность данных, при необходимости повторить шаги 1-2 по отношению к другому спутнику.

4. Определить наилучшую систему 4-х спутников, участвующих в расчетах координат.

5. Определить точные координаты каждого из них.

6. Определить собственные координаты.

7. Скорректировать собственные координаты (при необходимости).

По схожему алгоритму работают и навигаторы для наземных объектов [6]. Первые два шага решаются аппаратно, остальные же являются программами. Шаг два является как аппаратным, так и программным, т.к. необходимы отдельные алгоритмы, переводящие псевдослучайные последовательности нулей и единиц сигнала в удобные для расчетов значения.

Навигационная система ГЛОНАСС передает координаты спутников в системе координат ПЗ-90.02. Теоретическое определение системы координат ПЗ основывается на следующих положениях [4]:

1) начало системы координат расположено в центре масс Земли;

2) ось Z направлена в Международное условное начало;

3) ось X лежит в плоскости начального астрономического меридиана, установленного Международным бюро времени;

4) ось Y дополняет систему до правой.

Положения точек в системе ПЗ могут быть получены в виде пространственных прямоугольных или геодезических координат.

Каждый навигационный спутник ГЛОНАСС представляет собой центр сферы, радиус которой равен расстоянию от спутника до МКА. Местоположение МКА – это место пересечения 4-х сфер. Необходимы данные, как минимум, от 4-х навигационных спутников: 4-й спутник нужен для синхронизации значения

времени на трех остальных спутниках и на МКА. Таким образом, на основании известных координат навигационных спутников ГЛОНАСС и измеренных расстояний от спутников до МКА можно определить координаты МКА.

Уравнение сферы:

$$\left(x-x_0\right)^2+\left(y-y_0\right)^2+\left(z-z_0\right)^2=r_0^{\,2}, \quad (1)$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты центра сферы, а r – ее радиус.

Таким образом, для того чтобы найти координаты МКА, необходимо решить систему из 4-х уравнений:

$$\begin{cases} \left(x-x_1\right)^2+\left(y-y_1\right)^2+\left(z-z_1\right)^2=r_1^{\,2}, \\ \left(x-x_2\right)^2+\left(y-y_2\right)^2+\left(z-z_2\right)^2=r_2^{\,2}, \\ \left(x-x_3\right)^2+\left(y-y_3\right)^2+\left(z-z_3\right)^2=r_3^{\,2}, \\ \left(x-x_4\right)^2+\left(y-y_4\right)^2+\left(z-z_4\right)^2=r_4^{\,2}. \end{cases} \quad (2)$$

где x, y, z – координаты МКА (в системе ПЗ-90.02); x_1, y_1, z_1 – координаты «первого» спутника; x_2, y_2, z_2 – координаты второго; x_3, y_3, z_3 и x_4, y_4, z_4 – координаты «третьего» и «четвертого» спутников соответственно; r_1, r_2, r_3, r_4 – расстояния от навигационных спутников до МКА.

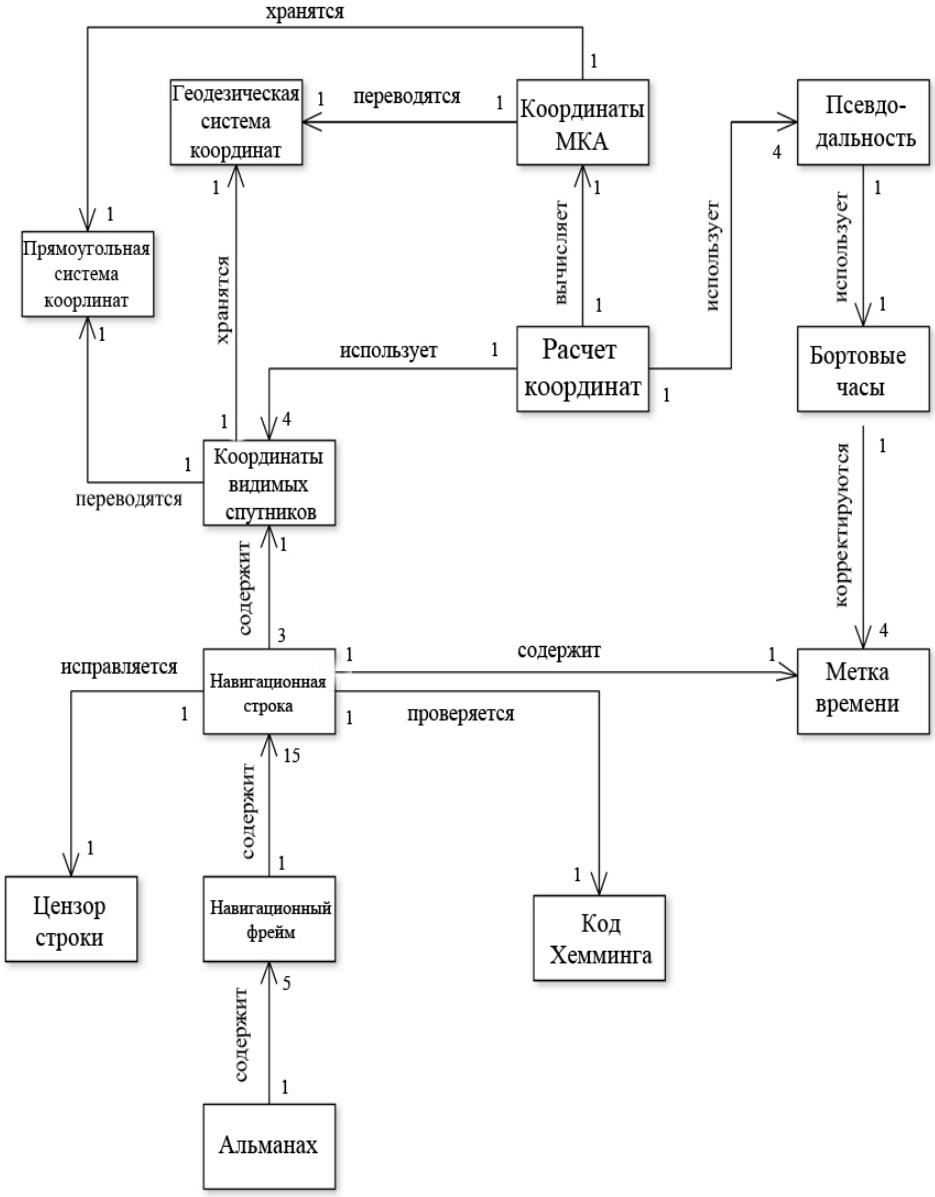


Рис. Концептуальная модель системы определения координат МКА

Решение этих 4-х уравнений, а также подробное действие программного обеспечения для навигатора, определяющего координаты МКА, на всех остальных шагах алгоритма в данной статье приводиться не будут.

Однако, чтобы был понятен общий принцип работы программы, на рисунке приведена концептуальная модель предметной области «Определение координат МКА». Она смоделирована на языке UML [5] – языке графического описания для объектного моделирования в области разработки программного обеспечения.

Цифры в модели показывают число связей между каждым объектом в начале линии с объектом в её конце. Например, в *одних* бортовых часах содержится *четыре* метки времени. *Один* навигационный фрейм содержит *15* навигационных строк. Модель наглядно показывает, как взаимодействуют между собой элементы системы, определяющей координаты МКА.

Определение местоположения МКА – одна из важных задач, на данный момент не имеющая готового решения. Однако модернизация уже имеющих навигаторов, созданных для наземных объектов, не видится такой уж сложной. Непосредственно сам расчет координат и общий принцип работы навигатора довольно прозрачны. Остается лишь создать программу, учитывая специфику работы с большими скоростями, и разработать аппаратную архитектуру, учитывающую специфику работы в космосе

Список литературы

1. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС: Интерфейсный контрольный документ / Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения. М., 2008. 74 с.

2. Гущин В.Н. Основные устройства космических аппаратов. М.: Машиностроение, 2003. 272 с.

3. Блинов В.Н. Малые космические аппараты. Кн. 3. Миниспутники. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. 347 с.

4. ГОСТ Р 51794-2001. Аппаратура радионавигационная глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. М.: Изд-во стандартов, 2001.

5. Ларман К. Применение UML и шаблонов проектирования. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004. 624 с.

6. Зог Ж. М. Основы спутниковой навигации: М.: Изд-во «U-BLOX», 2007.

Получено 30.11.12.

N.M. Artemenko, Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(тел. 89606756222, e-mail: nat91art@mail.ru)

V.A. Pikkiev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(тел. 89513346573, e-mail: ua3wbw@gmail.com)

ON DETERMINATION OF SMALL SATELLITES COORDINATES

The paper considers possible positioning of small spacecraft. An algorithm of the GLONASS receiver that capable of solving this problem is considered. Also there are simple formulas involved in the process of determining the coordinates and conceptual model of the program for a receiver.

***Key words**: small spacecraft positioning, ephemeris, Glonass, satellite.*

УДК 625.08

В.А. Милых, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail milyhva@mail.ru)

О.С. Соколова, магистр, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail:o4l6ga@mail.ru)

Е.Ю. Степкина, магистр, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail:ket1656@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Мониторинг качества ровности поверхности дорожного покрытия, предлагаемый в статье, осуществляется посредством анализа вибровоздействий неровностей при движении транспортного агрегата, оснащенного вибродатчиками, на путем анализа динамики изменения амплитудно временных характеристик вибровоздействий.

***Ключевые слова**: диагностика, прогнозирование, вибровоздействие, мониторинг.*

***

Ровность дорожных покрытий является одной из основных характеристик качества автомобильной дороги. Для определения качества дорожного покрытия используются методы: сканирования поверхности, профилометрический, с применением толчкомеров и измерительных реек и др., решающие задачу локального определения неровностей [1].

В мировой практике контроля ровности автомобильных дорог за последние 10–15 лет для оценки их ровности достаточно широкое распространение находит показатель (индекс) ровности IRI (International Roughness Index). Оценка ровности по IRI получается путем моделирования проезда автомобиля с заданными параметрами подвески со скоростью 80 км/ч по контролируемому участку движения с измерением продольного профиля дороги. Показатель IRI имеет размерность мм/м или м/км. Для того чтобы получить оценку ровности по IRI, необходимо измерить продольный профиль контролируемого участка с шагом не более 0,25 м, а затем вычислить значение IRI [2].

В России для обеспечения задач диагностики автомобильных дорог используется аналогичный метод, основанный на измерении сжатия рессор (пружин) подвески автомобиля или специального прицепного устройства, используемых для контроля ровности при проезде контролируемого участка. Регистрация сжатия рессор осуществляется с помощью измерителя механического или электронного типа, который получил название толчкомер. Суммарное сжатие рессор, полученное на участке длиной 1 км, выражается величиной, имеющей размерность см/км. При проведении измерений скорость транспортного средства должна быть постоянной и равной 50 км/ч.

Методу присущи недостатки, связанные с повторяемостью и сопоставимостью результатов измерений. Эти недостатки обусловлены главным образом техническим состоянием транспортного средства, динамикой изменения параметров его подвески и шин, а также факторами методического характера. Из практики известно [2], что даже новые однотипные установки могут иметь существенный разброс данных (до 25% и более), получаемых при контроле ровности одного и того же участка. Используемые методики измерений не позволяют получить хорошую сходимость результатов при использовании устройств разных типов или однотипных, но установленных на разных автомобилях и находящихся в различном техническом состоянии. Для уменьшения погрешности измерений и сопоставимости получаемых данных в руководстве [2] описан метод калибровки устройства с использованием эталонных

участков. На основании экспериментальных исследований определены калибровочные зависимости по методу трехметровой рейки и международному индексу ровности IRI.

В статье предложен один из возможных методов диагностики и прогнозирования состояния дорожного покрытия на различных этапах эксплуатации. Предлагаемые в статье технологии и их научная новизна заключаются в решении описанных в наших заявках на изобретение [3, 4] задачах.

Первая задача состоит в создании способа диагностики ровности поверхности дорожного покрытия посредством анализа вибровоздействий неровностей дорожного покрытия при движении автомобиля, в котором непрерывно измеряют вибрации при движении посредством вибродатчиков, установленных на неподрессоренной части автомобиля по осям четырех колес; на этапе паспортизации дороги, перед вводом в эксплуатацию, создают эталонную базу параметров ровности дорожного покрытия, для чего осуществляется непрерывная запись амплитуд вибровоздействий неровностей дорожного покрытия с привязкой по месту измерений спутниковой системой позиционирования; данные измерений записывают на жесткий диск компьютера; в процессе эксплуатации дороги осуществляют диагностику состояния дорожного покрытия, записывая амплитуды вибровоздействий неровностей дорожного покрытия также с привязкой по месту измерений спутниковой системой позиционирования; данные измерений амплитуд вибровоздействий контрольной записи сравнивают с соответствующими элементами измерений амплитуд вибровоздействий, имеющимися в эталонной базе параметров ровности дорожного покрытия, на одноименных точках трассы, причем корректируют измеренные амплитуды вибровоздействия контрольной записи с учетом сравнения значения скорости движения при эталонной записи со скоростью движения при контрольной записи, соответственно пропорционально увеличивая амплитуду, если скорость прохождения места дефекта при контрольной записи была меньше скорости прохождения при эталонной записи, и соответственно пропорционально уменьшая амплитуду, если скорость прохождения места дефекта при контрольной записи была больше скорости прохождения при эталонной записи; по величине нарастающей разности значений амплитуд вибровоздействий эталонной записи измерений и контрольной записи измерений принимают решение о продолжении эксплуатации дороги, или о ремонте дорожного покрытия, или ограничении скорости движения на проблемных участках дороги.

Вторая задача состоит в создании способа прогнозирования срока эксплуатации дорожного покрытия, в котором на этапе эксплуатации трассы периодически через определенные промежутки времени осуществляют контрольные записи параметров ровности дорожного покрытия, для чего осуществляется непрерывная запись амплитуд вибровоздействий неровностей дорожного покрытия с привязкой по месту измерений спутниковой системой позиционирования с помощью вибродатчиков, установленных на неподрессоренной части автомобиля по осям четырех колес; проводят анализ динамики изменения амплитуд вибровоздействий во времени, сравнивая амплитуды вибровоздействий в одноименных точках трассы с максимальными значениями амплитуд, соответствующих местам с дефектами дорожного покрытия, причем корректируют измеренные амплитуды вибровоздействия контрольной записи с учетом сравнения значения скорости движения при первой записи со скоростью движения при контрольной записи, соответственно пропорционально увеличивая амплитуду, если скорость прохож-

дения места дефекта при контрольной записи была меньше скорости прохождения при первой записи, и соответственно пропорционально уменьшая амплитуду, если скорость прохождения места дефекта при контрольной записи была больше скорости прохождения при первой записи, для этих вышеуказанных точек формируют массив значений амплитуд вибровоздействий (временные ряды), в качестве которых выступают значения амплитуд вибровоздействий, приведенные к скорости первой записи в соответствующие периоды времени; создают модель прогнозирования срока эксплуатации дорожного покрытия, включающую в качестве независимых переменных значения амплитудных значений вибровоздействий, измеренные по результатам контрольных измерений, проведенные через определенные промежутки времени с начала эксплуатации, а в качестве зависимой, прогнозируемой переменной принимают рассчитанное значение амплитуды вибровоздействия в прогнозируемый период времени, в частности, в качестве модели прогнозирования могут быть использованы регрессионные модели; по принятой регрессионной модели оценивают срок эксплуатации, при котором прогнозируемая величина амплитуды вибровоздействия превысит допустимое значение.

На основании приведенного анализа существующей проблемы диагностики и прогнозирования ровности дорожного покрытия можно сделать следующие выводы:

– традиционные методы определения ровности дорожного покрытия не в полной мере отражают действительное состояние дорожного покрытия;

– предлагаемая методология, основанная на результатах исследования вибровоздействия дорожного покрытия, может давать сведения, как о ровности дорожного покрытия, так и данные для прогнозирования срока эксплуатации;

– использование цифровых информационных технологий геодезического обеспечения и спутниковой навигации позволяет обеспечить необходимую точность, существенно снижает трудоемкость и повышает производительность полевых работ;

– предлагаемые способы диагностики и прогнозирования ровности дорожного покрытия представляют интерес для оценки качества строительства и эксплуатационного состояния дорог, дают достаточно информации для определения соответствия дорожного покрытия категории дороги, требуемому скоростному режиму и уровню содержания.

Список литературы

1. ГОСТ 30412-96. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытий. Введен 1.01.1997 г. постановлением Минстроя России от 5 августа 1996 № 18. М., 1997.

2. Руководство по оценке ровности дорожных покрытий / Министерство транспорта РФ; Государственная служба дорожного хозяйства. Введено в действие распоряжением Росавтодора от 17 июля 2002 г. М., 2002.

3. Заявка на изобретение, E01C 23/07. Способ диагностики ровности дорожного покрытия / Милых В.А., Соколова О.С., Степкина Е.Ю. № 2012138844 от 10.09.2012.

4. Заявка на изобретание, E01C 23/07. Способ прогнозирования срока эксплуатации дорожного покрытия / Лапина Т.И., Соколова О.С., Степкина Е.Ю. № 2012144044 от 16.10.2012.

Получено 30.11.12.

V.A. Milyh, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: milyhva@mail.ru)

O.S. Sokolova, Magister, Southwest State University (Kursk) (e-mail: o4l6ga@mail.ru)

E.Y. Stepkina, Magister, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ket1656@mail.ru)

INFORMATION SUPPORT OF MONITORING OF QUALITY OF A PAVING

Methods of diagnostics and forecasting of a condition of a paving at various operational phases are considered. Diagnostics of flatness of a surface of a paving is carried out according to the analysis of vibro influence of roughnesses of a paving at the carequipped by vibro sensor.

***Key words**: diagnosis, prognosis, vibrovozdejstvie, monitoring.*

УДК 004.274

А.В. Малышев, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: alta76@yandex.ru, тел.: (4712) 58-71-22)

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБМЕНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МУЛЬТИПРОЦЕССОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ О ТЕКУЩЕМ СОСТОЯНИИ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

В данной работе предложен алгоритм отказоустойчивой маршрутизации, использующий на этапе определения направлений передачи сообщений от источника к приёмнику предварительно собранную информацию об отказах в мультипроцессорной решётке, обеспечивая тем самым исключение ситуаций зацикливания и позволяя минимизировать длины маршрутов.

***Ключевые слова:** мультипроцессор, маршрутизация, отказоустойчивость.*

***

Известные подходы к отказоустойчивой передаче сообщений в однородных сетях с отказами основаны на обработке глобальных и локальных данных об отказах, что позволяет обходить отказавшие области при поиске абонента [1]. При этом время поиска абонента в данном случае во многом определяется способом формирования и обработки текущей информации об отказавших узлах, к минимизации временных и аппаратных затрат на который надо стремиться [2].

Автором был предложен метод распределённого формирования глобальной отказовой информации, который для текущего узла (ij) можно описать следующим правилом:

$$R_{ij} = \overline{A}_{ij} \vee R_{ij},$$

где $A_{ij} = R_{1j},...,R_{ij},...,R_{nj}$ – отказовые данные столбца;

$R_{ij} = (R_{i1},...,R_{ij},...,R_{im})$ – отказовые данные строки;

$$R_{ij} = \begin{cases} 0, \text{если узел } (ij) \text{ отказал;} \\ 1, \text{если иначе.} \end{cases}$$

Этап сбора информации о положении отказов в системе делится, таким образом, на два шага.

1. В каждом узле решётки формируется сообщение с полем данных, в разрядах которого записаны нули, после чего данное сообщение посылается вправо по строке самому себе. При этом каждый работоспособный узел решётки выставляет единицу в соответствующем ему разряде поля данных и посылает сообщение далее, а за счёт транзитной передачи сообщения через отказавшие элементы в соответствующих уже им разрядах остаются нули. По достижении же сообщением исходного узла поле данных переписывается в его регистр достижимости (рис. 1).

2. На втором шаге в каждом работоспособном узле формируется сообщение, в поле данных которого записывается регистр достижимости данного узла, после чего сформированное сообщение посылается по столбцу вниз. При этом на каждом шаге передачи вычисляется дизъюнкция содержимого поля данных сообщения и регистра достижимости текуще-

го элемента, а её результат записывается в поле данных сообщения. По достижении же источника поле данных сообщения инвертируется, вычисляется дизъюнкция его нового значения и регистра достижимости этого источника, после чего полученный результат записывается в его регистр достижимости (рис. 2).

Необходимо отметить, что второй шаг сбора информации о положении отказов необходим для предотвращения ситуации, когда в одном столбце откажут все элементы, потому как в таком случае передача сообщения вправо по решётке станет невозможна. В нашем же случае в соответствующем разряде регистра достижимости будет записана единица, соответственно, в процессе передачи сообщения произойдёт его принудительный переход в следующий столбец (рис. 3).

На основе вышеприведенных утверждений был разработан соответствующий алгоритм маршрутизации, обеспечивающий сокращение длины маршрутов за счёт устранения отклонений от минимального пути при обходе отказавших узлов решётки. Рассмотрим пример его функционирования в среде с отказами (рис. 4).

В данном случае сообщение должно быть передано от модуля-источника (1,2) в модуль-приемник с логическим адресом (4, 5). На первом этапе сообщение сначала передаётся по вертикали в модуль (2,2), т.к. в 5-м разряде регистра достижимости источника содержится нулевое значение, что означает отказ элемента с физическим адресом, равным (1,5). Однако сообщение проскакивает модуль (2,2) и поступает сразу в (3,2), так как модуль (2,2) отказавший.

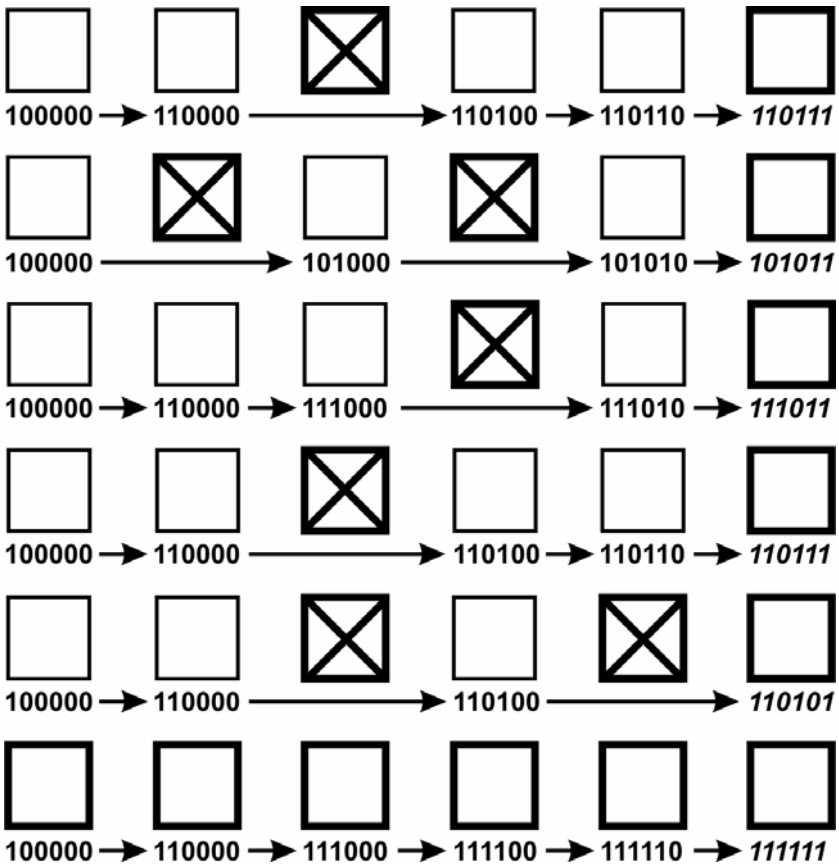


Рис. 1. Пример первого этапа сбора информации

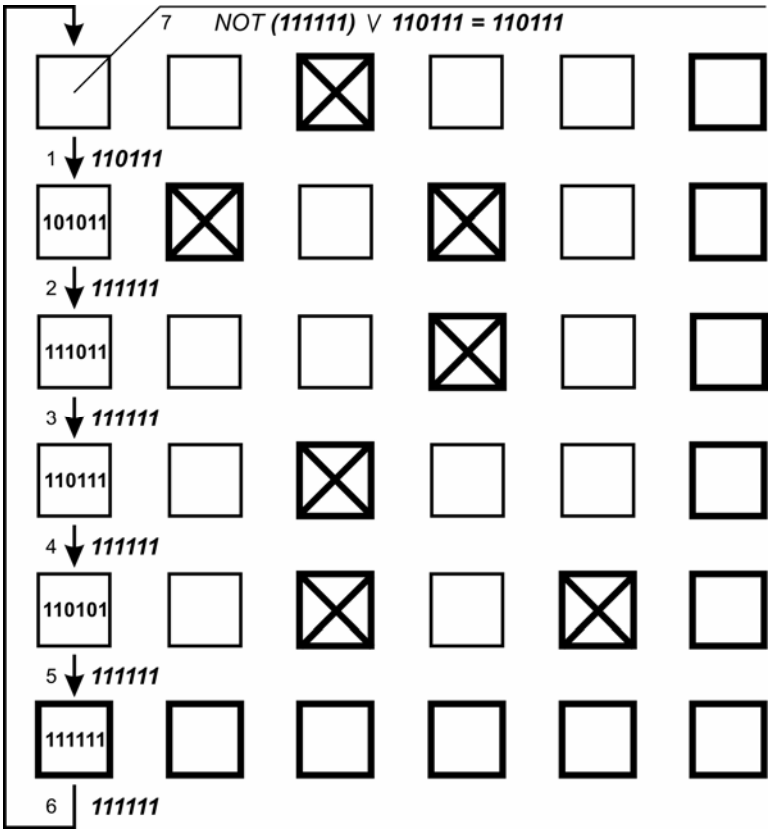


Рис. 2. Пример второго этапа сбора информации

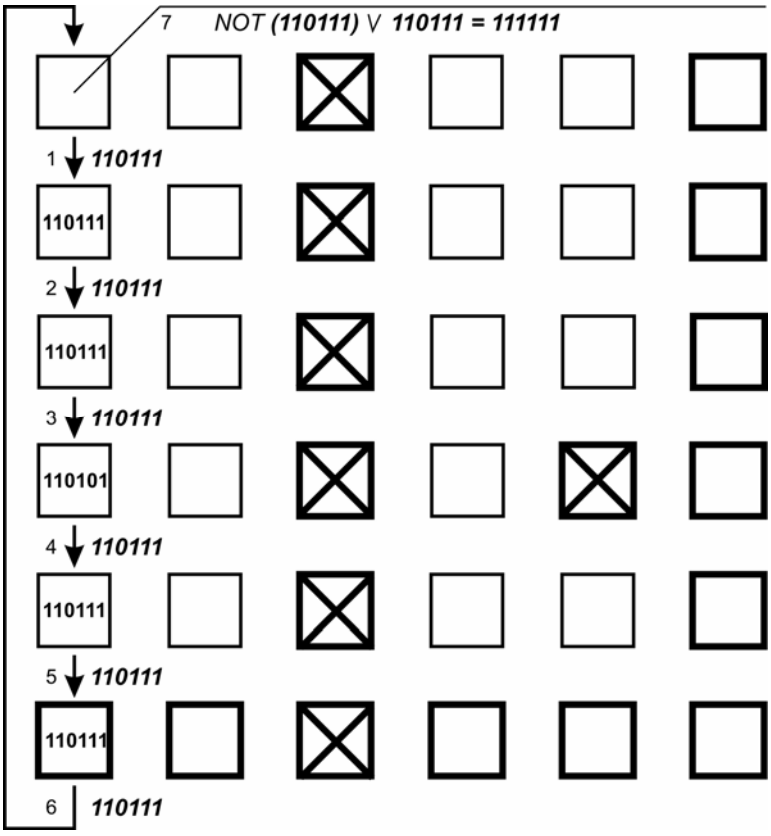


Рис. 3. Заполнение регистров достижимости при отказе столбца

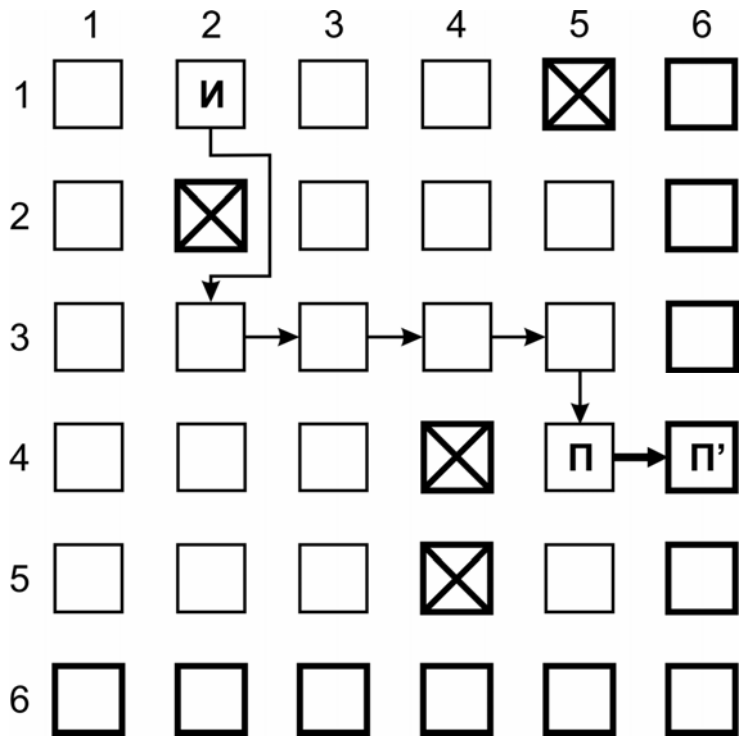


Рис. 4. Пример функционирования алгоритма маршрутизации с использованием регистров достижимости

В модуле (3,2) направление передачи сообщения меняется, т.к. 5-й разряд регистра достижимости текущего элемента содержит единицу, т.е. в данной строке пятого столбца находится работоспособный модуль, который можно считать «точкой входа» в столбец приёмника. Сообщение затем последовательно проходит модули (3,3), (3,4), (3,5) и попадает в столбец, где предположительно находится модуль-приёмник. Далее передача сообщения осуществляется по вертикали вниз до выполнения условия совпадения адресов. Так как в результате реконфигурации произошло смещение программного модуля, то на втором этапе маршрутизации (он отмечен жирной стрелкой) происходит его поиск по кольцу соседних элементов.

1. Designing Network On-Chip Architectures in the Nanoscale Era / by Jose Flich. London: CRC Press, 2010. 528 p.

2. Малышев А.В., Старков Ф.А. Адаптивная коммутационная среда матричного мультиконтроллера // Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий ISDMIT-2007: сб. докл. Междунар. науч. конф. (14–18 мая 2007 г.). Евпатория, 2007. С. 180–181.

Получено 10.12.12.

A.V. Malyshev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: alta76@yandex.ru, tel.: (4712) 58-71-22)

THE ORGANIZATION OF EXCHANGE INTERACTIONS IN MULTIPROCESSORS USING DATA ABOUT THE CURRENT STATE OF ITS ELEMENTS

This paper presents a fault-tolerant routing algorithm that uses the identification of areas of communication from the source to the receiver previously collected information about failures in a multiprocessor grid, thereby eliminate situations cycling and will help minimize the length of the routes.

Key words: *multiprocessor, routing, fault-tolerance.*

УДК 004.272.3

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

Р.В. Бредихин, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: pycek@list.ru)

Л.А. Лисицын, канд. техн. наук, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: leo_263@mail.ru)

Ньян Лин, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: nyanlin@mail.ru)

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВСТРОЕННОГО АППАРАТНОГО МЕЖМОДУЛЬНОГО ВЗАИМОКОНТРОЛЯ В МАТРИЧНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ МУЛЬТИКОНТРОЛЛЕРАХ

Сформулированы принципы организации встроенного аппаратного контроля матричных логических мультиконтроллеров с целью оперативного выявления отказавших модулей на основе периодической взаимной проверки модулей физическими соседями и формирования решения об отказе с использованием мажоритарной операции.

Ключевые слова: *матричные логические мультиконтроллеры, надежность, отказоустойчивость, аппаратный контроль, взаимоконтроль, мажоритарная операция.*

***

Логические мультиконтроллеры (ЛМК) являются перспективным базисом для построения систем логического управления сложными объектами. Сочетание в архитектуре ЛМК таких свойств, как параллельность, конструктивная однородность, децентрализованность и распределенность, создает необходимые условия для эффективной реализации комплексных управляющих алгоритмов теоретически неограниченной сложности [1].

Стремительное увеличение сложности современных ЛМК и выполняемых ими управляющих алгоритмов, а также переход к СБИС-реализации выдвигают на передний план проблему повышения надежности мультиконтроллеров. В ЛМК, содержащем сотни и тысячи модулей, высока вероятность появления локальных отказов (в модулях и каналах связи), возможно также наличие технологических дефектов. Отказы и дефекты отдельных управляющих устройств и микропроцессорных систем в настоящее время не являются серьезной проблемой, так как уже разработаны и широко известны методы и алгоритмы их контроля, диагностики, коррекции ошибок, повышения надежности за счет введения различных видов избыточности и т.д. [2–5]. Однако применительно к структурам, подобным ЛМК, эта проблема далека от решения. В частности, пока остается не решенной задача оперативной локализации дефектных модулей. Известные подходы к ее решению базируются на использовании внешних средств оперативного контроля, которые имеют высокую структурную сложность и фактически становятся дополнительным источником ненадежности мультиконтроллера [6–8]. Отсутствие оперативных данных о распределении отказов и дефектов в ЛМК делает практически невозможным эффективное использование имеющихся методов и средств реконфигурации логической структуры ЛМК и отказоустойчивого управления передачей данных и координирующих сигналов. Таким образом, возникает проблемная ситуация, связанная с отсутствием научных подходов к организации контроля ЛМК, позволяющих оперативно получать данные о текущем распределении отказовых неоднородностей в физической структуре мультиконтроллера и учитывать их в процессе реконфигурации структуры и передачи данных между работоспособными модулями.

В данной статье формулируются новые принципы организации аппаратного контроля логических мультиконтролле-

ров без использования внешних контролирующих средств, позволяющие оперативно выявлять отказавшие модули с целью их дальнейшего логического исключения из структуры ЛМК.

Идея аппаратного межмодульного взаимоконтроля мультиконтроллеров

Одним из подходов к точному определению источника ненадежности в ЛМК является распределенный аппаратный межмодульный взаимоконтроль [9]. Его сущность заключается в схемном контроле коммуникационных средств каждого модуля (контроллера) его соседями в топологической структуре мультиконтроллера. Множество «контролирующих соседей» каждого модуля зависит от топологии ЛМК, и его выбор в общем случае не является тривиальным. Мощность этого множества должна быть не менее 3 и принимать только нечетные значения. Окончательный результат контроля формируется путем применения мажоритарной операции к значениям (признакам), полученным всеми контролирующими соседями. При такой организации контроля каждый модуль одновременно проверяет работоспособность нескольких своих физических соседей. С другой стороны, каждый модуль контролируется сразу несколькими соседними модулями. Процесс взаимоконтроля модулей протекает параллельно во времени, при этом сигнал о переходе коммуникационных средств модуля в неработоспособное состояние одновременно передается всем его физическим соседям, что позволяет оперативно ввести запрет на передачу данных или координирующих сигналов через отказавший модуль.

Основным преимуществом взаимоконтроля перед другими способами локализации отказов и дефектов в матричном ЛМК является сохранение его конструктивной однородности, распределенности и децентрализованности. В результате обеспечивается масштабируемость мультиконтроллера при добавлении новых модулей. Механизм взаимоконтроля позволяет косвенно проверять работоспособность самих схем контроля. Если, например, одна из схем выдает ошибочные результаты, то контролируемый модуль не будет ошибочно признан дефектным, поскольку результирующий сигнал об отказе формируется мажоритарной операцией по большинству совпадений на множестве контролирующих соседей. Еще одно преимущество заключается в отсутствие необходимости обмена признаками состояния контролируемых модулей через коммуникационную среду, что положительно сказывается на ее пропускной способности, а следовательно, и на производительности мультиконтроллера.

Правила определения множеств контролируемых и контролирующих соседей

Одной из ключевых задач при организации межмодульного взаимоконтроля в ЛМК является рациональный выбор для каждого модуля множеств контролируемых и контролирующих соседей.

Определим правила формирования указанных множеств для случая двумерной матричной топологии. Пусть $U = \{u_{xy}\}$ – множество модулей мультиконтроллера, где x и y – координаты (индексы) модуля в матрице соответственно по горизонтали и вертикали, отсчитываемые от ее левого нижнего угла, $x = \overline{0, n-1}$, $y = \overline{0, m-1}$, m и n – число строк и столбцов матрицы, соответственно. Обозначим через C_{xy} и K_{xy} множества соответственно контролируемых и контролирующих соседей модуля u_{xy}. Тогда для произвольных $x \in \{0,1,\ldots,n-1\}$, $y = \{0,1,\ldots,m-1\}$ можно записать следующие правила:

$$C_{xy}=\begin{cases}\{u_{0y},u_{x0},u_{00}\} \\ \quad \text{при } (x=n-1)\wedge(y=m-1); \\ \{u_{0y},u_{0(y+1)},u_{x(y+1)}\} \\ \quad \text{при } (x=n-1)\wedge(y<m-1); \\ \{u_{(x+1)y},u_{(x+1)0},u_{x0}\} \\ \quad \text{при } (x<n-1)\wedge(y=m-1); \\ \{u_{(x+1)y},u_{(x+1)(y+1)},u_{x(y+1)}\} \text{ иначе,}\end{cases} \quad (1)$$

$$K_{xy}=\begin{cases}\{u_{x(m-1)},u_{(n-1)(m-1)},u_{(n-1)y}\} \\ \quad \text{при } (x=0)\wedge(y=0); \\ \{u_{x(m-1)},u_{(x-1)(m-1)},u_{(x-1)y}\} \\ \quad \text{при } (x>0)\wedge(y=0); \\ \{u_{x(y-1)},u_{(n-1)(y-1)},u_{(n-1)y}\} \\ \quad \text{при } (x=0)\wedge(y>0); \\ \{u_{x(y-1)},u_{(x-1)(y-1)},u_{(x-1)y}\} \text{ иначе.}\end{cases} \quad (2)$$

Учитывая очевидные соотношения между координатами модулей, расположенных в крайних строках и столбцах матрицы, правила (1) и (2) можно преобразовать в более компактную форму записи:

$$C_{xy}= \\ =\{u_{(x+1)\bmod n,y},u_{(x+1)\bmod n,(y+1)\bmod m},u_{x,(y+1)\bmod m}\} \quad (3)$$

$$K_{xy}=\left\{\begin{matrix}u_{x,(y+(1-\mathrm{sign}(y))m-1)}, \\ u_{(x+(1-\mathrm{sign}(x))n-1),(y+(1-\mathrm{sign}(y))m-1)}, \\ u_{(x+(1-\mathrm{sign}(x))n-1),y}\end{matrix}\right\}. \quad (4)$$

Рисунки 1 и 2 иллюстрируют правила формирования множеств C_{xy} и K_{xy}, определяемые формулами (3) и (4) соответственно.

На рисунках 1 и 2 отдельные модули ЛМК изображены в виде квадратов (связи между ними для упрощения не показаны), множества C_{xy} и K_{xy} выделены жирными линиями и показаны штриховкой, сплошной заливкой выделены модули, для которых формируются множества контролируемых и контролирующих соседей.

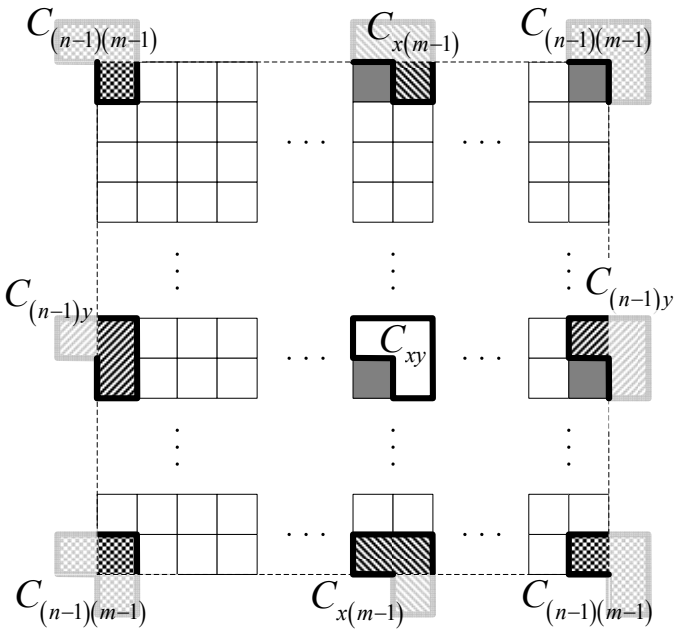


Рис. 1. Иллюстрация правила формирования множества контролируемых соседей C_{xy} в двумерной матрице

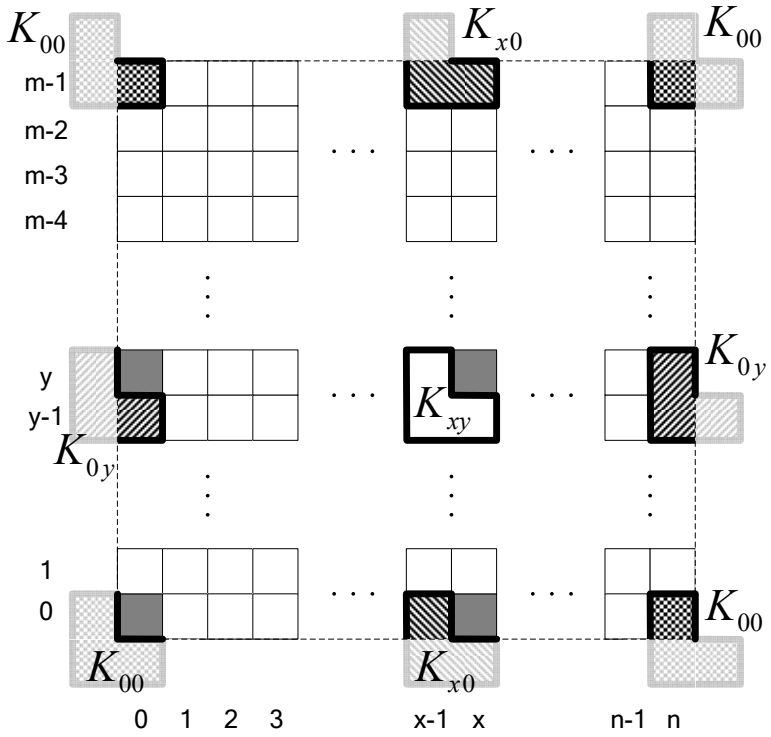


Рис. 2. Иллюстрация правила формирования множества контролирующих соседей K_{xy} в двумерной матрице

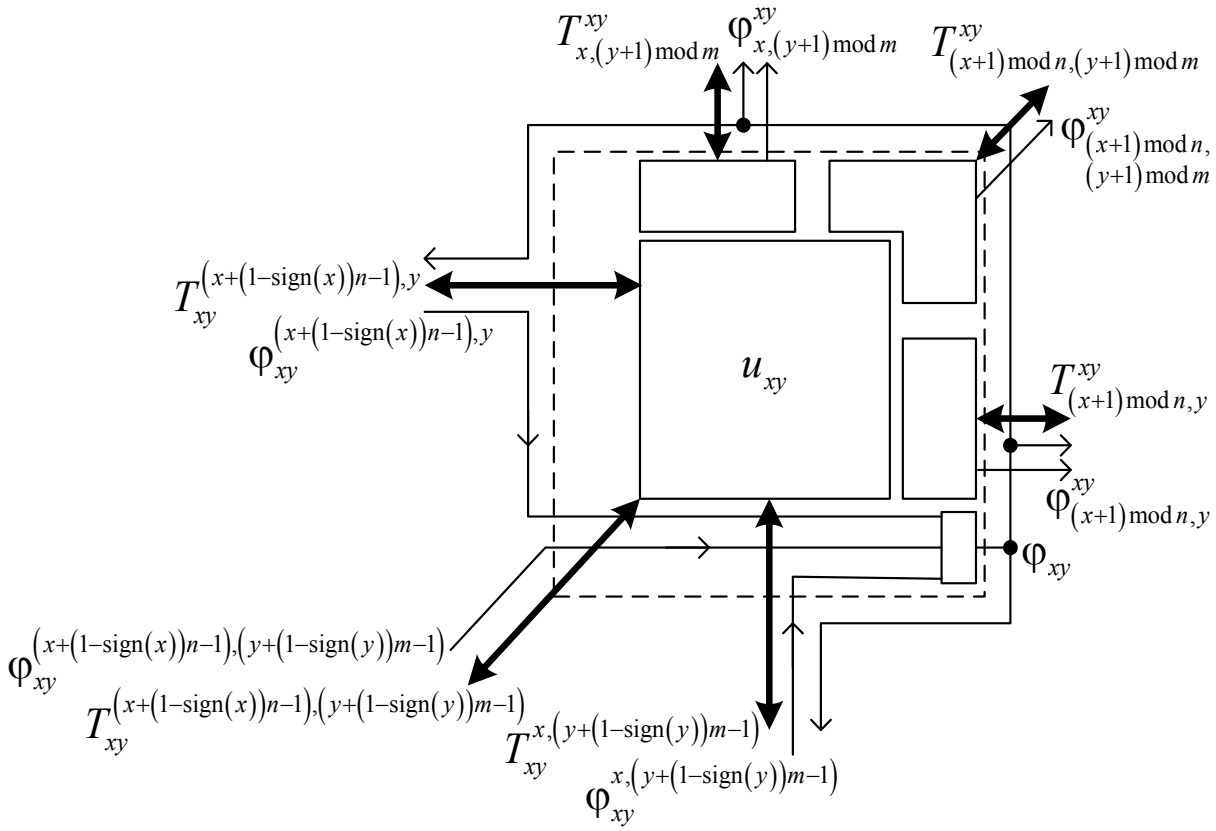


Рис. 3. Конфигурация межмодульных связей для реализации взаимоконтроля в двумерной матрице

Правила (3) и (4) легко обобщаются на матричные топологии более высокой размерности. Например, для трехмерной матрицы они будут иметь следующий вид:

$$C_{xyz} = \left\{ \begin{array}{l} u_{(x+1)\bmod n,y,z},\ u_{x,(y+1)\bmod m,z}, \\ u_{x,y,(z+1)\bmod p},\ u_{(x+1)\bmod n,(y+1)\bmod m,z}, \\ u_{(x+1)\bmod n,y,(z+1)\bmod p}, \\ u_{x,(y+1)\bmod m,(z+1)\bmod p}, \\ u_{(x+1)\bmod n,(y+1)\bmod m,(z+1)\bmod p} \end{array} \right\}, \quad (5)$$

$$K_{xyz} = \left\{ \begin{array}{l} u_{(x+(1-\mathrm{sign}(x))n-1),y,z},\ u_{x,(y+(1-\mathrm{sign}(y))m-1),z}, \\ u_{x,y,(z+(1-\mathrm{sign}(z))p-1)}, \\ u_{(x+(1-\mathrm{sign}(x))n-1),(y+(1-\mathrm{sign}(y))m-1),z}, \\ u_{(x+(1-\mathrm{sign}(x))n-1),y,(z+(1-\mathrm{sign}(z))p-1)}, \\ u_{x,(y+(1-\mathrm{sign}(y))m-1),(z+(1-\mathrm{sign}(z))p-1)}, \\ u_{(x+(1-\mathrm{sign}(x))n-1),(y+(1-\mathrm{sign}(y))m-1),(z+(1-\mathrm{sign}(z))p-1)} \end{array} \right\}, \quad (6)$$

где m, n, p – размерность матрицы в измерениях X, Y и Z соответственно.

Аналогичным образом можно записать выражения для формирования множеств контролируемых и контролирующих соседей в случае d-мерной матрицы ($C_{x_1x_2\ldots x_d}$ и $K_{x_1x_2\ldots x_d}$). При этом необходимо учесть количество простых (типа x, y, z) и сложных (наподобие $(x+1)\bmod n$, $(x+(1-\mathrm{sign}(x))n-1)$) индексов и их возможные сочетания в нумерации модулей. Несложно показать, что

$$\left|C_{x_1x_2\ldots x_d}\right| = \left|K_{x_1x_2\ldots x_d}\right| = d(d-1)+1, \quad (7)$$

$$\left|K_{x_1x_2\ldots x_d}\right| = 1(\bmod 2)$$

Таким образом, число контролирующих соседей у каждого модуля нечетно, что позволяет формировать результирующий сигнал об отказе модуля мажоритарной операцией над сигналами от контролирующих модулей независимо от размерности матрицы. В двумерной матрице число контролирующих соседей минимально: $\left|K_{xy}\right| = 3$. В трехмерной матрице $\left|K_{xyz}\right| = 7$.

Определение межмодульных связей для организации взаимоконтроля

Определение множества связей для реализации межмодульного взаимоконтроля осуществляется с учетом правил (3)–(6). Каждый модуль $u_{x_1x_2\ldots x_d}$ должен иметь $\left|C_{x_1x_2\ldots x_d}\right|$ двунаправленных связей для передачи команд тестирования контролируемым соседям и получения результатов, $\left|K_{x_1x_2\ldots x_d}\right|$ двунаправленных связей для приема аналогичных команд от контролирующих соседей и передачи им результатов, $\left|K_{x_1x_2\ldots x_d}\right|$ входных связей для приема признаков работоспособности от контролирующих соседей и $2d$ выходных связей для передачи обобщенного признака работоспособности данного модуля всем соседним модулям.

На рис. 3 представлена конфигурация указанных связей для двумерного матричного мультиконтроллера (для матриц более высокой размерности связи определяются аналогично).

На рис. 3 через $T_{x'y'}^{xy}$ условно обозначены потоки команд тестирования и результатов, передаваемые между модулями u_{xy} и $u_{x'y'}$ (u_{xy} в данном случае является контролирующим, а $u_{x'y'}$ – контролируемым); $\varphi_{x'y'}^{xy}$ – признак работоспособности модуля $u_{x'y'}$, формируемый модулем u_{xy}; φ_{xy} – обобщенный признак работоспособности модуля u_{xy}; БКС – блок контроля соседей, обеспечивающий выдачу команд тестирования, анализ результатов и формирование признаков $\varphi_{x'y'}^{xy}$.

Значения признаков $\varphi_{x'y'}^{xy}$ и φ_{xy} определяются следующим образом: $\varphi_{x'y'}^{xy} = 1$, если модуль u_{xy} «считает» модуль $u_{x'y'}$ работоспособным, и $\varphi_{x'y'}^{xy} = 0$ иначе;

$$\varphi_{xy} = \#\begin{pmatrix} \varphi_{xy}^{\left(x+\left(1-\mathrm{sign}(x)\right)n-1\right),y}, \\ \varphi_{xy}^{\left(x+\left(1-\mathrm{sign}(x)\right)n-1\right),\left(y+\left(1-\mathrm{sign}(y)\right)m-1\right)}, \\ \varphi_{xy}^{x,\left(y+\left(1-\mathrm{sign}(y)\right)m-1\right)}, \end{pmatrix}$$

где # – символ мажоритарной операции; при $\varphi_{xy} = 1$ модуль u_{xy} рассматривается как работоспособный, а при $\varphi_{xy} = 0$ как отказавший.

Заключение

Сформулированные принципы организации встроенного аппаратного взаимоконтроля обеспечивают возможность оперативного выявления отказавших модулей в матричных ЛМК произвольной размерности. Это позволяет реализовать динамическую реконфигурацию мультиконтроллера с последующим восстановлением его работоспособности без существенных затрат времени на выполнение контролирующих и ремонтных процедур. В то же время широкий круг вопросов организации взаимоконтроля в ЛМК пока остается нерешенным. В частности, не до конца ясны алгоритмы контроля соседних модулей. Кроме того, необходимо создание метода определения множества контрольных точек в алгоритмах логического управления, позволяющего минимизировать вклад контролирующих процедур в общее время выполнения управляющего алгоритма. Наконец, требуется разработка структурных и функциональных схем контролирующих блоков.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-2218.2011.8.

Список литературы

1. Емельянов С.Г., Зотов И.В., Титов В.С. Архитектура параллельных логических мультиконтроллеров. М.: Высш. шк., 2009. 233 с.

2. Дианов В.Н. Диагностика и надежность автоматических систем. М.: Изд-во МГИУ, 2005. 160 с.

3. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. СПб.: Питер, 2005. 478 с.

4. Иыуду К.А., Кривощеков С.А. Математические модели отказоустойчивых вычислительных систем. М.: Изд-во МАИ, 1989. 144 с.

5. Кун С. Матричные процессоры на СБИС / пер. с англ. Ю.Г. Дадаева [и др.]; под ред. Ю.Г. Дадаева. М.: Мир, 1991. 672 с.

6. Лаходынова Н.В., Воробьев В.А., Еремина Н.Л. Отказоустойчивость однородных процессорных матриц. Томск: Изд-во Томск. архит.-строит. ун-та, 2002. 153 с.

7. Колоскова Г.П. Модели и алгоритмы реконфигурации многопроцессорных систем / Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2004. 257 с.

8. Takanami I. Built-in self-reconfiguring systems for fault tolerant mesh-connected processor arrays by direct spare replacement // Proc. IEEE Intl Symp. Defect and Fault Tolerance in VLSI Systems, 24-26 Oct. 2001. IEEE, 2001. P. 134–142.

9. Зайцев А.Н., Макаров Д.И., Зотов И.В. Об организации распределенного взаимоконтроля модулей в отказоустойчивых логических мультимикроконтроллерах // Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы «Диагностика – 2009». Ч. 1. Курск, 2009. С. 77–79.

Получено 11.12.2012.

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

R.V. Bredikhin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)

L.A. Lisitsin, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: leo_263@mail.ru)

Nyan Lin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: nyanlin@mail.ru)

THE ORGANIZATION OF BUILT-IN HARDWARE-LEVEL MUTUAL SELF-TEST IN MESH-CONNECTED LOGICAL MULTICONTROLLERS

The organizational principals of built-in hardware-level self-test in mesh-connected logical multicontrollers are formulated making it possible to efficiently detect faulty units based on recurring mutual physical neighbor test actions and making faulty/non-faulty decisions using the majority operator.

Key words: *mesh-connected logical multicontrollers, reliability, fault tolerance, hardware-level test, mutual test, majority operator.*

УДК 621:658.512

В.Н. Николаев, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: nikovic54@yandex.ru)

МЕТОД И УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ ВИДА «КЛИЕНТ-СЕРВЕР»

Выполнены исследования по влиянию состава и структуры вида «клиент-сервер» на эффективность управления. Разработан метод, алгоритм и устройство управления ресурсами информационно-вычислительной системы.

Ключевые слова: *вычислительная система вида «клиент-сервер», метод, алгоритм, устройство управления информационно-вычислительными ресурсами.*

***

Введение

Повсеместное использование информационно-вычислительных технологий вида «клиент-сервер» в науке, промышленности и экономике показало их высокую эффективность при создании наукоемкой продукции. В современных условиях важным является разработка методов и программно-технических средств управления вычислительными ресурсами данного вида [1-2].

Теоретическая часть

Известны математические модели и методы управления распределенными вычислительными структурами с организацией коллективного доступа [1-2]. При этом наиболее целесообразным является использование ранее разработанных моделей, описывающих процессы функционирования таких систем, и критерия эффективности вида «производительность – затраты» [3-5]:

$$П = \frac{B}{H}, \qquad (1)$$

где B – производительность системы «клиент-сервер»;

H – затратно-ресурсная функция, определяемая как [6–7]

$$H = N\left(C_{КТС}^{(1)} + n_{Э}^{(1)} C_{Э}^{(1)}\right) + L\left(C_{КТС}^{(2)} + n_{Э}^{(2)} C_{Э}^{(2)}\right) + \\ + M\left(C_{КТС}^{(3)} + n_{Э}^{(3)} C_{Э}^{(3)}\right) + \sum_{\gamma=1}^{3} C_{ПО}^{(\gamma)}. \qquad (2)$$

Преобразуем выражение (2) путем его нормирования и введения коэффициента $\psi^{(\gamma 2)} = c_3^{(\gamma)} / c_3^{(2)}$, отражающего отношение затрат элементов каждого уровня построения системы, приведенных к стоимости типового АРМ:

$$H = \left(N\psi^{(1,2)} + L + M\psi^{(32)} + \psi^{(ПО)}\right) / C_3^{(2)}; \qquad (3)$$

где $C_3^{(\gamma)} = \left(C_{КТС}^{(\gamma)} + n_{Э}^{(\gamma)} C_{Э}^{(\gamma)}\right)$;

$\psi^{(ПО)}$ – коэффициент, характеризующий отношение затрат на разработку программных и информационных продуктов к затратам $C_3^{(2)}$.

Полученные функции позволяют выполнять оценку и управлять следующими видами информационно-вычислительных ресурсов: B – производительностью системы клиент-сервер; количеством и стоимостью L-серверов, N – АРМ и количеством операторов, M – числом, стоимостью и видами внешних устройств.

С целью выявления закономерностей влияния частных показателей на функцию управления (1) и использования в дальнейшем полученных результатов для создания метода и алгоритма управления выполнено исследование двухуровневой вычислительной структуры вида «клиент-сервер» [7].

На основе результатов исследований опишем метод оценки и управления информационно-вычислительных ресурсов вида «клиент-сервер». Предлагаемый метод и алгоритм основываются на следующей целенаправленной совокупности действий.

Шаг 1. Описание объекта: определение $i = 1(1)\ I$ совокупности типов задач $j = 1(1)\ J$, решаемых сервером; определение маршрутов процессов автоматизированной обработки; формирование требований к качеству решений; оценка уровней сложности исходной информации.

Шаг 2. Определение на основе комплекса планируемых мероприятий, выполняемых в заданный период времени, требований к затратам для каждого типа информационного проекта на конкретном этапе обработки.

Шаг 3. Моделирование и оценка на основе имитационной модели параметров внешней среды: определение удельного веса π_i информационных задач каждого типа в потоке; оценка распределений π_i (k); определение прогнозных значений интенсивностей потоков транзакций Λ_i, Λ.

Шаг 4. Анализ существующих и перспективных компонент программно-технического и информационно-интеллектуального обеспечений в выбранной предметной области. Выявление возможностей, состава и характеристик базовых компонент подсистем вычислительной системы.

Шаг 5. Формирование системы ограничений по: числу базовых компонент; номенклатуре и количеству элементов автоматизированной системы на каждом иерархическом уровне; уровню затрат.

Шаг 6. Моделирование на основе имитационной модели, параметров выходного информационного продукта для различных видов информационных массивов и этапов процессов обработки. Формирование массивов затрат системных ресурсов типа

$$\left\{\bar{t}_{ПАПij}(k)\right\};\left\{v_{ij}(k)\right\};\left\{v_{ij}(k)\right\} \text{ и т.д.}$$

Шаг 7. Моделирование на основе совокупности математических моделей базовых конфигураций подсистем «клиент-сервер». Нахождение стационарных вероятностей процессов функционирования информационной системы при различных параметрах:

$$l = 1(1)L,\ n = 1(1)N,$$
$$m = 1(1)M, \left\{\lambda_i(k)\right\}, \left\{\mu_i(k)\right\}, \left\{\eta_i(k)\right\}.$$

Определение обобщенных параметров процессов функционирования: $\left\{\overline{N}_{ai}(k)\right\}$, $\left\{\overline{L}_{ai}(k)\right\}$, $\left\{\overline{M}_{ai}(k)\right\}$, $B^{(1)}$, $B^{(2)}$, $B^{(3)}$, B, W, $\left\{H_{nlm}\right\}$.

Шаг 8. Формирование на основе разработанного многомерного массива значений критерия эффективности (функции управления) $\left\{П = f(i, j, l, n, m, k)\right\}$.

Шаг 9. Уменьшение размерности полученного массива значений $\left\{П = f(i, j, l, n, m, k)\right\}$ путем использования правил, разработанных правил из

оставшейся совокупности массивов значений рационального варианта управления.

Вышеописанный метод управления реализован в виде специализированного АРМ. Так, на рисунке приведена его структурно-функциональная схема.

Объектом управления являются ресурсы системы вида «клиент-сервер» в составе:

– нескольких специализированных АРМ;

– информационно-вычислительных ресурсов сервера;

– программно-технических средств защиты информации, входящих в состав элементов АРМ;

– специализированного хранилища данных;

– массивов информации, циркулирующей в системе обработки;

– персонала, обеспечивающего обработку информации и функционирование информационно-вычислительных ресурсов.

Выводы

В результате проведенных исследований:

1) получены результаты по оценке влияния параметров базовых структур системы «клиент-сервер» на эффективность их функционирования;

2) проанализировано функционирование базовой структуры с заданным соотношением затрат и ресурсов на реализацию каждого уровня преобразования информации в системе. Получены новые результаты, отражающие связь числа элементов каждого уровня иерархии системы со значениями и стоимостью их параметров в рамках выбранного критерия при различных ограничениях. Исследована чувствительность критерия «производительность – затраты» к параметрам управления, изменяющимся в областях, представляющих практический интерес;

3) полученный метод и алгоритм реализованы в виде АРМ управления ресурсами системы вида «клиент-сервер».

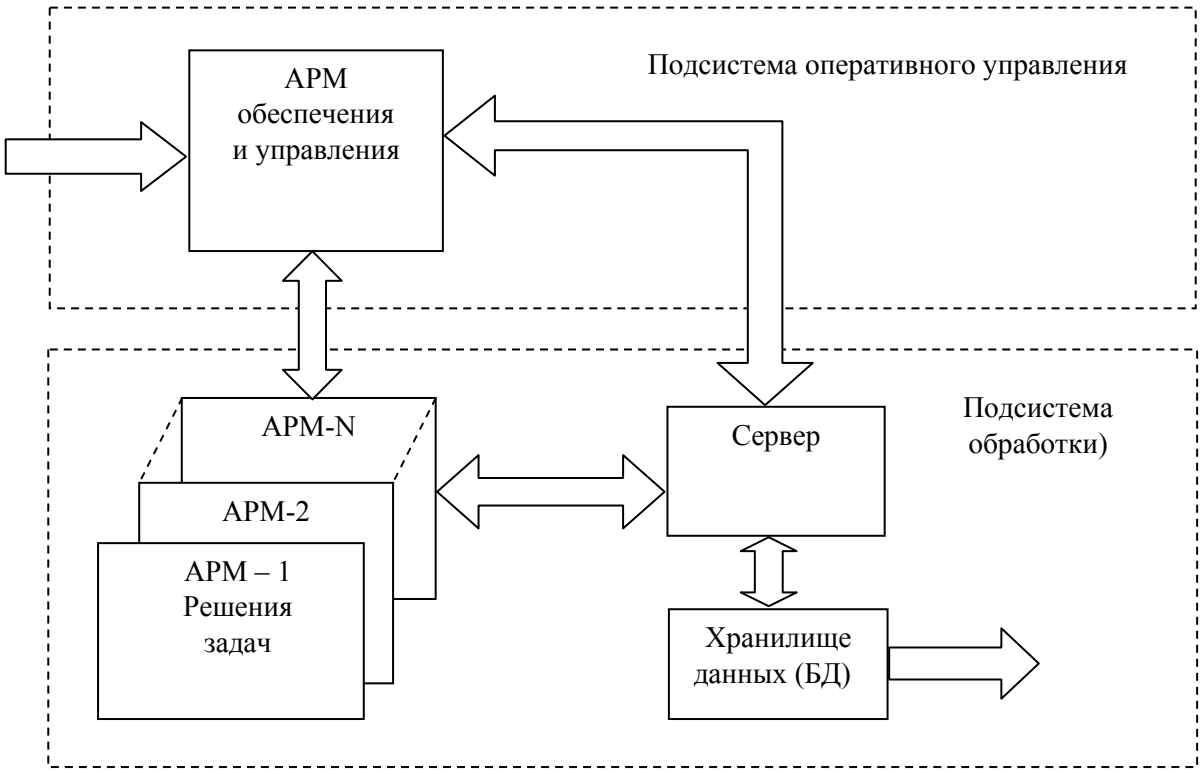


Рис. Функционально-структурная схема управления

Список литературы

1. Николаев В.Н. Принципы построения инновационной геоинформационной системы научно-промышленного предприятия // Известия высших учебных заведений. Серия «Приборостроение». 2012. Т. 55, № 2. С. 55–59.

2. Николаев В.Н. Модель управления технико-экономическими ресурсами информационной системы инновационного предприятия // Известия Юго-Зап. гос. ун-та. 2011. № 6. С. 68–72.

3. Вендров А.М. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1998.

4. Артамонов Г.Т., Брехов О.М. Аналитические вероятностные модели функционирования ЭВМ. М.:Энергия, 1988.

5. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. 400 с.

6. Николаев В.Н. Выбор показателя качества функционирования системы обработки геопространственной информации с разнотипными распределенными ресурсами // Системы управления и информационные технологии. 2006. № 1(23). С. 51–53.

7. Николаев В.Н. Модель процесса функционирования распределенной системы обработки геопространственной информации коллективного пользовании // Системы управления и информационные технологии. 2006. № 3 (25). С. 19–22.

Получено 12.12.12.

V.N. Nikolaev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: nikovic54@yandex.ru)

METHOD AND CONTROL UNIT INFORMATION RESOURCES OF THE LOOK «KLIYENT SERVER»

Researches on influence of structure and look structure «client server» on management efficiency are executed. The method, algorithm and a control unit is developed by resources of information system.

Key words: *computing system of a look «client server», method, algorithm, control unit information resources.*

УДК 681.518.5

Е.В. Головенков, аспирант, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: theaswert@yandex.ru)

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

МЕТОД И УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ СТРЕЛОЧНЫХ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

В статье рассматривается метод и устройство автоматической поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов. Приведена структурная схема устройства, алгоритм работы устройства. Описан метод автоматической поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов, основанный на распознавании угла отклонения стрелочного указателя контрольно-измерительного прибора.

Ключевые слова*: стрелочный контрольно-измерительный прибор, сигнал, автоматизация, диагностирование.*

***

Развитие оптико-электронных систем (ОЭС) для автоматизации операций контроля и поверки контрольно-измерительных приборов на протяжении последних 40 лет привело к тому, что системы автоматизации поверки фактически сформировались как самостоятельный класс ОЭС. Современный этап развития ОЭС автоматического контроля средств измерений, известный из работ С.К. Киселева, Д.Б. Волегова, Д.В. Юрина, R. Sablatnig, F. Corrêa Alegria, A. Cruz

Serra, Esteban V´azquez-Fern´andez, Chern-Lin Chen, Björn Hemming, Danilo Alves de Lima, P. Ganesh kumar, K. Thanushkodi, характеризуется разработкой методов распознавания образов для определения показаний отдельных средств индикации и разработкой устройств, аппаратно реализующих данные методы [1].

Результаты современных исследований выявляют высокий уровень развития аппаратных и программных средств автоматизации определения показаний стрелочных контрольно-измерительных приборов, однако существующие методы поверки приборов не обладают достаточным быстродействием, вследствие высокой вычислительной и аппаратной сложности существующих методов распознавания изображений, применяемых для определения показаний стрелочных контрольно-измерительных приборов.

Таким образом, необходимым является разработка метода и устройства автоматической поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов, что позволяет сократить время поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов за счет использования алгоритмов распознавания изображений индикаторной части поверяемого прибора, обладающих низкой вычислительной сложностью и возможностью эффективной аппаратной реализации.

На рисунке представлена структурная схема разработанного устройства автоматической поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов.

Данное устройство содержит цифровую камеру (ЦК), первый контроллер ввода-вывода (КВВ1), микроконтроллер (МК), второй контроллер ввода-вывода (КВВ2), блок формирования калиброванных сигналов (БФКС), блок оперативной памяти (БОП), блок энергонезависимой памяти (БЭНП) и поверяемый прибор.

Метод автоматической поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов включает:

1) процедуру генерации и подачи калиброванного сигнала, соответствующего начальному показанию, на входы поверяемого прибор, процедуру снятия начального показания поверяемого прибора;

2) процедуру генерации и подачи калиброванного сигнала, соответствующего конечному показанию, на входы поверяемого прибора;

3) процедуру снятия конечного показания поверяемого прибора;

4) процедуру обработки полученных изображений;

5) процедуру расчета погрешности поверяемого прибора.

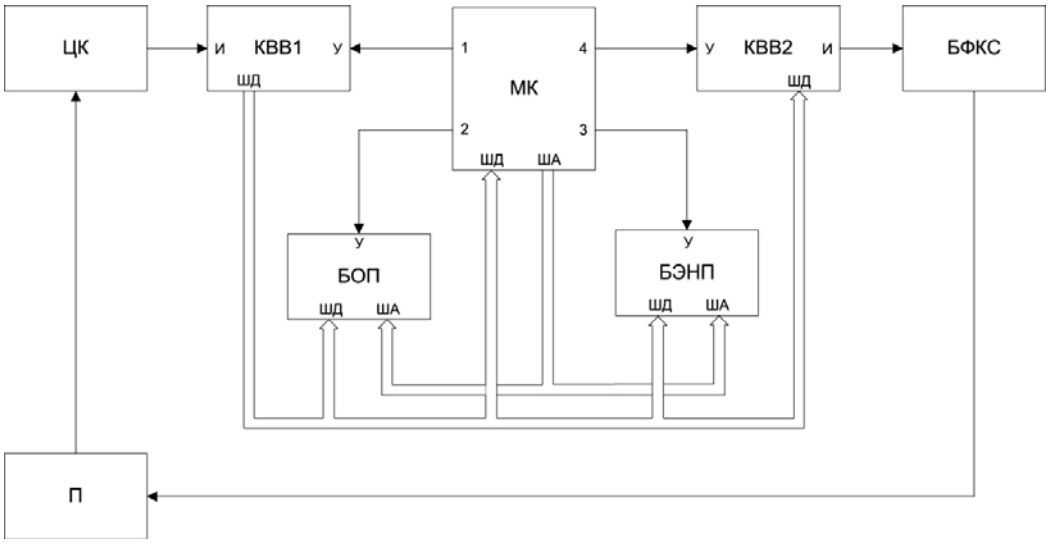


Рис. Структурная схема устройства

Процедура генерации и подачи калиброванного сигнала на входы поверяемого прибора заключается в выполнении последовательности следующих шагов. МК подает управляющий сигнал чтения на БЭНП, одновременно устанавливая на ША адрес ячейки, содержащей управляющее слово, соответствующее режиму генерации тестовых сигналов БФКС, для отклонения стрелки прибора в начальное положение, после чего БЭНП выставляет на ШД управляющее слово, после чего МК подает управляющий сигнал чтения на КВВ2, после чего КВВ2 считывает управляющее слово, переходит в режим задания выбранного режима работы БФКС, передавая на вход БФКС информационные сигналы, соответствующие режиму генерации тестовых сигналов, подаваемых на вход поверяемого прибора, для отклонения стрелки в начальное положение. Результат работы процедуры: отклонение стрелки поверяемого прибора в положение, соответствующее начальному показанию.

Процедура снятия начального показания поверяемого прибора заключается в выполнении последовательности следующих шагов. ЦК выполняет фотографирование (формирование кадра) индицируемой части прибора. МК подает управляющий сигнал чтения кадра изображения на КВВ1, одновременно подавая управляющий сигнал записи на БОП и устанавливая на ША адрес свободной ячейки в БОП. Затем МК циклически подает управляющий сигнал выдачи очередного слова кадра на КВВ1, и управляющий сигнал записи в БОП, с одновременной установкой на ША адреса следующей свободной ячейки, после чего КВВ1 устанавливает на ШД очередное слово кадра, а БОП записывает очередное слово кадра по адресу, заданному на ША, до тех пор пока не закончится передача кадра. Результат работы процедуры: БОП хранит изображение (кадр) начального показания поверяемого прибора.

Процедура генерации и подачи калиброванного сигнала, соответствующего конечному показанию, на входы поверяемого прибора заключается в выполнении последовательности следующих шагов. МК подает управляющий сигнал чтения на БЭНП, одновременно устанавливая на ША адрес ячейки, содержащей управляющее слово, соответствующее режиму генерации тестовых сигналов БФКС, для отклонения стрелки прибора в конечное положение, после чего БЭНП выставляет на ШД управляющее слово, после чего МК подает управляющий сигнал чтения на КВВ2, после чего КВВ2 считывает управляющее слово, переходит в режим задания выбранного режима работы БФКС, передавая на вход БФКС информационные сигналы, соответствующие режиму генерации тестовых сигналов, подаваемых на вход поверяемого прибора, для отклонения стрелки в конечное положение. Результат работы процедуры: отклонение стрелки поверяемого прибора в положение, соответствующее конечному показанию.

Процедура снятия конечного показания поверяемого прибора заключается в выполнении последовательности следующих шагов. ЦК выполняет фотографирование (формирование кадра) индицируемой части прибора. МК подает управляющий сигнал чтения кадра изображения на КВВ1, одновременно подавая управляющий сигнал записи на БОП и устанавливая на ША адрес свободной ячейки в БОП. Затем МК циклически подает управляющий сигнал выдачи очередного слова кадра на КВВ1, и управляющий сигнал записи в БОП, с одновременной установкой на ША адреса следующей свободной ячейки, после чего КВВ1 устанавливает на ШД очередное слово кадра, а БОП записывает очередное слово кадра по адресу, заданному на ША, до тех пор пока не закончится передача кадра. Результат работы процедуры: БОП

хранит изображение (кадр) конечного показания поверяемого прибора.

Процедура обработки полученных изображений заключается в выполнении последовательности следующих шагов. Сначала выполняется вычитание изображений конечного показания и начального показания поверяемого прибора. Для этого в цикле по всем пикселям изображения МК производит последовательную выборку сначала пикселя первого изображения, подавая управляющий сигнал чтения на БОП, а также устанавливая на ША адрес пикселя, а также, после выставления БОП на ШД значения пикселя, сохраняя значения пикселя в внутренней регистровой памяти, а затем производит выборку пикселя второго изображения, подавая управляющий сигнал чтения на БОП, а также устанавливая на ША адрес пикселя, а также, после выставления БОП на ШД значения пикселя, считывает значение пикселя с ШД, сохраняя его в внутренней регистровой памяти; а затем производит вычитание двух пикселей p_0, p_1 и вычисление двух значений f_0, f_1 по формулам

$$\begin{aligned} f_0 &= |p_0 - p_1|, \ \textit{если} \ |p_0 - p_1| > 0; \\ f_1 &= |p_0 - p_1|, \ \textit{если} \ |p_0 - p_1| \le 0; \end{aligned} \quad (1)$$

затем производит сравнение двух полученных значений с пороговым значением T и их изменение по формулам

$$f_0 = \begin{cases} 1, \ \textit{если} \ f_0 \ge T; \\ 0, \ \textit{если} \ f_0 < T; \end{cases} \quad (2)$$

$$f_1 = \begin{cases} 1, \ \textit{если} \ f_1 \ge T; \\ 0, \ \textit{если} \ f_1 < T; \end{cases} \quad (3)$$

причем значение T хранится в БЭНП и записывается в БОП при включении устройства; затем увеличивает на единицу программный счетчик n_1 пикселей черного цвета $f_0 = 1$ для первого изображения, определяя область, принадлежащую объекту указателя; затем увеличивает на единицу программный счетчик пикселей n_2черного цвета $f_1 = 1$ для второго изображения, тем самым формируя массивы пикселей двух бинарных изображений $I^0(i,j), I^1(i,j)$, из которых первое соответствует начальному показанию, а второе соответствует конечному показанию; затем выполняет запись обоих полученных массивов пикселей $I^0(i,j)$, $I^1(i,j)$, для каждого пикселя подавая на БОП сигнал записи, одновременно устанавливая на ША адрес свободной ячейки памяти, после чего устанавливая на ШД значение пикселя, обеспечивая запись БОП значения пикселя с ШД. Определяются координаты центра стрелочного указателя первого изображения $I^0(i,j)$ по следующим формулам:

$$\begin{cases} x_0^{(0)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^0 = 1;\, i=\overline{0,W-1};\, j=\overline{0,H-1}} i \Big/ n_1; \\ y_0^{(0)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^0 = 1;\, i=\overline{0,W-1};\, j=\overline{0,H-1}} j \Big/ n_1, \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} x_0^{(1)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^1 = 1;\, i=\overline{0,W-1};\, j=\overline{0,H-1}} i \Big/ n_2; \\ y_0^{(1)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^1 = 1;\, i=\overline{0,W-1};\, j=\overline{0,H-1}} j \Big/ n_2, \end{cases} \quad (5)$$

где H, W – соответственно высота и ширина изображения в пикселях.

Для этого в цикле по всем черным пикселям для изображений $I^0(i,j)$, $I^1(i,j)$ МК производит выборку очередного пикселя, подавая управляющий сигнал чтения на БОП, а также устанавливая на ША адрес пикселя, а также (после выставления БОП на ШД значения пикселя) сохраняя абсциссу i и ординату j пикселя в внутренней регистровой памяти, после чего производит операцию накапливающего сложения, по окончании цикла выполняет операцию целочисленного деления, запоминая координаты $x_0^{(0)}, y_0^{(0)}$ и $x_0^{(1)}, y_0^{(1)}$ в регистровой памяти. Определя-

ются координаты $x_A^{(0)}, y_A^{(0)}$, $x_B^{(0)}, y_B^{(0)}$, $x_A^{(1)}, y_A^{(1)}$, $x_B^{(1)}, y_B^{(1)}$ центров образованных отрезков по следующим формулам:

$$\begin{cases} x_A^{(0)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^0=1;\, i=\overline{0,x_0^{(0)}};\, j=\overline{0,y_0^{(0)}}} i \Big/ k_1; \\ y_A^{(0)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^0=1;\, i=\overline{0,x_0^{(0)}};\, j=\overline{0,y_0^{(0)}}} j \Big/ k_1, \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} x_B^{(0)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^0=1;\, i=\overline{x_0^{(0)},W-1};\, j=\overline{y_0^{(0)},H-1}} i \Big/ s_1; \\ y_B^{(0)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^0=1;\, i=\overline{x_0^{(0)},W-1};\, j=\overline{y_0^{(0)},H-1}} j \Big/ s_1, \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} x_A^{(1)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^1=1;\, i=\overline{0,x_0^{(1)}};\, j=\overline{0,y_0^{(1)}}} i \Big/ k_2; \\ y_A^{(1)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^1=1;\, i=\overline{0,x_0^{(1)}};\, j=\overline{0,y_0^{(1)}}} j \Big/ k_2, \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} x_B^{(1)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^1=1;\, i=\overline{x_0^{(1)},W-1};\, j=\overline{y_0^{(1)},H-1}} i \Big/ s_2; \\ y_B^{(1)} = \sum\limits_{\forall I_{ij}^1=1;\, i=\overline{x_0^{(1)},W-1};\, j=\overline{y_0^{(1)},H-1}} j \Big/ s_2, \end{cases} \quad (9)$$

где k_1 – число черных пикселей в первом отрезке первого изображения указателя;

k_2 – число черных пикселей в первом отрезке второго изображения указателя;

s_1 – число черных пикселей во втором отрезке первого изображения указателя;

s_2 – число черных пикселей во втором отрезке второго изображения указателя.

Для этого в цикле по черным пикселям для изображений $I^0(i,j)$, $I^1(i,j)$ МК производит выборку очередного пикселя, подавая управляющий сигнал чтения на БОП, а также устанавливая на ША адрес пикселя, а также, после выставления БОП на ШД значения пикселя, сохраняя абсциссу i и ординату j пикселя в внутренней регистровой памяти, после чего производит операцию накапливающего сложения, по окончании цикла выполняет операцию целочисленного деления, запоминая координаты $x_A^{(0)}, y_A^{(0)}$, $x_B^{(0)}, y_B^{(0)}$, $x_A^{(1)}, y_A^{(1)}$, $x_B^{(1)}, y_B^{(1)}$ в регистровой памяти. Вычисляется угол наклона указателя на каждом изображении по координатам двух точек в МК по формулам

$$r^{(0)} = \frac{y_B^{(0)} - y_A^{(0)}}{x_B^{(0)} - x_A^{(0)}}; \quad (10)$$

$$r^{(1)} = \frac{y_B^{(1)} - y_A^{(1)}}{x_B^{(1)} - x_A^{(1)}}, \quad (11)$$

после чего $r^{(0)}$ и $r^{(1)}$ запоминаются в регистровой памяти МК. Значения углов начального и конечного отклонения указателя вычисляются по формулам

$$\varphi_0 = \operatorname{arctg}\left(r^{(0)}\right); \ \varphi_1 = \operatorname{arctg}\left(r^{(1)}\right), \quad (12)$$

где φ_0 – угол начального отклонения указателя, φ_1 – угол конечного отклонения указателя, для чего МК производит выборку значения функции арктангенс от аргумента $r^{(0)}$, подавая управляющий сигнал чтения на БЭНП, а также устанавливая на ША адрес ячейки, содержащей значение функции от данного аргумента, а также, после выставления БЭНП на ШД данных, сохраняя значение функции арктангенс от аргумента $r^{(0)}$ в внутренней регистровой памяти; после чего МК производит выборку значения функции арктангенс от аргумента $r^{(1)}$, подавая управляющий сигнал чтения на БЭНП, а также устанавливая на ША адрес ячейки, содержащей значение функции от данного аргумента, а также, после выставления БЭНП на ШД данных, сохраняя значение функции арктангенс от аргумента $r^{(1)}$ в внутренней регистровой памяти. Результат работы процедуры: рассчитанные значения углов φ_0 начального и φ_1 конечного отклонения указателя в градусах.

Процедура расчета погрешности поверяемого прибора заключается в вычислении значения угла φ поворота указателя в МК по формуле

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_0, \quad (13)$$

после чего определяется погрешность измерения на основе записанного ранее известного значения измеряемой величины.

Для этого МК подает управляющий сигнал чтения на БЭНП, одновременно устанавливая на ША адрес ячейки, содержащей эталонное значение угла отклонения, после чего БЭНП выставляет на ШД слово данных, после чего МК считывает с ШД слово данных, а затем выполняет операцию вычитания, записывая результирующее значение в регистровую память. Результат работы процедуры: рассчитанное значение погрешности прибора.

Таким образом, разработанный метод и устройство автоматической поверки стрелочных контрольно-измерительных приборов позволяет сократить время поверки за счет исключения затратной по времени выполнения операции умножения, а также за счет вычисления функции арктангенса аргумента на основе табличных значений, хранящихся в блоке энергонезависимой памяти.

1. Пат. 240440 C1, кл. G 01 R 35/00. Способ автоматической поверки стрелочных измерительных приборов и устройство для его осуществления / Свинолупов Ю.Г. № 4137153/24-21; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32. 9 с.

Получено 12.12.12.

E.V. Golovenkov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: theaswert@yandex.ru)

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

A METHOD AND A DEVICE FOR AUTOMATED CALIBRATION OF POINTER-TYPE MEASURING INSTRUMENTS

A method and a device for automated calibration of pointer-type measuring instruments are described in the article. The block diagram of the device, the algorithm operation are shown. A method of automated calibration of pointer-type measuring instruments, based on the recognition of the deflection angle needle indicator gauge is presented.

***Key words**: measurement instrument, signal, automation, diagnostics.*

УДК 332.1

Т.В. Добринова, канд. экон. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: nov-tanya@mail.ru)

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ: ОТ ДИАГНОСТИКИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ДО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В статье представлены компьютерные программы диагностики финансового состояния предприятий, использование которых позволит эффективно принимать управленческие решения.

***Ключевые слова:** компьютерные программы, автоматизированные системы управления, финансовое состояние, предприятия.*

***

Важность решения вопросов организации аналитического мониторинга для обеспечения успешного управления предприятием в условиях конкурентной рыночной борьбы предопределяет наиболее высокую степень востребованности программ экономического анализа. Вследствие этого именно вопросы совершенствования процесса управления на базе автоматизированных средств обработки информации представляются наиболее актуальными.

Процедуры финансово-экономического анализа очень трудоемки, требуют

сбора, обобщения и обработки огромных массивов информации, заключенной в различных источниках и документах. Кроме того, в процессе монотонной работы допускается большое количество ошибок, в результате чего на их выявление и исправление требуется еще больше времени. Использование автоматизированных информационных систем позволяет избавиться от этих недостатков. К настоящему времени известен и широко применяется обширный перечень программ, выполняющих различные функции финансового анализа, решения задач бухгалтерского учета, планирования, бюджетирования, управления персоналом и т.д.

Рынок программных продуктов по экономическому анализу уступает по своему масштабу рынку программных продуктов по бухгалтерскому учету, поскольку приоритетным направлением развития автоматизированных систем управления (АСУ) хозяйственной деятельности предприятия до настоящего времени остается программное обеспечение автоматизированных систем бухгалтерского учета (ПО АСБУ). Однако, как показывает изучение практики организации экономического анализа в компьютерной среде, перед потенциальными пользователями программного обеспечения (ПО) автоматизированных систем экономического анализа (АСЭА), как правило, стоит проблема выбора и оценки возможностей конкретных программных продуктов по экономическому анализу.

На сегодняшний день в силу приоритетности анализа финансового состояния и доходности деятельности хозяйствующих субъектов в условиях рыночной экономики по сравнению с другими направлениями экономического анализа наибольшее развитие получили программы, позволяющие оценить и проанализировать финансовое состояние хозяйствующего субъекта, а также финансовые результаты хозяйственной деятельности. Эти два направления аналитических исследований составляют предметную область изучения финансового анализа.

Значимость финансового анализа предопределяет повышенный спрос со стороны пользователей программных продуктов на программы финансового анализа, а это, в свою очередь, стимулирует фирмы-разработчики к созданию и внедрению соответствующего ПО. В итоге именно программы финансового анализа получили наибольшее развитие и распространение на рынке современных аналитических программ.

Сегодня сложился достаточно большой рынок финансово-аналитических программных продуктов, разработанных специализированными фирмами. Однако выбрать именно ту программу, которая отвечала бы требованиям конкретных задач управления, достаточно сложно.

На российском рынке представлено несколько программно-инструментальных комплексов для анализа и планирования деятельности предприятий. Для многих из них характерно раздельное решение вопросов анализа финансово-производственной деятельности и планирования. Например, для автоматизации бюджетного анализа, планирования и прогнозирования предназначен программный комплекс Active Planner, который разработан Epicor Sowtware и адаптирован к российским условиям компанией «ЭпикРус».

Еще одна разновидность используемых на практике систем финансово-экономического анализа (ФЭА) – это всевозможные надстройки Microsoft Excel. Нужно отметить, что некоторые из них сделаны достаточно грамотно, поскольку при их создании учитываются особенности данного конкретного предприятия. Но, как правило, в качестве стандартного решения подобные способы рассматриваться не могут в силу своей уникально-

сти. В современных условиях проведение финансово-экономического анализа невозможно без автоматизации, осуществлять которую необходимо с помощью специализированных систем. Такие средства, как Microsoft Excel, Access и т.п., можно использовать лишь в качестве вспомогательных инструментов.

В качестве объектов сравнения выбраны следующие программы финансового анализа: ИНЭК-АФСП (далее – АФСП) фирмы «ИНЭК», «Альт-Финансы» компании «Альт», «Финансовый директор» фирмы «Автонавигатор», Audit-Expert фирмы «Про-Инвест-ИТ», АБ-ФИ-Предприятие (далее – АБФИ) фирмы «Вестона», экспертная система «Агроэксперт», разработанная в ВИАПИ и Росагрофонде. Задачи, которые решают данные программы, одинаковы: на основании данных нынешнего и прошлых периодов они оценивают текущее состояние предприятия и, что важнее, его перспективы. Это позволит принимать более обоснованные решения.

Для многих пользователей очень важной характеристикой является возможность импорта данных из бухгалтерских программ. Эти функции наиболее полно реализованы в программе Audit Expert: с одной стороны, она позволяет автоматически загружать данные отчетности из таких программ, как 1С: Бухгалтерия, 1С: Предприятие, Инфо-Бухгалтер, ИНФИН-Бухгалтерия, Парус, а с другой - имеющиеся в ней инструментальные средства позволяют легко настроить ее для загрузки данных их произвольных файлов формата txt.

Программный продукт ИНЭК-Аналитик позволяет решать задачи финансового планирования (бюджетирования) и анализа производственно-финансовой деятельности компаний комплексно, на основе единой информационной базы. Результатами работы с ИНЭК-Аналитик являются комплексный производственно-финансовый анализ деятельности компании и качественно подготовленный бизнес-план. При этом ИНЭК-Аналитик можно использовать как для внутреннего, так и для внешнего анализа и контроля за деятельностью компании. В комплексе ИНЭК-Аналитик запрограммирована методика формирования текстового заключения о финансовом состоянии группы предприятий, а также разработан алгоритм, позволяющий получить в совокупности комплексную характеристику его состояния и перспектив развития.

Для оценки действий, позволяющих изменять неблагоприятные тенденции в программном продукте «Финансовый директор», существует ряд сценариев, в которых можно варьировать показатели и определить наиболее оптимальные действия для достижения нужного результата. Список сценариев включает: экстенсивный сценарий (линейный расчет на основе данных предыдущих периодов); сокращение затрат; уменьшение оперативно-производственного цикла; задержка платежей (увеличение неплатежей); корректировка отдельных статей; комплексный сценарий.

Программный комплекс, предназначенный для анализа финансовой устойчивости компаний, разработан фирмой «Про-Инвест-ИТ». Эта система финансовой диагностики позволяет анализировать как текущее состояние предприятия и характер его изменений в прошлом, так и тенденции на ближайшее будущее. Для этого в программе реализован набор традиционных отечественных и зарубежных методик. При этом можно использовать временной, структурный и сравнительный методы анализа, а также метод коэффициентов и прогнозировать значения соответствующих финансовых показателей, экстраполируя их на будущий период.

Программа Audit Expert позволяет полностью или частично переоценить статьи актива и пассива баланса. При

этом можно задавать как единый коэффициент переоценки по всем показателям нужной статьи, так и отдельные коэффициенты по каждой составляющей показателя. По полученным данным программа делает экспертные заключения, которые позволяют понять, каково финансовое состояние предприятия и на что в первую очередь следует обратить внимание. При этом, например, холдинговые структуры могут дополнительно сравнить между собой группы предприятий, ранжировать их по отдельным параметрам или по сложному рейтинговому показателю и разбить на типологические группы.

Программы экономического анализа позволяют сравнить рассчитанные показатели с нормативами. Подобная возможность реализована в АФСП и Audit Expert, причем в эти программы встроены перечни рекомендуемых значений или диапазонов показателей (эти значения могут быть скорректированы).

Еще одним из важных моментов в анализе является прогнозирование значений показателей на будущие периоды – можно определить время достижения тем или иным показателем некоторого критического уровня, что позволит предпринять упреждающие меры. Возможность такого прогнозирования предоставляет программа Audit Expert.

Хотя рассмотренные программы экономического анализа могут работать и обособленно от других программ, используемых на предприятии, часто возникает потребность в экспорте подготовленной в них информации в другие компьютерные приложения. Все рассмотренные программные продукты позволяют передавать результирующие данные в программы пакета MS Office, а система Audit Expert – также в программу разработки финансовых планов и инвестиционных проектов в Project Expert фирмы «Про-Инвест-ИТ», где они могут использоваться в качестве стартового баланса при расчетах проектов.

Отдельно хотелось бы отметить известную современную экспертную систему «Агроэксперт», разработанную в ВИАПИ и Росагрофонде, предназначенную для диагностики финансового состояния сельскохозяйственного предприятия. Она рекомендована Минсельхозом РФ для применения при финансовом оздоровлении сельскохозяйственных предприятий.

В последней версии «Агроэксперта» заключение о финансово-хозяйственном состоянии предприятия и адекватные ему рекомендации формируются автоматически на основе системы правил. Кроме того, система предлагает пользователю широкий набор сервисных процедур для обработки и визуализации обработанной информации (группировка, сортировка, построение эмпирических законов распределения любых показателей, графический анализ динамики любых расчетных показателей и т.п.). Как показала практика использования «Агроэксперта», его применение существенным образом облегчает аналитическую работу районных и областных служб управления АПК.

Исследование методической части программных продуктов указанной группы позволяет утверждать, что методические подходы, используемые для основы постановки задач при создании названных программ, не утратили на сегодняшний день своей актуальности, но требуют дальнейшей разработки и развития. В направлении финансово-экономического анализа, хотя и сделан значительный прорыв в области разработки и внедрения компьютерных аналитических технологий, видятся некоторые проблемы, требующие решения.

В частности, абсолютное большинство программ по анализу финансово-хозяйственной деятельности предприятия представляет собой программы ретроспективного анализа данных финансовой отчетности. Совершенствование таких программ на протяжении многих лет

проводилось главным образом путем количественного наращивания возможностей расчета как можно более широкого круга финансовых коэффициентов. При этом практически не затрагивалась качественная сторона вопроса. В итоге были созданы программы, позволяющие рассчитывать более сотни различных экономических показателей.

Однако такие программные продукты являются слабо адаптированными к требованиям управления хозяйствующим субъектом. При их использовании крайне затруднительна формулировка выводов по результатам проведения анализа, выделение проблемных вопросов в финансово-хозяйственной деятельности субъекта. Подобное положение усугубляется при недостаточно высоком уровне квалификации пользователей таких программных продуктов.

Таким образом, для организации аналитического исследования финансово-хозяйственной деятельности предприятий, оценки и выбора путей повышения эффективности функционирования хозяйствующих субъектов необходимо использовать современные компьютерные аналитические технологии, которые должны составить основу для принятия научно обоснованных управленческих решений, направленных на повышение уровня устойчивости и рентабельности, а также эффективности вложения капитала.

1. Титоренко Г.А. Автоматизированные технологии в экономике: учебник. М.: ЮНИТИ, 2009. 399 с.

2. Тяпкин Н.Т., Кукина М.А. Методика системного анализа финансового состояния сельскохозяйственных предприятий // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2010. № 10. С. 28–29.

Получено 13.12.12.

T.V. Dobrinova, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: nov-tanya@mail.ru)

AUTOMATION OF MANAGEMENT BY THE ENTERPRISE: FROM DIAGNOSTICS OF THE FINANCIAL CONDITION BEFORE DECISION-MAKING

In article computer programs of diagnostics of a financial condition of the enterprises which use will allow to make effectively administrative decisions are presented.

Key words: *computer programs, automated control systems, financial condition, enterprises.*

УДК 510(083)

В.П. Добрица, д-р физ.-мат. наук. профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: dobritsa@mail.ru)

А.С. Ржищев, студент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: rzhiwev@mail.ru)

АЛГОРИТМ ШИФРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПК ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Описывается алгоритм программы шифрования личной информации на компьютерах общего пользования, обеспечивающей её защищенность от несанкционированного доступа.

Ключевые слова: *шифрования личной информации, персональная информация, ПК общего пользования.*

***

Во многих организациях, например в учебных заведениях, имеются компьютеры общего пользования, т.е. такие ПК, на которых могут работать различные люди в разные промежутки времени. Например, в учебных заведениях это компью-

теры из компьютерных учебных аудиторий или классов. В этом случае естественно встает вопрос о защите личной информации каждым работником на том ПК, на котором он временами работает.

Паролевая форма защиты личной папки на ПК общего пользования распространена, но она подвержена атакам. Хотя сама стойкость паролевой защиты достаточно высокая, но для ПК общего пользования эта форма легко уязвима. Кто-то может увидеть набор пароля, что дает ему возможность открыть папку с информацией и изменить в ней все, что захочется.

Для улучшения качества защиты личной информации в этом процессе предлагается использовать быстрое шифрование информации каждым пользователем ПК. На центральном компьютере (ПК преподавателя) будет программа шифрования, которая работает по личным ключам пользователей. У преподавателя также имеется база с ключами студентов. Это дает возможность ему контролировать процесс выполнения работы студентом, а студенты будут иметь возможность работать только со своими данными.

Особенно удобно такой подход использовать при дистанционных формах обучения. В этом случае может сочетаться паролевый метод защиты личных папок с предложенным в этой статье методом шифрования.

Конечно, студенты могут хранить свою информацию на флэш-картах, но в этом есть и свои недостатки:

– потеря флэш-карты, что приведет к утрате результатов уже сделанной работы;

– затрудненный процесс проверки преподавателем результатов работы студентов (например, в случае необходимости одновременного присутствия студента и преподавателя для осуществления процесса проверки).

Сама программа будет состоять из следующих этапов:

1. Флэш-ключ. На нем записана матрица из 0 и 1 размерности 256×256:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1i} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{256\ 1} & \cdots & x_{256i} \end{pmatrix}$$

Эта матрица соответствует некоторой перестановке последовательности длины 256, т.е. в каждой строке и в каждом столбце такой матрицы ровно один элемент равен 1, а остальные – 0.

2. Шифрующая матрица формируется копированием матрицы флэш-ключа в рабочую зону самой программы.

3. Разбиение рассматриваемой информации, записанной в двоичном коде, на блоки длины 256 каждый. В случае неполноты последнего блока он дополняется нулями.

4. Шифрование представляет собой умножение блоков из 0 и 1 длины 256 из шифруемого текста на матрицу шифрования. Это блочное шифрование:

$$(y_1,...,y_i)\times\begin{pmatrix} 0 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

5. Матрица дешифрации представляет собой транспонированную матрицу к матрице шифрования:

$$\begin{pmatrix} 0 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 0 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

6. Процесс дешифрирования заключается в умножение блоков из 0 и 1 длины 256 из шифрованного текста на матрицу дешифрации:

$$(y_1,...,y_i)\times\begin{pmatrix} 0 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 0 \end{pmatrix}^T$$

7. Перед завершением работы программы файл матрицы шифрования обнуляется, а также программа предлагает ввести имя студента и сохранить его ключ на жесткий диск в общую папку, где находится база ключей студентов.

Программа шифрования запускается всякий раз, когда работа завершена. Информация хранится в личной папке пользователя в зашифрованном виде. При начале следующей работы данные, извлекаемые из личной папки, проходят процесс дешифрации. Расшифрованный текст находится в рабочем окне до завершения работы с ним.

Блок-схема алгоритма программы представлена на рисунке.

В случае несанкционированной попытки извлечь информацию из личной папки студента происходит её «обнуление», так как шифрующая матрица не заполнена матрицей-ключом и является нулевой. При этом сама информация в папке на ПК не меняется.

При таком подходе потеря студентом флэш-карты с матрицей-ключом к потере информации не приводит. Студенту достаточно обратиться к преподавателю и перезаписать свою матрицу-ключ на новую флэш-карту.

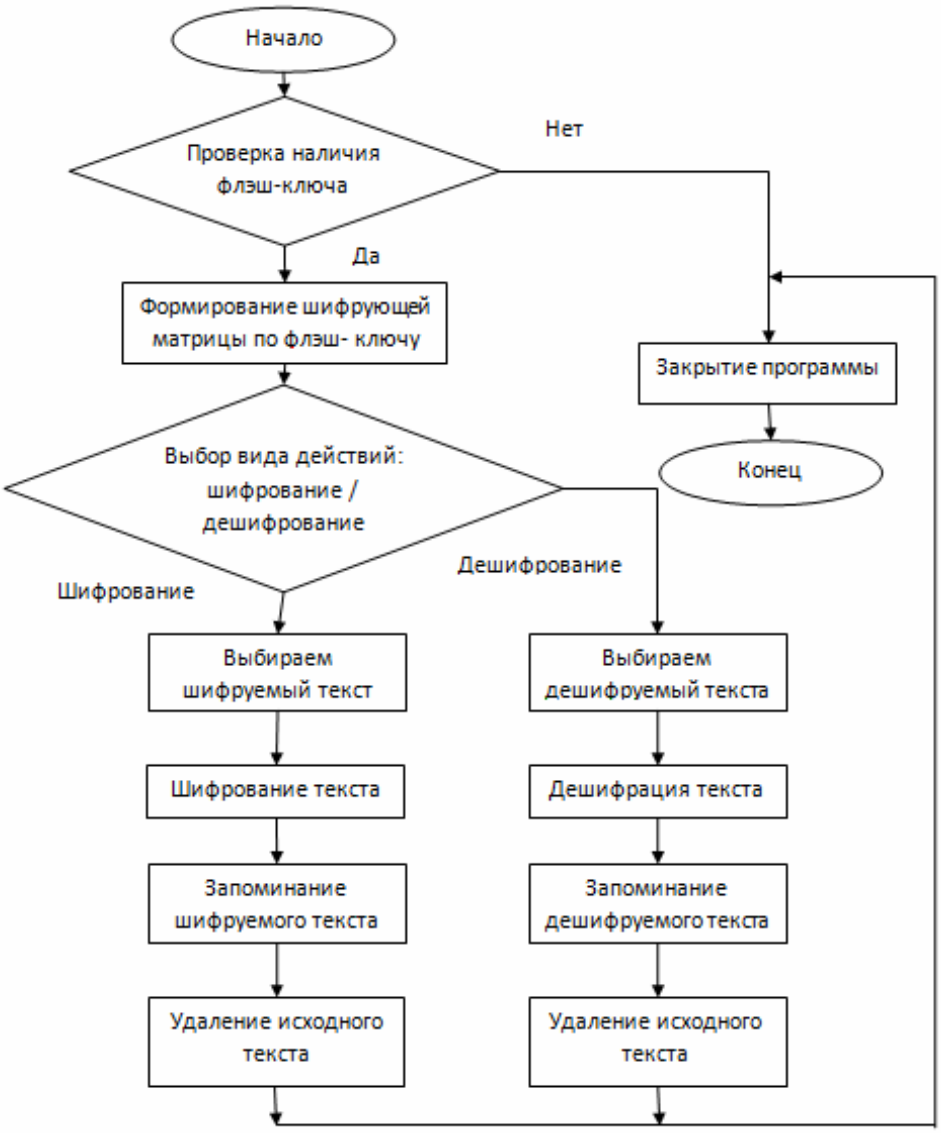


Рис. Блок-схема алгоритма программы

Стойкость такого шифрования достаточно высокая, так как количество всевозможных перестановок длины 256 равно 256!. Прочесть или увидеть матрицу шифрования злоумышленик не имеет возможности. Поэтому даже при наличии программы шифрования без флэш-ключа расшифровать информацию нельзя.

При необходимости ключ легко может быть заменен. Для этого информация сначала расшифровывается старым ключом, затем меняется ключ (вставляется флэшка с новым ключом), и шифрование уже происходит по новому ключу.

Такой вид шифрования является быстрым и на времени основой работы практически не отображается. В то же время он обеспечивает достаточно высокую степень защищенности личной информации пользователя компьютером общего пользования.

Список литературы

1. Романцев Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях. М.: Радио и связь, 1999.

2. Ищейнов В.Я., Мецатунян М.В. Защита конфиденциальной информации: учеб. пособие. М.: ФОРУМ, 2009.

3. Жданов О.Н., Золотарев В.В. Методы и средства криптографической защиты информации. Красноярск: Изд-во СибГАУ, 2007.

Получено 13.12.12.

V.P. Dobritsa, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: dobritsa@mail.ru)

A.S. Rzhishchev, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: rzhiwev@mail.ru)

ENCRYPTION ALGORITHM PERSONAL INFORMATION ON YOUR PC PUBLIC

An algorithm for encryption programs of personal information on a public computer, ensuring its security from unauthorized access.

***Key words**: encryption of personal information, personal information, PC for general use.*

УДК 621.394.74

И.Е. Мухин, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: okbavia@fitmail.ru)

А.В. Коротков, аспирант, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (тел.: 8(919) 560-13-51)

А.И. Мухин, аспирант, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (тел.: 8(964) 323-54-66)

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ МАЛОЗАМЕТНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ОКОННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

Поставлена и решена задача анализа сигналов малозаметных радиолокационных станций. Предложен модифицированный вариант алгоритма, основанного на некогерентной интеграции выходных отсчетов дискретного преобразования Фурье. Применение такого алгоритма позволяет учесть особенности данного класса сигналов, в первую очередь низкое соотношение сигнал/шум.

***Ключевые слова:** спектральный анализ, интеграция, малозаметные радиолокационные станции.*

***

Введение

В настоящее время широко используются радиолокационные станции в целях дистанционного зондирования земной поверхности. Сигналы таких станций излучаются на уровне шума в широкой полосе, что затрудняет процедуру их мониторинга. Такие радиолокационные станции получили название малозаметных (МРЛС).

Основными видами внутриимпульсной модуляции, применяемой в МРЛС, являются: частотная модуляция (ЧМ), частотная и фазовая манипуляция, а также их комбинации. Наиболее распространенной является ЧМ с линейно изменяющейся частотой (ЛЧМ). Для кодирования фазы зондирующего сигнала широко используются коды Баркера, многофазные коды Франка, P1, P2, P3 и P4, а также многопозиционные коды T1, T2, T3 и T4 [1].

Для таких сигналов, в первую очередь из-за низкого соотношения сигнал/шум, классический метод частотно-временного преобразования на основе дискретного преобразования Фурье (ДПФ) оказывается недостаточно эффективным, поэтому возникает необходимость дополнительной обработки полученных спектрограмм.

Анализ особенностей классического метода спектрального анализа

Пусть $x(n)$ – последовательность известных отсчетов исследуемого сигнала длиной M, M-точечное ДПФ которой имеет вид [2]

$$X(k)=\sum_{n=0}^{M-1}x(n)e^{-j2\pi nk/M}\ .$$

Далее рассмотрим разбиение $x(n)$ на P субпоследовательностей, длиной N отсчетов каждая. Следовательно, $PN=M$. Поэлементное суммирование этих субпоследовательностей дает новую последовательность $y(n)$ длиной N отсчетов. ДПФ данной последовательности $Y(m)$ представляет собой версию $X(m)$, прореженную в P раз. Причем $|Y(m)|=|X(pm)|$. Таким образом, разделяем взвешенную окном последовательность $x(n)$, содержащую N отсчетов, на P субпоследовательностей, далее суммируем субпоследовательности поэлементно для получения последовательности с наложениями длиной M отсчетов. Затем вычисляем модули спектральных отсчетов с помощью ДПФ. Для получения требуемой частотной характеристики рассчитывается M-точечное окно, которое представляет собой фильтр нижних частот с заданными параметрами. Для реализации такого анализатора длина исходной последовательности должна быть больше N (количества точек ДПФ) в целое число раз.

Ширина полос пропускания (каналов) анализатора спектра определяется главным образом шириной главного лепестка окна. Центральные частоты полос пропускания определяются как f_s/N, где f_s – частота дискретизации. Это значит, что перекрытие полос пропускания анализатора зависит как от ширины главного лепестка окна, так и от f_s и P. Динамический диапазон анализатора можно расширить, увеличив P, что приводит к увеличению M и длины последовательности $x(m)$. С увеличением M более длинные окна будут давать полосы пропускания анализатора, приближающиеся к прямоугольной форме с более низким уровнем боковых лепестков и неравномерностью амплитудно-частотной характеристики в полосе пропускания.

Модифицированный вариант алгоритма анализа сигналов

ДПФ имеет фиксированное частотно-временное разрешение, которое зависит от окна. Более того, разрешение по времени и частоте подчиняется принципу неопределенности, а именно хорошее временное разрешение дает плохое частотное, и наоборот. Этот недостаток оказывает сильное влияние на характеристику обнаружения: если сигнал имеет полосу шире частотного разрешения, то энергия сигнала распределяется по нескольким составляющим (каналам) на частотной оси, так что вероятность обнаружения, зависящая от этих составляющих, уменьшается. Аналогично сигналы с большей, чем разрешение по времени,

длительностью распределяют свою энергию по нескольким составляющим на временной оси.

Предлагаемый модифицированный вариант анализатора спектра осуществляет более гибкое частотно-временное представление. Он основывается на некогерентной интеграции выходных отсчетов ДПФ с разными длинами, которые можно представить в следующем виде:

$$I(m) = \sum_{1}^{l_i} \left| X_w(m) \right|, \qquad (1)$$

где l_i – длина интеграции; $X_w(m)$ – отсчеты ДПФ, взвешенной окном входной последовательности. Величину $I(m)$ назовем модифицированной спектрограммой. Множество таких спектрограмм с разными значениями l_i может быть применено для анализа сигналов с низким соотношением сигнал/шум.

Проведенные исследования показали, что количество интеграторов должно быть не менее трех. Первый длиной l_1 сохраняет наилучшее разрешение по времени, второй (l_2) с наибольшей длиной позволяет получить максимальное превышение уровня сигнала над шумом, третий (l_3) с промежуточным значением призван снизить потери (частотного и временного разрешения) при анализе вторым интегратором. Максимальная возможная длина интегратора: n / N, где n – длина выборки; N – число каналов ДПФ. На практике целесообразно выбирать данный параметр от $n / 2N$ до $n / 4N$. При реализации непрерывной обработки выбор длин интеграторов будет зависеть от требуемого частотно-временного разрешения и типа сигнала.

Экспериментально выявлено, что такой подход (интеграция) позволяет получить увеличение амплитуды сигнала относительно шума (в Δ раз). Величина Δ зависит от числа каналов ДПФ, длины интегратора и длины выборки и может быть определена следующим выражением [3]:

$$\Delta = 5 \lg \frac{A(l_{i+1})}{A(l_i)}, \qquad (2)$$

где $A(l_i)$ – среднее значение амплитуды при длине i-го интегратора.

Следует отметить, что для априорно неизвестных сигналов необходим совместный анализ полученных спектрограмм.

Применение модифицированного варианта алгоритма анализа сигналов

Для примера взяты три широкополосных сигнала со следующими видами модуляции: ЛЧМ, фазовая манипуляция (ФМн), фазочастотная манипуляция (ФЧМн). Их параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры сигналов

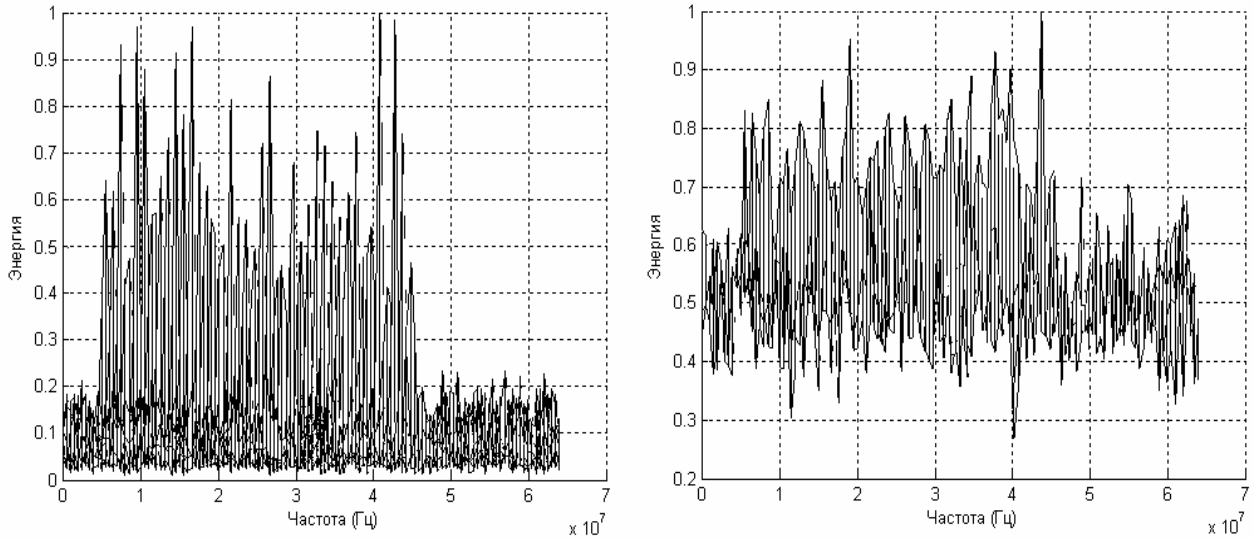
Параметр	Сигнал 1	Сигнал 2	Сигнал 3
Полоса сигнала, МГц	40	10	20
Длительность, мкс	200	168	100
Частота дискретизации, МГц	128	128	128
Длина выборки, число отсчетов	26500	21504	12800
Вид модуляции	ЛЧМ	ФМн	ФЧМн
Соотношение сигнал/шум, дБ	–6	–6	–6

Рассмотрены три варианта частотно-временного анализатора с различными длинами интеграции. Результаты, полученные при помощи имитационного моделирования, представлены в таблице 2 и на рисунках 1–3.

В качестве ФМн сигнала рассмотрен сигнал, содержащий код Баркера (длина кода 7) [4], ФЧМн – код Франка (длина кода 16).

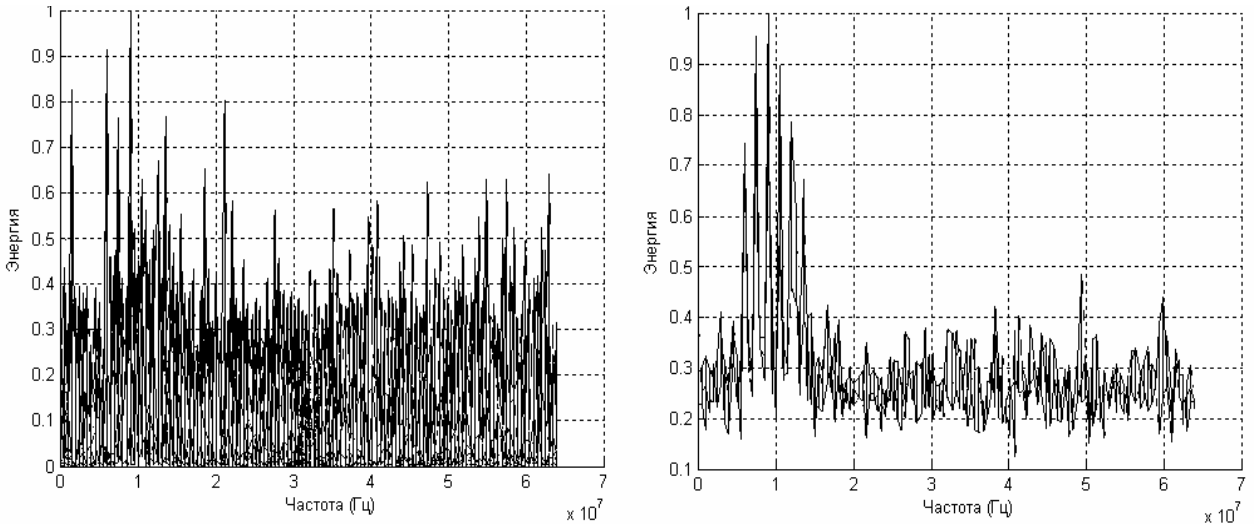
Проведенный анализ результатов имитационного моделирования позволяет сделать следующие выводы:

1. Применение модифицированного варианта алгоритма позволяет получить выигрыш в соотношении сигнал/шум до 8 дБ (табл. 2). Величина выигрыша прямо пропорциональна длине интеграции (*l*).



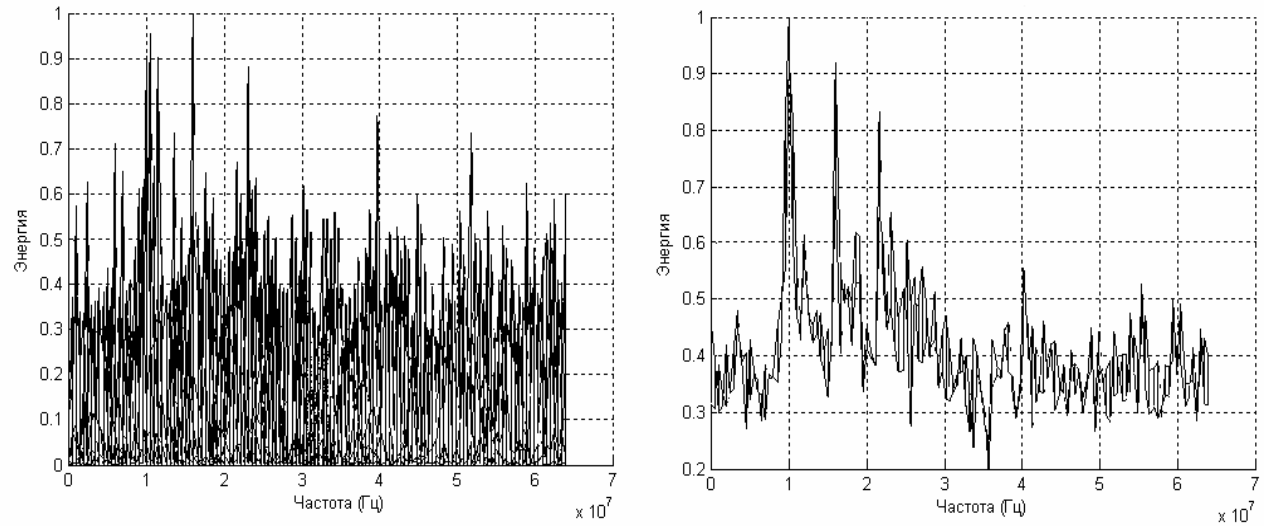
а) *б)*

Рис. 1. Спектр ЛЧМ сигнала: длина интегратора l_1 =1 (*а*); длина интегратора l_3 =25 (*б*)



а) *б)*

Рис. 2. Спектр ФМн сигнала: длина интегратора l_1 =1 (*а*); длина интегратора l_3 =24 (*б*)



а) б)

Рис. 3. Спектр ФЧМн сигнала: длина интегратора l_1 =1 (*а*); длина интегратора l_3 =50 (*б*)

Таблица 2

Результаты моделирования

Вид модуляции	Длины интеграторов l_1, l_2, l_3:	Средние значения амплитуд $A(l_1)$, $A(l_2)$, $A(l_3)$	Значение Δ (дБ) для длин интеграторов		
			l_2 и l_1	l_3 и l_2	l_3 и l_1
ЛЧМ	1; 5; 25	29; 146; 733	3,4	3,4	6,8
ФМн	1; 4; 24	30; 119; 710	3,0	3,9	6,9
ФЧМн	1; 25; 50	29; 741; 1400	6,9	1,6	8,4

2. Предложенный модифицированный алгоритм наиболее эффективен при процедуре выделения ФМн и ФЧМн сигналов с низким отношением сигнал/ шум.

3. Для обнаружения ЛЧМ сигналов целесообразно применение интеграции с параметром l=1.

4. Модифицированный вариант алгоритма анализа позволяет обнаруживать и производить предварительную оценку параметров ФМн и ФЧМн сигналов при соотношениях сигнал/шум вплоть до –6 дБ, что является важным преимуществом при анализе излучений МРЛС.

5. С увеличением длины интеграции ухудшается частотно-временное разрешение, что приводит к необходимости совместного анализа полученных спектрограмм с разными длинами интеграции.

Заключение

Рассмотрена задача анализа сигналов малозаметных радиолокационных станций с помощью модифицированного варианта алгоритма на основе оконного дискретного преобразования Фурье.

Доказано, что применение данного алгоритма позволяет получить выигрыш в соотношении сигнал/шум до 8 дБ, а также эффективно выделять из шума и анализировать ФМн и ФЧМн сигналы малозаметных радиолокационных станций.

Для получения более полной картины об исследуемом сигнале, необходим совместный анализ полученных данных с разными длинами интеграции.

Список литературы

1. Pace Phillip E. Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar. Artech House, 2009. 857 p.
2. Айфичер Эммануил С., Джервис Барри У. Цифровая обработка сигналов: [пер. с англ.]. М.: Вильямс, 2004. 992 с.
3. Лайонс Ричард. Цифровая обработка сигналов: [пер. с англ.]. М.: «Бином пресс», 2006. 656 с.
4. Коротков А.В. Частотно-временной анализ сигналов малозаметных радиолокационных станций, с использованием вейвлет-преобразования // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2011. № 5. С. 44–48.

Получено 30.11.12.

I.E. Mukhin, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: okbavia@fitmail.ru)

A.V. Korotcov, Post-Graduate Student, Military Space Academy A.F. Mozhaiskogo (Sanct-Petersburg) (tel.: 8(919) 56-01-351)

A.I. Muhin, Post-Graduate Student, Military Space Academy A.F. Mozhaiskogo (Sanct-Petersburg) (tel.: 8(964) 32-35-466)

REVISED VERSION OF ALGORITM OF ANALYZNG SIGNALS FROM LOW OBSERVABLE

A task of analyzing signals from low-observable radars is considered. The article contains a revised version of an algorithm based on a non-coherent integration of output readouts of discrete Fourier transformation. This algorithm makes it possible to take into account the peculiarities of signals of class, primarily low signal-to-noise ratio.

Key words: *spectral analysis, integration, low-observable radars.*

УДК 517.711.3

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

MATHCAD – ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГРАММ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОСКИХ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Дано описание системы алгоритмов и программ, разработанных в системе математических вычислений пакета MATHCAD для решения плоских задач теории теплопроводности. Приведено сопоставление результатов расчетов с приведенными в литературе.

Ключевые слова: *конечные элементы, краевая задача, слабая форма краевой задачи, генератор сеток, компьютерное моделирование.*

***

Важность и универсальность метода конечных элементов в настоящее время не вызывает сомнения у специалистов. В то же время ясно, что разработка инновационной техники широким фронтом затрудняется тяжеловесностью и чрезмерной общностью больших конечно-элементных пакетов. Представляется полезной разработка и поддержка небольших мобильных проблемно-ориентированных наборов программ по методу конечных элементов, проводимая силами самих научных коллективов.

Описание MATHCAD-программы решения плоских тепловых задач

Расчет по методу конечных элементов включает большой объем разнообразных вычислений, и поэтому любая программа ЭВМ, реализующая этот метод, должна быть эффективно разбита на отдельные модули, сохраняя при этом свою математическую и алгоритмическую корректность. В описываемой и реализованной системе конечно-элементных расчетов имеется ряд основных и вспомогательных модулей, центральным из которых является программа

$solve\_FEM(Data)$ – центральный решающий модуль, который по массиву данных $Data$ плоской задачи теплопроводности методом конечных элементов находит распределение температур в узлах сетки, и величины тепловых потоков через одну или несколько заданных поверхностей.

Массив $Data$ определяет специфику данной конкретной задачи и может быть построен как вручную, так и программным путем. Этот массив входных данных имеет следующие компоненты:

$Data_1 = Nu$ – число узлов сети конечных элементов;

$Data_2 = Ne$ – количество всех элементов (т.е. треугольников);

$Data_3 = U$ – массив узлов:

Каждая строка U_i в массиве U имеет следующие компоненты:

$\begin{pmatrix} x & y & tip & T \end{pmatrix}$, где x, y – координаты узла, tip – тип узла, равный 1, если этот узел граничный и в нем задается температура T по граничному условию Дирихле, и 0 в противном случае; T – температура в узле, заданная по граничному условию или найденная в результате расчета;

$Data_4 = L$ – матрица характеристик элементов, эта матрица имеет размерность $Ne \times 7$, и каждая строка $L_{i,\bullet}$ характеризует i-й конечный элемент и имеет следующие компоненты ($i\ j\ k\ K\ H\ Ta\ Q$), где i, j, k – глобальные номера узлов элемента при обходе вершин элемента против часовой стрелки, K – коэффициент теплопроводности в пределах данного элемента; H – коэффициент конвективной теплоотдачи с поверхности элемента или –1, если такая теплоотдача не осуществляется, Ta – внешняя температура на бесконечности, если $H > -1$, Q H > –1 плотность мощности внутренних источников тепла в элементе и 0, если внутренние источники отсутствуют;

$Data_5 = Conv$ – матрица граничных ребер, где задаются условия Неймана, это матрица размерности $Nc \times 5$, где Nc – количество таких граничных ребер, каждая строка которой $Conv_{i,\bullet}$ имеет компоненты: $\begin{pmatrix} i_1 & i_2 & h & T_c & F_0 \end{pmatrix}$, где i_1, i_2 – номера вершин граничного ребра, на котором заданы условия конвекции или потока, h – коэффициент конвекции с боковой поверхности в пределах данного граничного ребра, T_c – температура на бесконечности во внешности тела, F – плотность заданного выходящего потока или 0, если заданный поток на ребре отсутствует;

$Data_6 = Td$ – вектор заданных температур в первых Nt узлах, где задаются граничные условия типа Дирихле;

$Data_7 = t$ – толщина плоского конечного элемента, если моделируется температурное поле пластины, и 1, если рассматривается поперечное сечение цилиндрического тела;

$Data_7 = Pov$ – массив, описывающий одну или несколько поверхностей, для которых вычисляется проходящий тепловой поток.

Сопоставление программы с контрольным примером

В [1] рассмотрен иллюстративный пример расчета стационарного плоского поля температур на примере задачи о термоизоляции линейного тепловода кругового сечения, расположенного симметрично в теплоизолирующем слое квадратного сечения. Предполагается, что внешняя поверхность теплонесущей трубы имеет заданную температуру, от той поверхности по теплоизолирующему слою тепло передается по закону теплопроводности Фурье, с поверхности прямоугольной оболочки в атмосферу теплообмен осуществляется на основе линейной конвекции (рис. 1).

В силу наличия трансляционной симметрии в [1] данная задача решалась в плоской постановке по схеме, показанной на рисунке 2.

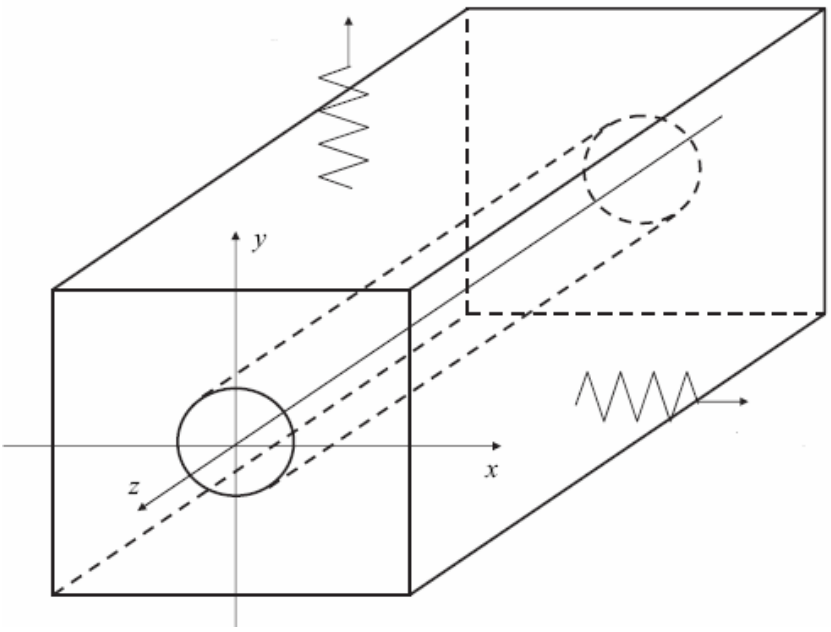


Рис. 1. Задача о теплоизолирующем слое прямоугольного сечения

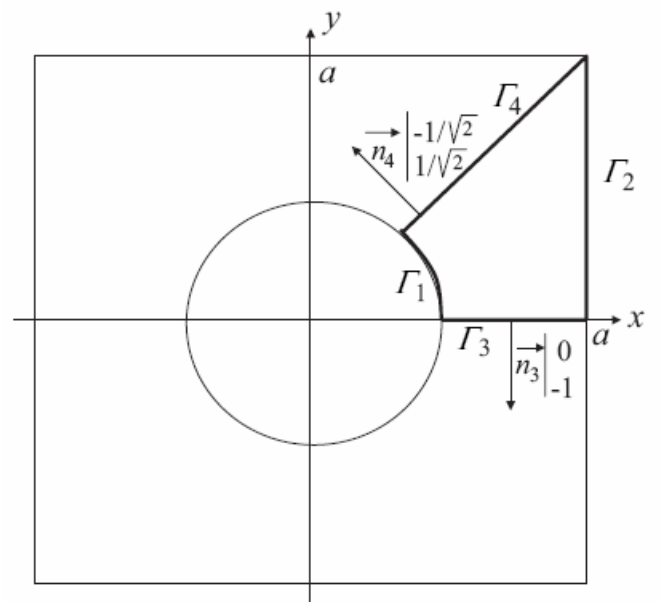


Рис. 2. Расчётная схема для задачи метода конечных элементов

За область расчета была принята область Ω – половина внешности круга, расположенная в первой координатной четверти, ограниченная контуром $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma_3 \cup \Gamma_4$, и в этой области рассматривалась краевая задача следующего вида:

$$\begin{cases} \lambda \left(\dfrac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (x, y) \in \Omega; \\ T = T_{\text{int}} \quad (x, y) \in \Gamma_1; \\ \lambda \cdot \dfrac{\partial T}{\partial x} = h\left(T_{ext} - T\right) \quad (x, y) \in \Gamma_2; \\ \text{grad}\left(T\right) \cdot \overline{n}_3 = -\dfrac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (x, y) \in \Gamma_3; \\ \text{grad}\left(T\right) \cdot \overline{n}_4 = -\dfrac{\sqrt{2}}{2} \cdot \left(\dfrac{\partial T}{\partial x} - \dfrac{\partial T}{\partial y} \right) = 0 \\ \qquad\qquad (x, y) \in \Gamma_4. \end{cases} \tag{1}$$

Первое уравнение – это уравнение Лапласа для поля температур $T(x, y)$ внутри области, второе уравнение – краевое условие типа Дирихле заданной температуры на поверхности трубы, третье – краевое условие линейной конвекции с поверхности теплоизолятора в атмосферу, четвертое и пятое уравнения – нулевые условия Неймана на границах раздела по плоскостям пространственной симметрии области теплоизоляции.

При решении задачи были использованы следующие значения параметров:

R =2 мм – радиус тепловода;

a = 6 мм – сторона сечения слоя теплоизоляции;

$\lambda = 0.03$ Вт/(мм·К) – значение теплопроводности материала термоизоляции;

$T_{\text{int}} = 100°\text{C}$ – температура на поверхности тепловода;

$T_{ext} = 20^{\circ}\text{C}$ – температура внешней среды на бесконечности;

$H = 0.01$ Вт/(мм^2·К) – коэффициент конвекции с теплоизолятора в воздух.

В [1] выполнялся расчет по методу конечных элементов на сетке, представленной на рисунке 3, и были получены результаты в форме стационарного температурного поля.

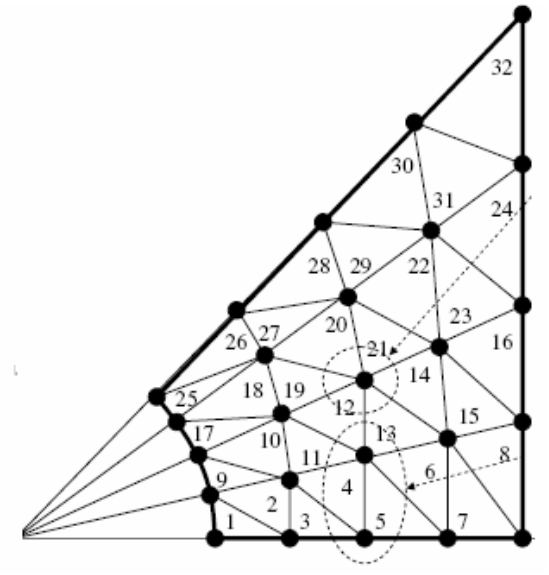


Рис. 3. Расчётная сетка по методу конечных элементов

Для этого поля были получены такие характеристики $T_{\max} = 100$ и $T_{\min} = 30.011$ – соответственно максимальное и минимальное значения в области расчета.

Для контроля правильности программы данная задача была решена также путем использования описываемого MATHCAD-пакета. По программе $Help3\ (Nf, Nr, K, H, T, a, R)$ пакета была автоматически построена сетка треугольных конечных элементов вида, приведённого на рисунке 4, автоматически составлен массив данных *Data* и вызовом описанной ранее программы $solve\_FEM(Data)$ получено поле температур, поле тепловых потоков в изучаемой области, а также суммарный тепловой поток, выходящий за границу области, т.е. были рассчитаны удельные теплопотери через изолирующий слой. Для примера рассмотрим расчетное поле температур в узлах. Это поле можно выделить их всей совокупности расчетных данных FE в отдельный массив по формуле $T := (FE_1)_1$. Если мы далее найдем минимальную и максимальную температуру в изучаемой области по формулам MATHCAD $\min(T) = 30.026$ и $\max(T) = 100$, то убедимся в хорошем соответствии этих значений с аналогичными, приведенными в [1].

Остановимся на важных особенностях программы автоматической генерации сетки $Help3(Nf, Nr, K, H, T, a, R)$.

В этой программе использовались параметры: $Nf = 4$ – количество радиальных слоев сетки, $Nr = 4$ – количество концентрических слоев в пределах каждого радиального слоя, $K = (0{,}03)$ – массив различных теплопроводностей, используемых при построении исходных данных, $H = (0.01)$ – массив коэффициентов тепловой конвекции, a = 6 – сторона сечения внешней оболочки, $R = 2$ – радиус внутренней трубы. Эта программа относится к изменяемой части пакета, пишется в рамках MATHCAD специалистом, решающим конкретную задачу, и использует такую геометрическую специфику изучаемой области, как возможность ее разбития на прилегающие по сторонам полосы, которые обрабатываются стандартным модулем пакета.

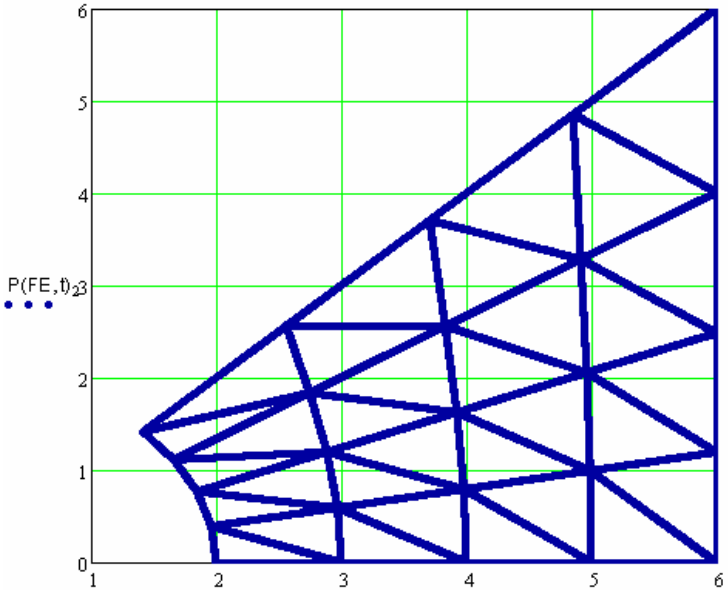


Рис. 4. Сетка, построенная в MATHCAD-пакете

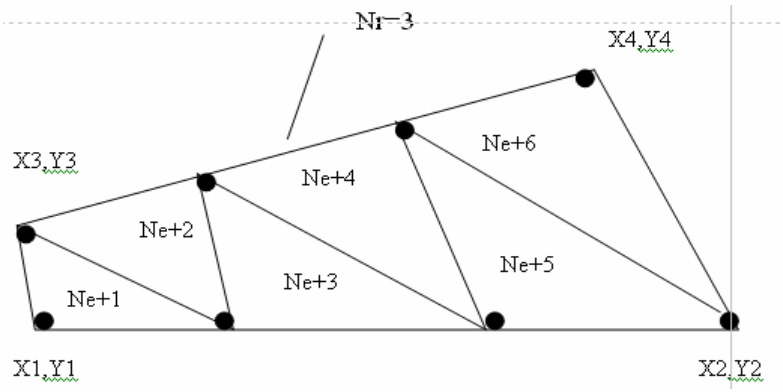


Рис. 5. Схема применения подпрограммы *Help*2

Очень полезна утилита

$$Help2(x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4,$$
$$Nr, Nu, Ne, Uz, L, k, T, a, R, eps)$$

которая позволяет выделять конечные элементы в некоторой полосе области анализа по схеме, показанной на рисунке 5.

Как правило, в технических приложениях геометрические области можно разбить на стандартные блоки и генерировать расчетную сетку, опираясь на эти особенности, что более предпочтительно, чем вызвать сложные общие программы генерации сеток для произвольных областей.

Особенностью описываемого пакета является легко достижимая возможность интегрировать все подпрограммы в одну конечную MATHCAD-функцию по следующему образцу:

$$FE = Solve(Nf, Nr, H, T, a, R, eps),$$

а далее обычным путем, в рамках MATHCAD, проводить всестороннюю оптимизацию и настройку параметров технической системы.

Список литературы

1. Корнеев В.Г. Схемы метода конечных элементов высоких порядков точности. Л., 1977. 205 с.

2. Лоран П.-Ж. Аппроксимация и оптимизация: [пер. с фран.]. М.: Мир, 1975.

3. Митчелл Э., Уэйт Р. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными [пер. с англ.]. М.: Мир, 1981.

Получено 14.12.12.

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

MATHCAD-TARGETING SYSTEM SOFTWARE FOR THE MATHEMATICAL SIMULATIONS OF THE PLANE PROBLEM HEAT FINITE ELEMENT METHOD

A description and results of MATHCAD program of finite elements method for 2d heat problem are given.

Key words: *finite elements, boundary value problem, a weak form of the boundary value problem, mesh generator, computer simulation.*

УДК 680.5.01

А.Г. Спеваков, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: alexgsp@yandex.ru)

МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрены основные этапы обработки и анализа изображений движущихся объектов, разработаны методы, позволяющие выделить движущийся объект оптико-электронной системой.

Ключевые слова: *оптико-электронная система, движущиеся объекты, анализ изображений, система технического зрения.*

***

В настоящее время в различных отраслях науки и промышленности широкое применение находят оптико-электронные устройства (ОЭУ), обладающие техническим зрением и адаптирующиеся к изменяющимся условиям работы. Особое место в использовании ОЭУ занимает процесс слежения за движущимися объектами, который применяется в автоматических системах видеонаблюдения, системах аутентификации доступа, при контроле качества изделий в производственных процессах, проведении испытаний и так далее.

Задача выделения динамического объекта, движущегося по не известной траектории, включает в себя одновременно восстановление изображения объекта и определения параметров его траектории.

Этапы обработки включают:

– локализацию областей изображения;

– идентификацию динамического объекта;

– определение пространственных координат динамических объектов.

Под локализацией динамических объектов понимается выделение областей изображения как матрицы M×N, в которых непосредственно содержатся изображения динамических объектов. Процесс обнаружения и локализации объектов изображения происходит путем обработки первичного и корректирующего кадров n и $(n+t)$:

$$Kp_{i,j} = Kn_{i,j} - K(n+t)_{i,j}, \qquad (1)$$

где $Kp_{i,j}$ – результирующий кадр изображения;

$Kn_{i,j}$ – первичный кадр;

$K(n+t)_{i,j}$ – корректирующий кадр.

Первичный и корректирующий кадры изображения разбиваются на множество прямоугольных областей Bn (рис. 1). Размер области Bn подбирается опытным путем в зависимости от размеров динамических.

Обозначим соседние с областью Bn области как B_n^m, где m – номер соседней

области. Локализация динамических объектов сводится к последовательной обработке множества прямоугольных областей Bn и проверкой на условие (2), где P – значение порога яркости, подбираемого опытным путем. Если условие истинно более чем в половине области Bn, то делается заключение о нахождении в данной области динамического объекта, при этом оставшаяся часть Bn не анализируется, в противном случае область очищается, а все ссылки на нее от соседних областей удаляются. На следующем шаге проверяется условие (2) для области, соответствующей B_n^m, если оно истинно, то область B_n^m и область Bn объединяются, при этом область Bn наследует ссылки на множество соседних областей области B_n^m:

$$\text{Если } \left| \mathrm{E}_{\mathrm{K,n}}^{\mathrm{m}}(x,y) - \mathrm{E}_{\mathrm{K+t,n}}^{\mathrm{m}}(x,y) \right| \geq P, \quad (2)$$

где $\mathrm{E}_{\mathrm{K,n}}^{\mathrm{m}}$ (x,y) – значение яркости пиксела с координатами (x,y) в К-м кадре, *m*-й области, соседней области Bn.

Тогда соседними областями вновь созданной области будут все соседние области исходной и присоединенной области. В результате образуются связные области, которые содержат изображения движущихся объектов. Поиск динамических объектов начинается по периметру кадра изображения, так как объекты в основном появляются преимущественно по краям кадра.

После обработки К и К+t кадра получаем замкнутые области, в которых содержатся динамические объекты.

Под идентификацией динамических объектов понимается сопоставление объектов на первичном и корректирующем кадре, путем сравнения внешнего контура и площади объекта. На первом этапе выделяются крайние точки контура динамического объекта:

$$\begin{aligned} d_1^i &= \min(y); \\ d_2^i &= \min(x); \\ d_3^i &= \max(y); \\ d_4^i &= \max(x), \end{aligned} \quad (3)$$

где i=1,2 – номер кадра.

На втором этапе происходит сопоставление соответствующих крайних точек контуров динамического объекта, полученных при анализе на первичном и корректирующем кадрах (рис. 2), и проверка условия:

$$\begin{aligned} &\left| d_1^1 - d_1^2 \right| \& \left| d_2^1 - d_2^2 \right| \& \\ &\& \left| d_3^1 - d_3^2 \right| \& \left| d_4^1 - d_4^2 \right| \leq \varepsilon \end{aligned} \quad (4)$$

где ε – допустимое значение расхождения, определяется опытным путем.

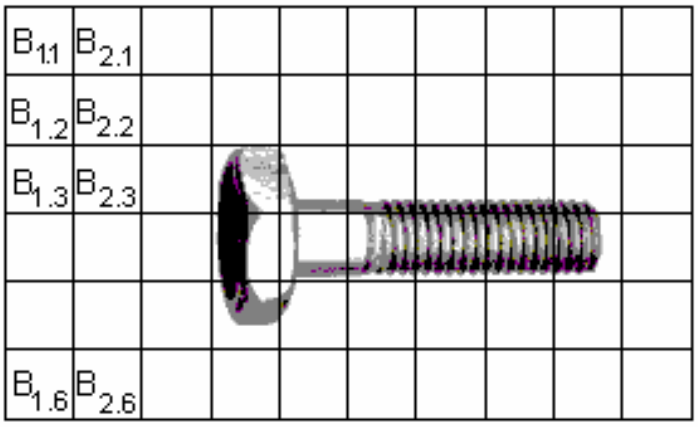


Рис. 1. Разбиение кадра изображения на локальные области

Если условие истинно, то объект идентифицирован.

На следующем этапе происходит определение площади выделенных объектов S_1 и S_2 для объектов, находящихся на первичном и корректирующем кадре соответственно. Для расчета площади объекта S обозначим область внутри внешнего контура объекта как R, состоящей из множества пикселов p. Тогда площадь объекта определяется выражением

$$S_i = \sum_{R_i} p_i \ , \qquad (5)$$

где *i* – номер кадра.

Расчет площади осуществляется как для объекта, полученного при анализе первичного кадра, так и для объекта, полученного при анализе корректирующего кадра (рис. 3).

Далее проверяется условие соответствия площадей объектов находящихся на различных кадрах:

$$|S_1 - S_2| \le \xi, \qquad (6)$$

где ξ – допустимая погрешность, определяемая опытным путем.

В случае, если линейного перемещения не обнаружено, а происходит увеличение площади объекта, объект идентифицируется как динамический, движущийся в плоскости Z. Для определения пространственных координат динамических объектов расположим датчики изображения так, что их оптические оси будут параллельны, а прямая, проходящая через оптические центры, перпендикулярна оптическим осям, эта прямая называется базовой линией, а ее отрезок, заключенный между оптическими центрами, B – базой.

Стереоизображение включает два отдельных вида изображаемого объекта. Требуется определить координаты (X,Y,Z) точки P, заданной проекциями $p(x_1,y_1)$ и $p(x_2,y_2)$ её изображения на матричные фотоприемники датчиков изображения. Рассмотрим более детально систему координат стереоскопической СТЗ и построим ее геометрическую модель (рис. 4).

Рассмотрев соответствующие треугольники, можно установить взаимосвязь между точкой P(X,Y,Z) и координатами (x, y) ее проекции на матричный фотоприемник.

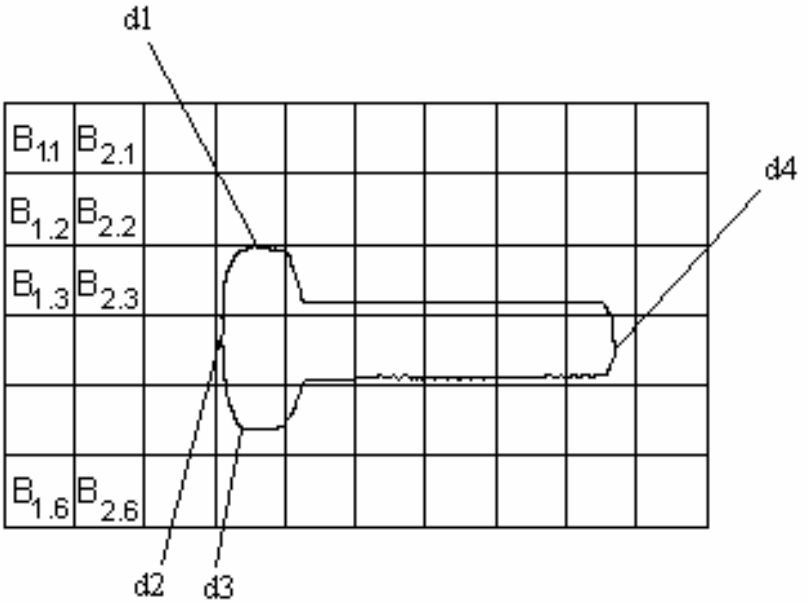


Рис. 2. Выделение крайних точек контура динамического объекта

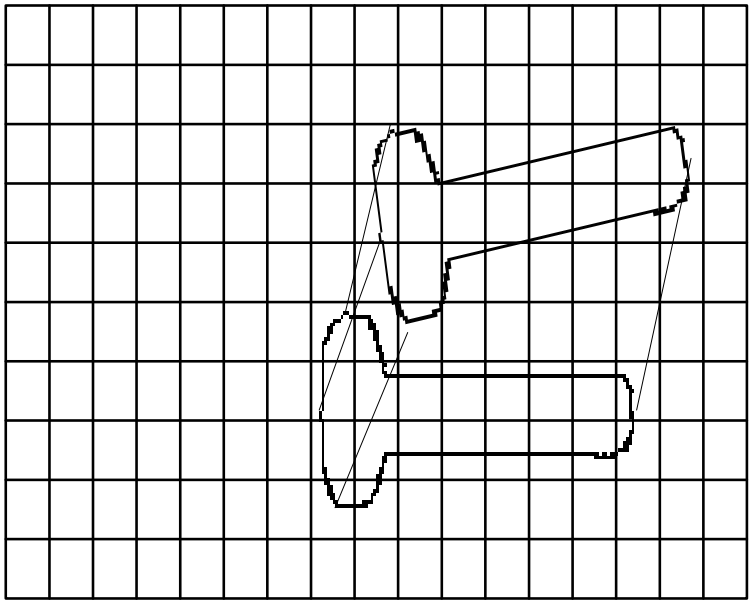


Рис. 3. Сопоставление контуров динамического объекта на первичном и корректирующем кадре

Для определения координат точки P(X,Y,Z) выразим координату Z:

$$z_1 = \left(\frac{B}{2} + \Delta X\right) \cdot \mathrm{tg}\alpha + f; \qquad z_2 = \left(\frac{B}{2} - \Delta X\right) \cdot \mathrm{tg}\beta + f; \tag{7}$$

$$z_1 = \left(\frac{B}{2} + \Delta X\right) \cdot \frac{f}{\Delta x_1} + f; \qquad z_2 = \left(\frac{B}{2} - \Delta X\right) \cdot \frac{f}{\Delta x_2} + f, \tag{8}$$

где f – фокусное расстояние линзы.

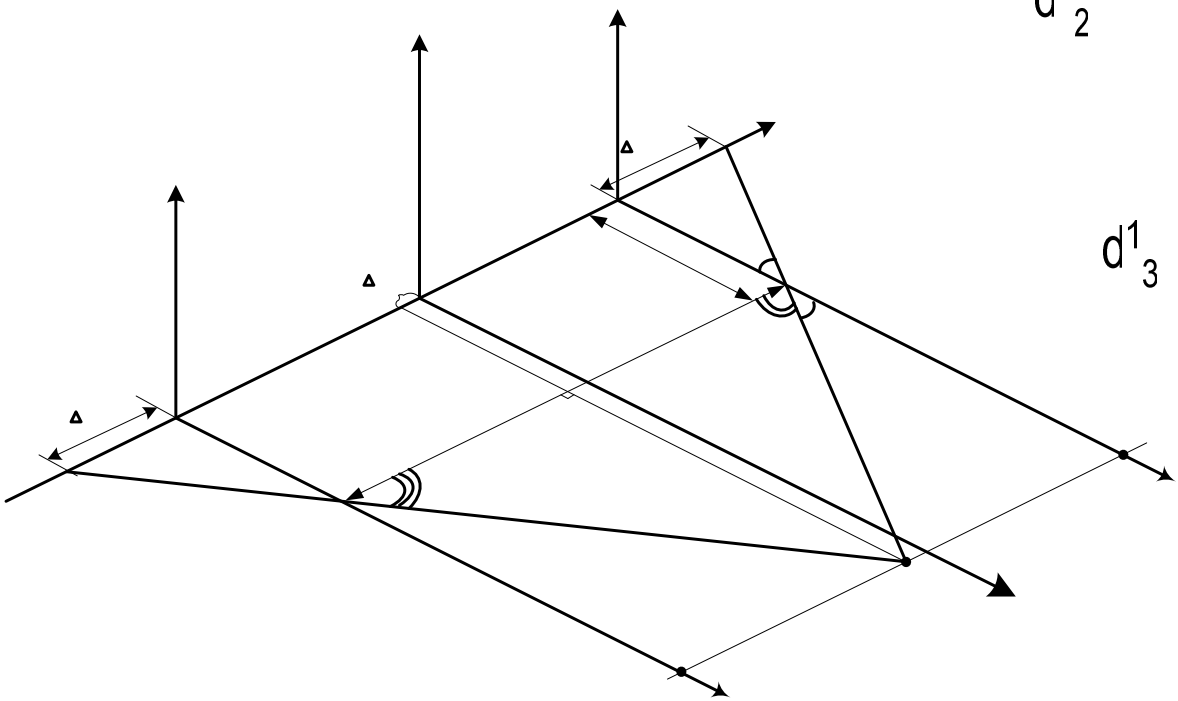


Рис. 4. Геометрическая модель стереоскопической СТЗ: O,X,Y,Z – система координат, в которой происходит определение пространственных координат динамических объектов; x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2 – системы координат первого и второго датчиков изображения соответственно

Из рис. 4 видно, что координата Z точки P одинакова для всех систем координат, т.е. $Z = z_1 = z_2$.

Исходя из этого решим систему уравнений:

$$\begin{cases} Z = \left(\frac{B}{2} + \Delta X\right) \cdot \frac{f}{\Delta x_1} + f; \\ Z = \left(\frac{B}{2} - \Delta X\right) \cdot \frac{f}{\Delta x_2} + f. \end{cases} \quad (9)$$

Выразим ΔX:

$$\Delta X = \frac{B}{2} \cdot \frac{(\Delta x_2 - \Delta x_1)}{(\Delta x_2 + \Delta x_1)}. \quad (10)$$

Из соотношения (9) выразим Z:

$$Z = \left(\frac{B}{2} + \frac{B}{2} \cdot \frac{(\Delta x_2 - \Delta x_1)}{(\Delta x_2 + \Delta x_1)}\right) \cdot \frac{f}{\Delta x_1} + f. \quad (11)$$

Координата Y определяется как

$$Y = -y_1 = -y_2.$$

Данный метод позволяет определять пространственные координаты любой точки, находящейся в поле зрения стереоскопической СТЗ. Точность метода во многом зависит от базового расстояния между датчиками изображения.

Получено 14.12.12.

A.G. Spevakov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: alexgsp@yandex.ru)

METHOD OF ALLOCATION MOVING OBJECTS

The structure of the system for the allocation of moving objects. The basic steps of image processing and analysis of the objects.

Key words: *optical-electronic system, moving objects, image analysis, computer vision system.*

УДК 577.3

Е.К. Еськов, д-р биол. наук, профессор, Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха Московской области) (e-mail: ekeskov@yandex.ru),

В.А. Тобоев, д-р биол. наук, доцент, Чувашский государственный университет (Чебаксары) (e-mail: stoboev@gmail.com

А.Ф. Рыбочкин, д-р техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: Anat_ryboch@mail.ru)

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В СКОПЛЕНИЯХ АГРЕГИРУЮЩИХСЯ ПЧЕЛ

Прослежена динамика тепловых процессов в гнездах зимующих пчелиных семей. Определены связи между плотностью распределения пчел и тепловых полей. Обнаружена сезонная изменчивость реагирования зимующих пчел на колебания внешней температуры. Установлено уменьшение реагирования изменением терморегуляторной активности пчел на колебания внешней температуры от начала к завершению зимовки, что обусловлено наличием у них генетически закрепленной программы саморегуляции.

Ключевые слова: *медоносная пчела, терморегуляция, тепловые поля, агрегирование, адаптация.*

***

Медоносная пчела характеризуется высокой вероятностью случайного для отдельно взятой особи и закономерного для всей семьи, функционирующей как интегральное целое. Несмотря на невысокую эффективность и непредсказуемость поведения отдельных пчел, возникают характерные согласованные взаимодействия в масштабе пчелиной семьи. Упорядоченность и пластичность этой структуры позволяют поддерживать коллективный режим, охватывающий межсотовые пространственные области и временные интервалы. В случае непредсказуемой вариабельности внешней среды образование постоянной и устойчивой структуры может привести к нарушению оптимальных режимов жизнедеятельности пчелиной семьи. Поэтому возможная реакция пчел на такие изменения состоит

в том, чтобы создавать пространственные и/или временные структуры, позволяющие максимально адаптироваться к разнообразным изменениям условий среды.

С точки зрения способности к адаптации первичным механизмом, лежащим в основе столь высокой пластичности пчел в масштабе целостной семьи, является переход между различными типами поведения, вызываемый внешними условиями. Случайный характер внешней среды выступает в роли некоторого регуляторного элемента, необходимого для контроля возможных состояний, а упорядоченность позволяет поддерживать коллективное взаимодействие.

К скоординированным ответам пчел на понижение внешней температуры относится их агрегирование в наиболее теплых зонах смежных сотов. В отличие от одиночно живущих насекомых медоносная пчела, адаптируясь к холодному климату, не приобрела или, возможно, утратила способность к длительной и глубокой приостановке жизнедеятельности [2]. При слабой физиологической приспособленности отдельных пчел к холоду и биологической нецелесообразности диапаузирования обеспечение жизнеспособности пчелиных семей при низких температурах возможно только при образовании структур (скоплений), позволяющих поддерживать коллективный режим. Поведение пчел в таком скоплении обусловливается взаимосвязью и взаимозависимостью между членами пчелиной семьи, что является выражением самоорганизации.

Необходимость зимующих пчел потреблять корм вынуждает поддерживать в скоплении зону с предпочитаемым интервалом температур (при отсутствии расплода), где пчелы могут свободно передвигаться и находятся в состоянии относительного покоя. Пчелы, агрегирующиеся вокруг этой зоны, выполняют терморегуляторную функцию.

Холодовое агрегирование начинается при понижении температуры с 20 до 16 ^{o}C. Вначале пчелы спорадически образуют небольшие скопления, имеющие доступ к кормовым запасам. Насытившись, пчелы могут покидать места скопления и потребления корма. При дальнейшем понижении температуры, приближающейся к ее значениям, стимулирующим холодовое оцепенение, пчелы активнее группируются и затем плотно локализуются в органичном пространстве. Образование зимнего скопления, называемого в пчеловодстве «клубом», при прочих равных условиях зависит от численности пчел в семье. По наблюдениям, в небольших семьях пчелы начинают агрегироваться при 13 °C, в средних – при 7 °C и в сильных при 5 ^{o}C [3]. В изолированных группах при 20 ^{o}C агрегируется 28% пчел, при 15 °C – 77%, а при 10 °C – 100% [4].

Настоящая работа посвящена изучению влияния внешней температуры на процессы холодового агрегировния пчел и регуляцию ими температуры.

Построение и исследование математических моделей распределения температурных полей основано на изучении натурных процессов теплопродукции и теплоотдачи, происходящих в скоплениях пчел. Они содержались в специальных ульях, сотовые рамки которых шарнирно соединялись с одной стороны, что позволяло их раздвигать, подобно листам альбома. Для изучения распределения тепловых полей и тепловыделения скоплениями агрегирующихся пчел применяли тепловизоры ИРТИС-2000 и ThermaCam S3000.

Моделируя механизмы терморегуляции, исходили из того, что скопления агрегирующихся пчел представляют собой сферически симметричные пространственные структуры, внутри которых теплоотдача происходит посредством проводимости через пчел и частично конвекцией через воздушные зазоры между пчелами. Основным стимулом, на который агрегирующиеся насекомые реагируют изменением занимаемого объема, является внешняя температура. От нее и от локализации в скоплении

зависит стратегия поведения каждой пчелы, ее участие в терморегуляции.

На место локализации пчел в гнезде влияют местоположение летка, распределение меда на сотах, утепление. С одной стороны, пчелы стремятся занять пустые ячейки, с другой – верхнюю, более теплую часть гнезда. Поэтому у многих семей при обычном утеплении с осени пчелы локализуются в верхней части гнезда, смещенной к передней стенке улья, занимая не только пустые, но и медовые соты (рис. 1).

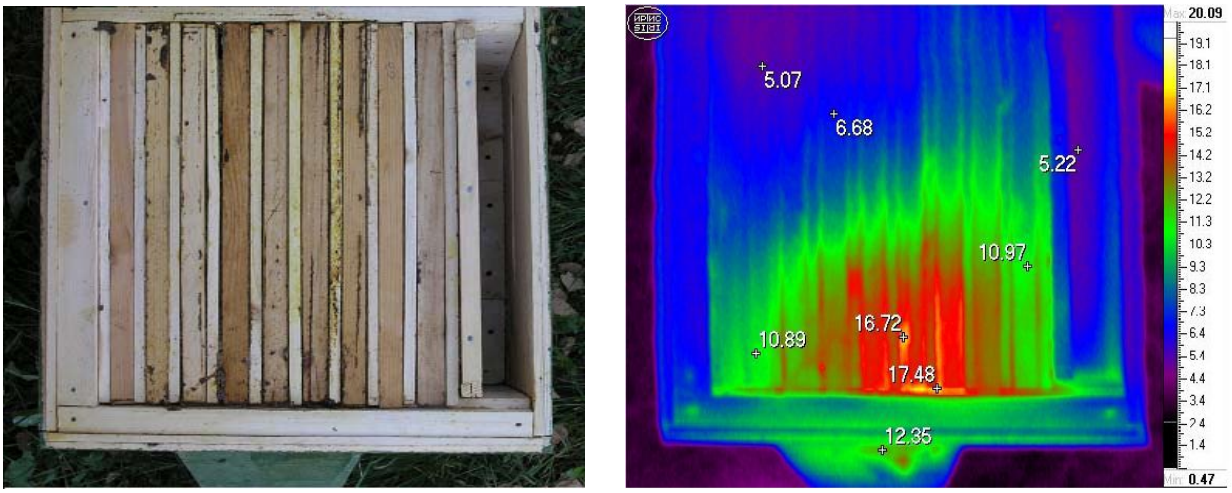


Рис.1. Вид сверху и инфракрасная термограмма поверхностей верхних брусков гнездовых рамок подготовленной к зимовке пчелиной семьи массой 1,8 кг. Пчелы локализованы в верхней части гнезда, смещенной к передней стенке улья. Температура окружающей среды 3 °С

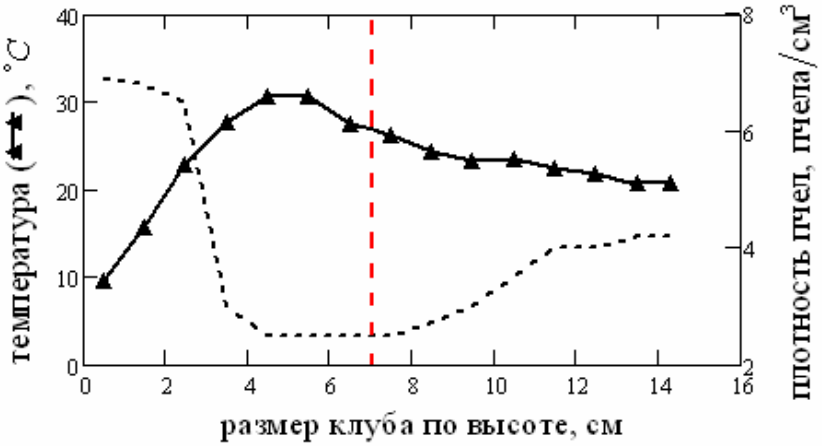


Рис. 2. Распределения температуры и плотности в скоплении пчел (центральное межсотовое пространство пчелиной семьи массой 1.8±0.2 кг при внешней температуре –15.7 °С): вертикальная пунктирная линия соответствует геометрическому центру скопления пчел (их плотность определялась по картам распределения контрастов поверхностных температур в межрамочном пространстве, снятым тепловизором через тонкую полиэтиленовую пленку)

В смежных межсотовых пространствах локализуется неодинаковое количество пчел, их плотность зависит от температуры в разных зонах гнезда. Поскольку наибольшему охлаждению подвергается нижняя часть межсотового пространства, то плотность агрегации пчел в этой зоне достигает наибольшего значения (рис. 2). Плотность пчел минимальна в предпочитаемой пчелами температурной зоне, здесь они могут свободно передвигаться. Над этой зоной в соответствии с температурным градиентом плотность агрегации выше, чем в

центре, но ниже, чем в нижней части локализации пчел. Поэтому неоднородная агрегация пчел обусловлена влиянием внешней температуры и необходимостью поддержания разогретой зоны.

Регулирование температуры в определенной внутренней зоне гнезда является результатом поведения каждой пчелы, стремящейся остаться в тех температурных пределах, которые соответствуют ее индивидуальной физиологии. Подтверждением этому служит отсутствие сведений о контактировании между пчелами в теплой зоне и на периферии гнезда [5–7]. Это указывает на отсутствие в скоплении координирующего центра.

На рис. 3 представлена динамика изменения температуры в самой теплой точке гнезда и над поверхностью скопления пчел (непосредственно под рейками) в зависимости от внешней температуры. Для сравнения взяты показания за два месяца наблюдений: в начале и конце зимовки.

Анализ приведенных измерений указывает на наличие сильной корреляционной зависимости между внутригнездовой температурой и внешней в начале зимовки. В ходе зимовки уровень этой связи уменьшается и в ее конце совсем не прослеживается. Если в ноябре анализируемая зависимость была сильно отрицательной (-0.81±0.10), то в марте оказалась слабо положительной (0.13±0.04).

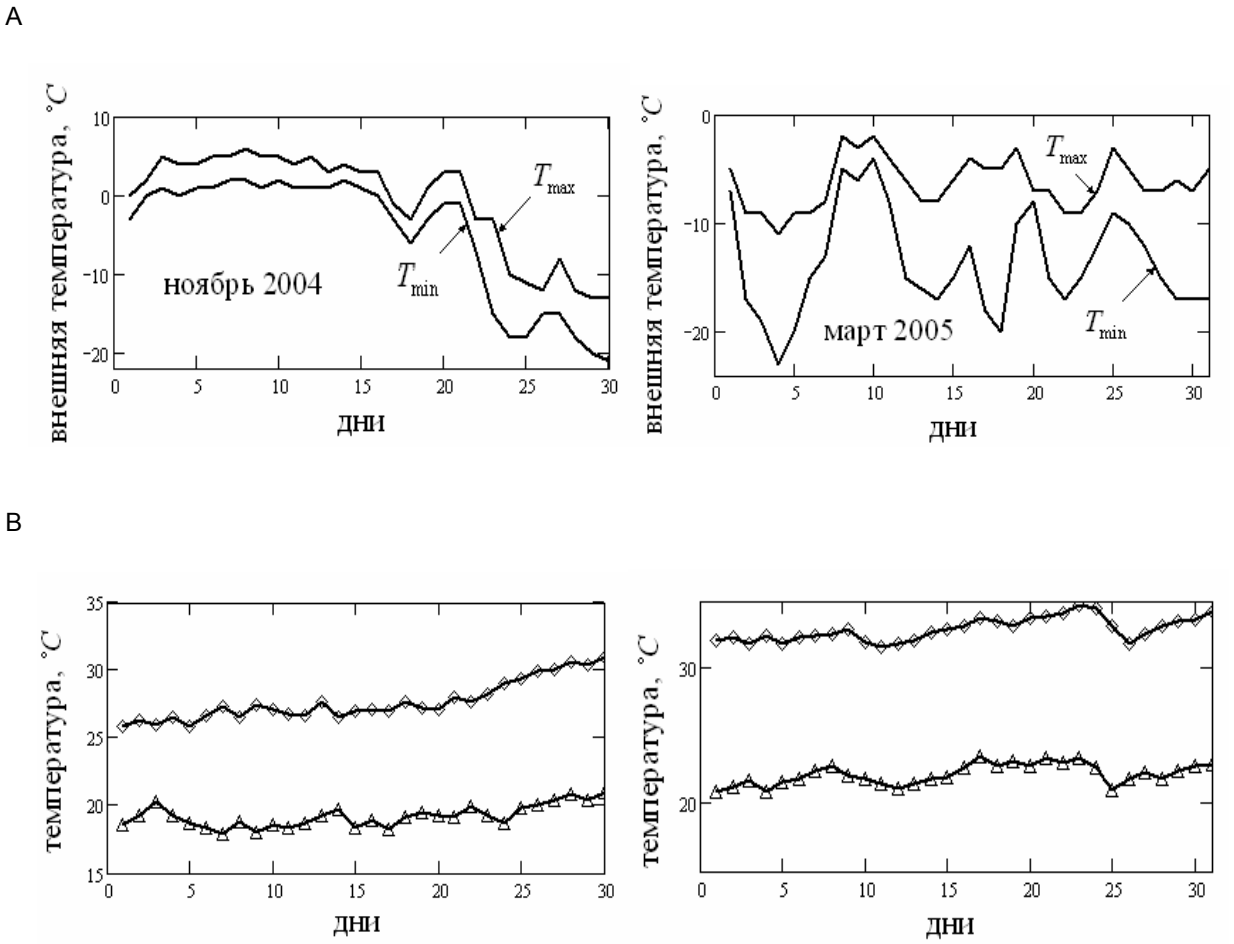


Рис. 3. Динамика изменения внутригнездовой температуры в скоплении пчел:
А – изменение внешней температуры; T_{max} и T_{min} – соответственно наибольшая и наименьшая температуры воздуха в день наблюдения; В – показания температурных датчиков в самой теплой точке гнезда (◇—◇) и над поверхностью агрегации пчел (△—△)
(семья массой 1,8 кг зимовала под открытым небом в типовом 12-рамочном улье)

Степень дисперсии (вариабельности) температурных флуктуаций может служить характеристикой физиологического резерва пчелиной семьи. Чем больше дисперсия, тем больше число возможных состояний и различных типов перехода к ним, т.е. более совершенен приспособительный фактор. Разброс флуктуаций внутренней температуры гнезда начинает уменьшаться с декабря и достигает минимального значения в марте (см. рис. 2). Из этого следует, что в ходе зимовки, пчелиная семья, являясь открытой системой, стремится, «замкнуться» в пределах тех оптимальных температурных параметров, которых она достигла в результате адаптации к внешним условиям.

За весь период зимовки температурный градиент в направлении к верхней поверхности скопления меняется незначительно и не превышает 12 °С. В то время как тепловой поток к нижней поверхности меняется постоянно, а температурный градиент может достигать 24…28 °С при наружной температуре –20...–18 °С.

В зимнем скоплении пчел индекс циркуляции тепла, равный отношению наружного градиента температуры к внутреннему, неодинаков во всех направлениях. Это отношение определяется в первую очередь интенсивностью теплового потока от внутренних точек клуба к оболочке. Она изменяется по форме и структуре под влиянием внешней среды. С уменьшением внешней температуры индекс циркуляции тепла на нижней поверхности увеличивается, а на верхней – меняется незначительно. Увеличение индекса циркуляции в направлении к нижней поверхности приводит к уменьшению теплоизоляции. С этих позиций можно принять, что регуляторную функцию выполняют пчелы, находящиеся ниже теплового центра. С понижением внешней температуры тепловой центр в соответствии с изменением температурного градиента смещается к зоне соприкосновения пчел с холодным воздухом. На это указывает увеличение температурного градиента, а по его крутизне можно судить о возрастании теплового потока к оболочке.

Таким образом, отдельные пчелы, образующие скопление, функционируют как достаточно простые объекты с малым числом эффективных степеней свободы. Каждая пчела внутри скопления в зависимости от местоположения и функциональных возможностей может находиться в трех состояниях: оптимальном, обусловленным тепловым комфортом, в состоянии активной теплогенерации (метаболической активности) и неглубокого оцепенения. С точки зрения минимизации энергетических затрат, а соответственно, и потребления корма предпочтительнее для пчел тот температурный режим, который обеспечивает минимальную продолжительность периода активности и максимальную – оцепенения. Однако пчелы не могут долго находиться в состоянии оцепенения. При увеличении температуры, достаточном для активизации, они стараются выйти из этого состояния и покинуть неблагоприятную для них зону, передвигаясь по температурному градиенту. Поэтому постоянная миграция пчел в теплую часть гнезда, а из нее на периферию и возможность увеличения метаболической активности при определенных температурах за счет микровибраций грудных мышц позволяют им адекватно реагировать на изменения внешней температуры, сохраняя или изменяя как пространственную структуру, так и длительность поддержания температурных параметров в различных зонах гнезда.

Список литературы

1. Еськов Е.К. Экология медоносной пчелы. Рязань: Русское слово, 1995. 392 с.

2. Еськов Е.К. Индивидуальные и социальные адаптации медоносной пче-

лы к зимовке // Успехи современной биологии. 2003. Т. 123, № 4. С. 383-390.

3. Львов О.С. Образование клуба и использование пчелами сотов гнезда в зимний период // Пчеловодство. 1964. № 3. С. 37–44.

4. Free J.B., Spencer-Booth G. Temperature regulation by honeybees // Bee World. 1959. № 7 (40). P. 173–177.

5. Heinrech B. The social physiology of temperature regulation in honeybees // Forschr. Zool. 1985. № 31. P. 393–406.

6. Esch H. The effects of temperature on flight muscle potentials in honeybees and cuculiinid winter months // J.Exp. Biol. 1988. № 135. P. 109–117.

7. Watmough J., Camazine S. Self-organized thermoregulation of honeybee clusters // J. Theor. Biol. 1995. № 176. P. 391-402.

Получено 14.12.12.

E.K. Eskov, Doctor of Sciences, Professor, Russian State Agrarian Correspondence University (Balashiha) (e-mail: ekeskov@yandex.ru),

V.A. Toboev, Doctor of Sciences, Senior Lecturer, Chuvash State University (Chebaksary) (e-mail: stoboev@gmail.com)

A.F. Rybochkin, Doctor of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: Anat_ryboch@mail.ru)

THERMAL PROCESSES IN AGGREGATION UNITED BEES

Dynamics of thermal processes in jacks of wintering beer families is investigated. Connections between density of distribution of bees and thermal fields are determined. Seasonal variability of reaction of wintering bees on fluctuations of external temperature is found out. Thermoregulation activity of bees reduction of reaction by change is established on fluctuations of external temperature from the beginning to end of wintering that is caused by presence at them genetically fixed program of self-control.

Key words: *honey bee, thermoregulation, thermal fields, adaptation, aggregation.*

УДК 528.7,528.72

В.Г. Андронов, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ СВЯЗКИ ПРОЕКТИРУЮЩИХ ЛУЧЕЙ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

Разработана геометрическая модель построения связки проектирующих лучей в оптико-электронной сканирующей системе, обеспечивающая строгое определение гринвичских координат точек земной поверхности на одиночном маршруте космической оптико-электронной съёмки без использования информации о рельефе местности.

Ключевые слова: *оптико-электронная сканирующая система, планово-высотная геопривязка, одиночный космический снимок.*

***

В известной литературе по космической фотограмметрии модели определения длин и направлений линий визирования (ЛВ) на точки земной поверхности связаны с использованием параметров, которые реально не измеряются в процессе космической оптико-электронной съёмки. В частности, применяются полярные координаты в форме прямого восхождения и склонения точек земной поверхности [1], эйлеровые углы [2] и др. При этом задача определения пространственных координат точек земной поверхности по известным направлениям ЛВ решается строго только при наличии перекрывающихся снимков. При обработке одиночных космических снимков требуются дополнительные данные о длине ЛВ, полученные путём лазерных или других точных радиотехнических

измерений, либо о рельефе местности в районе съёмки.

В работе, основываясь на особенностях режима временной задержки и накопления (ВЗН) зарядовых пакетов в матрицах ПЗС оптико-электронной сканирующей системы (ОЭСС), предложена методика строгого автономного определения длины и направляющих косинусов ЛВ без использования радиотехнических средств и информации о рельефе местности в районе съёмки. Теоретическое обоснование предлагаемого подхода заключается в следующем.

В работах [3-5] с участием автора были выделены фотограмметрические особенности геометрии космической съёмки ОЭСС в режиме ВЗН ЗП. В этих работах показано, что один из важных фотограмметрических аспектов съёмки в таком режиме состоит в том, что связка проектирующих лучей (СПЛ) в процессе формирования точек изображения находится в течение цикла ВЗН в режиме отслеживания направлений на эти точки.

На рисунке показана трасса движения ЗП из датчика ПЗС (p,m) в датчик ПЗС (P,M) и дрейф СПЛ в цикле ВЗН. Видно, что геоцентрические координаты X, Y, Z точки N в течение цикла ВЗН остаются постоянными. Направления ЛВ на точку N в начале и конце цикла ВЗН ЗП напоминает геометрию прямой фотограмметрической засечки по двум перекрывающимся снимкам.

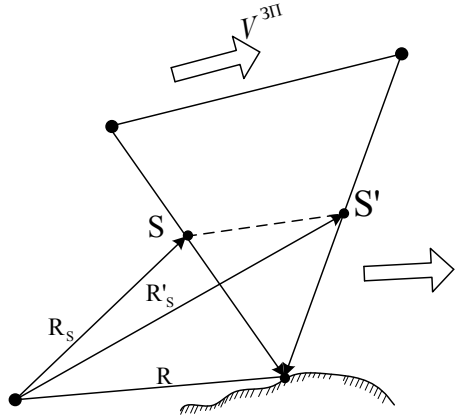


Рис. Специфика космической съёмки в режиме ВЗН ОЭСС

Запишем геометрическую модель космической оптико-электронной съёмки в гринвичской системе координат [1]:

$$R_S(t) - R(t) = \left|R_{ЛВ}(t)\right| L_{\langle 3\rangle}(t), \quad (1)$$

где $R(t) = \left(X, Y, Z\right)^T$ – радиус-вектор точки земной поверхности N в момент времени t; $R_S(t) = \left(\overset{*}{X}_S(t), \overset{*}{Y}_S(t), \overset{*}{Z}_S(t)\right)^T$ – радиус-вектор центра проекции (центра масс КА) в момент времени t; $\left|R_{ЛВ}(t)\right|$ – длина ЛВ на точку земной поверхности в момент времени t; $L_{\langle 3\rangle}(t) = (L_X(t), L_Y(t), L_Z(t))^T$ – направляющие косинусы ЛВ на точку земной поверхности N в момент времени t.

Векторы ЛВ в гринвичской и визирной системе координат, связанной с центром проекции ОЭСС, имеют в момент времени t вид

$$-R_{ЛВ}(t) = R(t) - R_S(t);$$
$$r_{ЛВ}(t) = (x, y, f)^T, \quad (2)$$

где x, y – координаты зарядовых пакетов в фокальной плоскости ОЭСС в момент времени t; f – фокусное расстояние съёмочной аппаратуры, а их направляющие косинусы $L_{[3]}(t)$ и $l_{\langle 3\rangle}(t)$ связаны известными [1,2] соотношениями

$$\begin{pmatrix} L_X(t) \\ L_Y(t) \\ L_Z(t) \end{pmatrix} = A(t) \begin{pmatrix} l_X(t) \\ l_Y(t) \\ l_Z(t) \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где $A(t)$ – матрица направляющих косинусов, описывающая ориентацию вектора ЛВ $r_{ЛВ}(t)$ в момент времени t в гринвичской системе координат.

При этом справедливы соотношения

$$l_X(t) = \frac{x(t)}{\left|r_{ЛВ}(t)\right|}; \qquad l_Y(t) = \frac{y(t)}{\left|r_{ЛВ}(t)\right|};$$

$$l_Z(t) = \frac{f}{\left|r_{ЛВ}(t)\right|}, \quad (4)$$

где $\left|r_{ЛВ}(t)\right| = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2 + f^2}$, а элементы $a_{ij}(t)$ матрицы направляющих косинусов $A(t)$ включают в себя [3] элементы кеплеровской орбиты КА (наклонение орбиты, долготу восходящего узла, аргумент перицентра, истинную аномалию), углы тангажа $\alpha(t)$, крена $\beta(t)$ и рысканья $\chi(t)$ КА, а также учитывают угловую скорость движения Земли в процессе съёмки. Продифференцируем векторно-матричное уравнение (1) по времени и, учитывая, что в цикле ВЗН d$R(t)$/dt = 0, получим:

$$\overset{*}{R}_S(t) - \left|\overset{*}{R}_{ЛВ}(t)\right| \times L_{\langle 3\rangle}(t) - \\ -\left|R_{ЛВ}(t)\right| \times \overset{*}{L}_{\langle 3\rangle}(t) = 0, \quad (5)$$

где звёздочкой обозначена операция дифференцирования по времени.

Запишем векторно-матричное уравнение (4) в координатной форме, выразим из третьего уравнения производную от ЛВ и подставим полученный результат в оставшиеся два уравнения:

$$\overset{*}{X}_S(t) + \frac{\overset{*}{Z}_S(t) + \left|R_{ЛВ}(t)\right| \times \overset{*}{L}_Z(t)}{L_Z(t)} \times L_X(t) - \\ -\left|R_{ЛВ}(t)\right| \times \overset{*}{L}_X(t) = 0; \\ \overset{*}{Y}_S(t) + \frac{\overset{*}{Z}_S(t) + \left|R_{ЛВ}(t)\right| \times \overset{*}{L}_Z(t)}{L_Z(t)} \times L_Y(t) - \\ -\left|R_{ЛВ}(t)\right| \times \overset{*}{L}_Y(t) = 0. \quad (6)$$

Сложим далее уравнения (6) между собой и после простых преобразований получим

$$\left|R_{ЛВ}(t)\right| = \frac{\overset{*}{X}_S(t) + \overset{*}{Y}_S(t) + \overset{*}{Z}_S(t) \times \overline{L}(t)}{\overset{*}{L}_Z(t) \times \overline{L}(t) + \left(\overset{*}{L}_X(t) + \overset{*}{L}_Y(t)\right)}, \quad (7)$$

где $\overline{L}(t) = \dfrac{L_X(t) + L_Y(t)}{L_Z(t)}$.

Найдём выражения для производной вектора $L_{\langle 3\rangle}(t)$ направляющих косинусов, для чего продифференцируем вытекающее из (1) соотношение

$$L_{\langle 3\rangle}(t) = [R_S(t) - R(t)] / \left|R_{ЛВ}(t)\right| \quad (8)$$

по времени.

Получим

$$\begin{pmatrix} \overset{*}{L}_X(t) \\ \overset{*}{L}_Y(t) \\ \overset{*}{L}_Z(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega_X(t) \\ \omega_Y(t) \\ \omega_Z(t) \end{pmatrix} - L_{\langle 3\rangle}(t) \times \\ \times \left[L_X(t)\omega_X(t) + L_Y(t)\omega_Y(t) + L_Z(t)\omega_Z(t)\right]. \quad (9)$$

Подставив далее соотношение (9) в выражение (7), после алгебраических преобразований окончательно получим следующее строгое выражение для определения длин ЛВ в ОЭСС:

$$\left|R_{ЛВ}(t)\right| = \frac{\overset{*}{X}_S(t) + \overset{*}{Y}_S(t) + \overset{*}{Z}_S(t) \times \overline{L}(t)}{\omega_X(t) + \omega_Y(t) + \omega_Z(t)\overline{L}(t)}. \quad (10)$$

Таким образом, если на интервале съёмки имеются значения углов тангажа, крена и рысканья КА, координат и составляющих скоростей линейного и углового движения КА, то в соответствии с формулами (3),(4),(10) возможно автономное определение направлений и длин линий визирования любого датчика ПЗС ОЭСС.

После этого, как видно из выражения (1), нахождение гринвичских координат любой точки земной поверхности, попавшей в полосу захвата ОЭСС, представляет собой простую арифметическую задачу.

Список литературы

1. Урмаев М.С. Космическая фотограмметрия: учеб. для вузов. М.: Недра, 1989. 279 с.

2. Тюфлин Ю.С. Космическая фотограмметрия при изучении планет и спутников. М.: Недра, 1988. 247 с.

3. Андронов В.Г., Клочков И.А., Мордавченко Т.В. Формирование угло-

вых параметров космической сканерной съёмки в режимах трёхосного программного управления осью визирования КА. // Известия вузов. Серия «Геодезия и аэрофотосъёмка». 2010. № 6. С. 43–47.

Получено 21.12.12.

V.G. Andronov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: vladiA58@mail.ru)

THE GEOMETRIC MODEL BUILD OF BUNDLES OF PROJECTING LINES IN OPTICAL-ELECTRONICSCANNING SYSTEM

Received the geometric model build of bunch of projecting beams in optoelectronics scanning system, providing strict determination of Greenwich Earth surface coordinate points on single route of space optoelectronic shooting without using information about topography measurements.

***Key words**: optoelectronic scanning system, XYZ reference, single space image.*

УДК 621:658.512

В.Н. Николаев, д-р техн. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: nikovic54@yandex.ru)

Г.С. Титова, преподаватель, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: galia_titova@mail.ru)

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСШИМ УЧЕБНЫМ ЗАВЕДЕНИЕМ

На основе анализа построения типовых информационных систем обеспечения управления деятельностью высших учебных заведений сформулированы основные требования к системам такого вида

***Ключевые слова:** информационная система обеспечения управления деятельностью высшего учебного заведения, элементы инфраструктуры.*

***

Введение

Информационная сфера, являясь системообразующим фактором жизни общества, активно влияет на состояние политического, технологического, экономического и образовательного потенциалов Российской Федерации. Современный этап развития общества характеризуется возрастающей ролью информационных технологий в образовательном процессе [1-2]. В данных условиях важным и актуальным является необходимость обоснования облика автоматизированных информационных систем, обеспечивающих деятельность высших учебных заведений.

Основная часть

Анализ характера новых задач, стоящих перед вузами, а также изменившиеся условия ведения научной и образовательной деятельности вызывают необходимость повышения эффективности работы как самих научных подразделений, кафедр, факультетов, так и всего вуза в целом. Одним из ключевых направлений повышения эффективности научно-образовательных процессов в современных условиях является создание и развитие инфраструктуры образовательного пространства.

Существует множество информационных систем поддержки управления, реализованных на базе конкретного вуза. Но в целом, задача информатизации вуза остается нерешенной. Решения задачи создания и эффективного применения автоматизированных информационных систем в вузе усложняется в силу необходимости учета следующих общесистемных факторов и тенденций [3-4]:

– возросшими возможностями получение разнородной технической, экономической, коммерческой и образовательной информации;

– увеличением общего числа источников и объемов информации, циркулирующей в инфраструктуре высшего учебного заведения;

– современными возможностями информационных технологий (ИТ) по интеграции на основе унифицированных информационно-вычислительных ресурсов и интеллектуального потенциала вузов, разнородной информации, полученной из различных источников;

– возросшей ролью появления в вузе стратегического планирования, а также создания систем управления качеством;

– принятой концепции построения в РФ единого информационного пространства, в том числе и образовательного;

– организационно-техническими документами РФ по информатизации всех видов деятельности в науке и образовании.

Современный динамично развивающийся вуз представляет собой множество структур, которые связаны с разнообразными видами деятельности. К основным относятся: административная, учебная, научная, финансовая и организационная структуры. Учебная структура, с одной стороны, похожа на административную, так как включает те же единицы – факультеты и кафедры, а с другой – отличается наличием в своем составе специальностей, направлений, курсов, форм обучения, специализаций и групп. В состав научной структуры входят: научные темы, опытно-конструкторские работы, гранты, руководителей и ответственных исполнителей. К финансовой структуре можно отнести центры финансового учета и ответственности. Организационная структура существует для проведения приемной компании.

В каждом вузе число и состав структур сугубо индивидуально. Также важной особенностью является возможность для одного и того же структурного подразделения входить в состав различных структур. К примеру, факультет как структурная единица является составной частью административной и учебной структуры, а кафедра – в научную, финансовую, центр материального учета и т.д.

Данную особенность необходимо учитывать при создании автоматизированной системы управления (АСУ) вуза. То есть программный продукт должен автоматизировать деятельность всех структур, не дублируя повторяющиеся процессы.

Главной задачей, которую необходимо решить, проектируя и внедряя АСУ, является повышение эффективности управления деятельностью вуза и качества образовательных процессов. Решение поставленной задачи можно достигнуть путем реализации прикладных задач планирования учебных процессов, создания информационно-справочной системы и портала вуза.

Основными элементами инфраструктуры вуза могут являться:

1) система электронного документооборота;

2) система планирования и контроля учебной деятельности;

3) система управления научной деятельностью;

4) информационно-справочная система;

5) портал вуза;

6) системы обеспечивающих видов деятельности (кадровая и финансовая системы).

При создании АСУ следует придерживаться ряда базовых принципов.

Во-первых, информация должна находиться в единой корпоративной базе данных, которая располагается на одном или нескольких серверах. При обработке информации в системе должен функционировать режим «клиент-сервер», что позволит значительно повысить эффектив-

ность ее работы, а также избежать дублирования информации при вводе, поддерживать целостность и непротиворечивость данных, обеспечить надежную их защиту. С использованием интернет-технологий при формировании стандартных отчетов появляется возможность получать доступ к информации широкому кругу пользователей, учитывая необходимость разграничения их по уровням доступа.

Во-вторых, в момент проектирования системы необходимо максимально реализовать принципы модульности и открытости, что позволит включать в нее новые функциональные подсистемы без существенной корректировки ранее созданных модулей.

В-третьих, для того чтобы в полной мере реализовать функции управления вузом, необходимо ввести систему количественных показателей, оценивающих эффективность его деятельности в различных направлениях, в том числе и экономических показателей, показывающих эффективность его деятельности как предприятия.

Рассмотрим примеры типовых информационных систем управления вузом [4].

Naumen University — информационно-аналитическая система для организации управления в высших и средних специальных учебных заведениях. Внедрение Naumen University позволит комплексно подойти к решению задач, стоящих перед современным учебным заведением. Решение Naumen University ориентировано как на коммерческие, так и государственные высшие учебные заведения.

Информационная система Naumen University предназначена для решения следующих задач:

1. Автоматизация всех уровней учебного процесса вуза, в т.ч. формирование учебных и рабочих планов, составление расписания учебных занятий, проведение сессий, перевод студентов с курса на курс и т.д.

2. Обеспечение прозрачности управления вузом за счет понятной организационной структуры, формализованных процессов, оперативного контроля исполнения распоряжений.

3. Системный контроль исполнения требований Государственного образовательного стандарта, региональных и вузовских стандартов.

4. Упрощение стандартизации системы управления качеством.

5. Контроль полного цикла подготовки студента (от прохождения вступительных испытаний до последующего трудоустройства).

6. Формирование отчетности по различным аспектам деятельности вуза.

Naumen University автоматизирует большую часть типовых процессов вуза и состоит из функциональных модулей, поддерживающих отдельные процессы:

1. Модули автоматизации работы приемной комиссии.

2. Модули учета и движения контингента.

3. Модули управления учебным процессом и инфраструктурой.

4. Модули финансового учета.

5. Модули автоматизации приоритетных процессов вуза.

6. Модуль внешней отчетности.

7. Модули автоматизации приемной комиссии.

Автоматизированная система управления вузом «ЭЛЕКТРОННЫЙ ВУЗ».

Информационная система содержит личные дела абитуриентов, студентов, аспирантов, сотрудников вуза, а также планово-распорядительная документация соответствующих подразделений. Факты изменения состояния личных дел, их перемещений между подразделениями, указания менеджмента учитываются и обрабатываются в едином хранилище данных.

Программные модули организованы по принципу рабочего места специалиста и образуют следующие подсистемы:

Подсистема «Управление студенческим составом»:

1) модуль «Контингент студентов»;

2) модуль «Индивидуальная успеваемость»;

3) модуль «Дипломы и приложения»;

4) модуль «Трудоустройство»;

5) модуль «Практики».

Подсистема «Планирование учебного процесса»:

1) модуль «Учебные планы»;

2) модуль «Расчет часов и штатов»;

3) модуль «Распределение учебных поручений»;

4) модуль «Кадровый учет».

Подсистема «Управление довузовским обучением»:

1) модуль «Приемная комиссия».

Подсистема «Управление послевузовским обучением».

1) модуль «Аспирантура, докторантура».

Подсистема «Образовательные сервисы»:

1) модуль «Музейная система»;

2) модуль «Информационный киоск»;

3) модуль «Контингент студентов»;

4) модуль «Индивидуальная успеваемость»;

5) модуль «Дипломы и приложения»;

6) модуль «Трудоустройство»;

7) модуль «Практики».

Гибкая модель автоматизированной системы позволяет использовать единое хранилище данных для интеграции с различными внешними компонентами, модулями и системами: датчики, интерфейсы, сайты, информационные киоски, бухгалтерские и финансовые программы, интерактивные средства визуализации и т.д. В состав работ по внедрению информационной системы вуза входит настройка программного обеспечения: адаптация структуры данных, входных и выходных протоколов, поддержка, внесение изменений и усовершенствование эксплуатируемой системы «ЭЛЕКТРОННЫЙ ВУЗ».

Следующее системотехническое решение – «Галактика Управление Вузом» создано на базе системы Галактика ERP. Это современное комплексное ИТ-решение для осуществления информационной поддержки эффективного управления учебным процессом и всей финансово-хозяйственной деятельностью вуза.

Решение «Галактика Управление Вузом» учитывает требования законодательства Российской Федерации к отраслевой информационной системе в сфере образования и соответствует концепции создания интегрированной автоматизированной информационной системы Министерства образования РФ. Решение «Галактика Управление Вузом» позволяет:

1) осуществлять эффективное планирование учебного процесса в соответствии со стандартами второго и третьего поколения с использованием семестрового и модульного принципов построения графика учебного процесса.

2) объединить основные подразделения вуза в единую информационную среду;

3) уменьшить объем бумажного документооборота, снизить трудоемкость процессов обработки и получения данных;

4) повысить достоверность и оперативность обработки информации для поддержки принятия своевременных управленческих решений;

5) формализовать и упорядочить бизнес-процессы;

6) снизить вероятность ошибок пользователей, являющихся «держателями» информации;

7) обеспечить контроль и управление финансовыми и кадровыми ресурсами;

8) обеспечить своевременное оперативное формирование управленческой отчетности для руководства вуза в необходимой степени детализации.

Заключение

Анализ состава и структуры перечисленных примеров построения АСУ вуза позволил сформулировать следующие основные требования к системам такого вида:

1. Модульное построение ИС, которое обеспечивает возможность наращивания и замены модулей системы.

2. Единая технологическая база на основе единого ядра в рамках информационного пространства вуза.

3. Единая БД контингента вуза, исключающая дублирование информации.

4. Оперативный доступ к единой БД, предусматривающий разделение прав пользователей.

5. Формирование электронного портфолио студента и его сопровождение в БД при двухуровневом (многоуровневом) образовании.

6. Формирование банка данных по документообороту вуза.

7. Формирование рейтинга студента по технологическим картам дисциплин в соответствии с Болонской системой образования.

8. Формирование рейтинга профессорско-преподавательского состава с учетом новой системы оплаты труда.

Список литературы

1. Вертакова Ю.В., Николаев В.Н. Организация инфраструктуры системы управления инновациями высшего учебного заведения // Известия Юго-Зап. гос. ун-та. 2011. № 6(39). Ч. 1. С. 37–42.

2. Мыльник В.В. Исследование систем управления. М.: Академический проект Трикста, 2009. 352 с.

3. Солдатов А.В. Эффективное управление ресурсами вуза в сфере образовательной деятельности // Информационные средства и технологии: докл. Междунар. конф. в рамках Междунар. форума информатизации (5–18 октября 2010 г.): в 3 т. М.: Янус-К, 2010. Т. 1.

4. Разработка информационно-аналитической системы мониторинга и прогнозирования развития системы образования в субъектах Российской Федерации до 2015 года / В.П. Васильев, В.А. Гуртов, Е.А. Питухин, М.В. Суворов // Человеческое измерение в инфор. обществе: Всерос. науч.-практ. конф. в рамках Всерос. форума «Образовательная среда – 2008» // М.: ВВЦ, 2008. С. 8–9.

Получено 14.12.12.

V.N. Nikolaev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: nikovic54@yandex.ru)

G.S. Titova, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: galia_titova@mail.ru)

ORGANIZATION OF CREATION OF INFORMATION SYSTEMS OF ENSURING MANAGEMENT OF THE HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

On the basis of the analysis of creation of standard information systems of ensuring management of activity of higher educational institutions to formulate the main requirements to systems of such look.

Key words: *information system of ensuring management of activity of a higher educational institution, infrastructure elements.*

УДК 614.8:449+057

Г.И. Куценко, д-р мед. наук, профессор, академик РАМН (Москва)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

В.А. Иванов, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный университет
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ АТОПИЧЕСКОГО ДЕРМАТИТА В СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Представлены результаты геоинформационного анализа распределенности атипического дерматита в сельских территориях и выделены неблагоприятные территории для проведения профилактических мероприятий.

Ключевые слова: *геоинформационный анализ, атопический дерматит.*

***

Геоинформационный анализ частоты впервые выявленных всех форм дерматозов у детей в соответствии с рассмотренным ранее одноименным алгоритмом проведен в городских и сельских территориальных системах Белгородской области за 2002-2006 гг. Сравнение распространенности дерматозов среди детского населения в указанных двух группах территорий выявило достоверно более высокий уровень в городских популяциях, чем в сельских (рис. 1).

Среднеарифметический уровень всех нозологий дерматозов у детей за анализируемый период в городских территориях области варьировал от 4 300,8 случая на 100 000 детей в Валуйском районе до 15 722,1 случая на 100 000 детей в Губкинском районе (P<0,001) (табл. 1). Результаты геоинформационного анализа свидетельствуют о максимальной частоте всех форм дерматозов у детей среди городских территорий в Губкинском районе (P<0,001). Вторую позицию занимает Новооскольский район. Следующие ранговые места принадлежат крупным городским популяциям: г. Старый Оскол и областному центру – г.Белгороду. Наиболее низкая заболеваемость детей дерматозом в группе городских территорий зарегистрирована в Валуйском районе.

Однако выраженные колебания среднеарифметического уровня дерматозов среди детского населения в 2002–2006 гг. наблюдались в сельских территориальных системах (табл. 2).

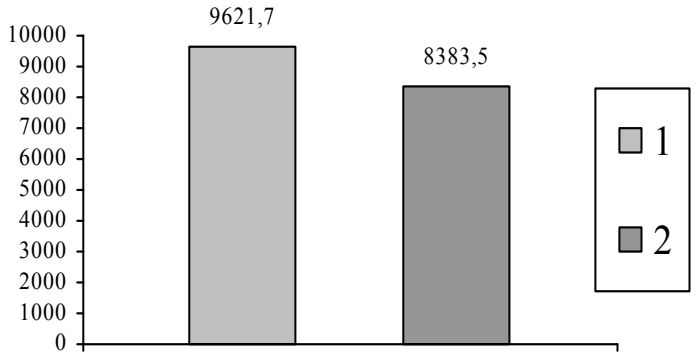


Рис. 1. Заболеваемость дерматозами, впервые выявленная у детей, в городских (1) и сельских (2) территориях Белгородской области в 2002-2006 гг.: по оси абсцисс – территории; по оси ординат – средний уровень всех форм дерматозов на 100 000 детей

Таблица 1

Заболеваемость всеми дерматозами среди детского населения, проживающего в городских территориальных системах, в 2002–2006 гг. (на 100 000 детей)

Название городской территории	Уровень дерматозов у детей	Ранговое место
г. Белгород	11 251,7	4
г. Старый Оскол	11 713,6	3
Губкинский район	15 722,1	1
Ивнянский район	6 968,1	7
Новооскольский район	12 875,8	2
Валуйский район	4 300,8	8
Шебекинский район	7 095,9	5
Алексеевский район	7 045,5	6

Таблица 2

Частота всех дерматозов у детей в сельских районах по данным геоинформационного анализа за 2002–2006 гг. (на 100 000 детей)

Название сельского района	Заболеваемость детей дерматозами	Ранговое место
Белгородский	7645,4	8
Борисовский	12 523,5	2
Вейделеевский	10 524,8	5
Волоконовский	7 383,6	10
Грайворонский	9 210,9	6
Корочанский	8 450,3	7
Краснояружский	11 058,7	4
Красногвардейский	2 720,2	15
Красненский	7 403,3	9
Прохоровский	12 380,8	3
Ракитянский	6 395,6	11
Ровеньской	14 595,5	1
Старооскольский	5 718,3	12
Чернянский	4 989,2	13

При этом различие в максимальной и минимальной заболеваемости дерматозом у детей достигало 5,4 раза, т.е. значительно существеннее, чем в городских административных образованиях. Среди сельских районов наивысший показатель заболеваемости детей всеми формами дерматозов установлен в Ровеньском районе. Расчетное значение X^2, равное 121,3 при числе степеней свободы 56, и табличное значение X^2, составляющее 71,2, значительно превышает последнюю

величину и подтверждает сделанный вывод о неравномерности распределения уровня дерматозов у детей в сельских районах. С достоверным различием на втором месте находится Борисовский район, а на третьем – Прохоровский район. По сравнению с данными и другими территориальными системами низкий уровень рассматриваемой патологии отмечен в Красногвардейском и Яковлевском районах (Р <0,001).

Последующий геоинформационный анализ заболеваемости детей дерматозами, как это и предусмотрено разработанным алгоритмом, выполнен по основным нозологическим формам. Изучение частоты атопического дерматита у детей городских и сельских популяций указывает на преобладание данной патологии в городских территориях (Р<0,001) (рис. 2). Это наблюдалось на протяжении всего рассматриваемого периода времени с существенным ростом в 2005–2006 гг.

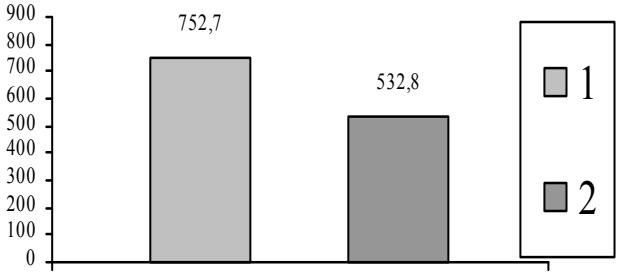


Рис. 2. Среднеарифметический уровень атопического дерматита у детей городских (1) и сельских (2) поселений в 2002-2006 гг. (на 100 000 детей):
по оси абсцисс – популяции; по оси ординат – уровень патологии

Значительные изменения уровня атопического дерматита у детей отмечены в городских популяциях (табл. 3). Его уровень варьировал в широком диапазоне. Так, различие между заболеваемостью детей атопическим дерматитом в г. Старый Оскол, имеющем самый высокий интенсивный показатель, и Валуйском районе с минимумом патологии составляет практически 100 раз. Высокая величина $X^2_{расч.}$ (234,5) при за данном числе степеней свободы указывает на существенность выявленных различий и отвергает нулевую гипотезу о равномерности распределения атопического дерматита в городских территориальных системах Белгородской области. Городу Белгороду с существенной разницей как по отношению к г. Старый Оскол, так и к Новооскольскому району соответствует третье ранговое место (Р<0,001). Значительно ниже уровень атопического дерматита в следующей городской территории – Новооскольском районе (Р<0,001).

В сельских популяциях заболеваемость детей атопическим дерматитом за аналогичный период варьировала в меньшей степени (табл. 4). Это относится и к сельским районам с высоким уровнем атопического дерматита среди детей (Грайворонский, Белгородский, Прохоровский, Борисовский), и территориальным образованиям, имеющим низкий показатель патологии (Красногвардейский, Чернянский, Старооскольский). Во всех случаях между названными районами существует статистическая разница, так как расчетное значение X^2 при данном числе степеней свободы 56 соответствует 118,4, что превышает табличное значение X^2. Следует отметить значительное изменение ранговой позиции Ровеньского района, занимавшего по уровню всех дерматозов у детей первое место, достигшего по частоте атопического дерматита восьмого места (Р <0,001) (см. табл. 2). Ранговое место Борисовского района изменилось в меньшей степени.

Таблица 3

Заболеваемость детей атопическим дерматитом в городских территориях в 2002–2006 гг. (на 100 000 детского населения)

Название городской территории	Уровень атопического дерматита	Ранговое место
г. Белгород	1 647,5	2
г. Старый Оскол	2 223,3	1
Губкинский район	457,3	4
Ивнянский район	56,4	7
Новооскольский район	821,8	3
Валуйский район	23,9	8
Шебекинский район	406,9	5
Алексеевский район	168,7	6

Таблица 4

Уровень атопического дерматита у детей в сельских территориях в 2002-2006 гг. (на 100 000 детского населения)

Название сельского района	Частота атопического дерматита	Ранговое место
Белгородский	1 284,3	2
Борисовский	693,2	4
Вейделеевский	581,7	6
Волоконовский	330,1	9
Грайворонский	1 319,3	1
Корочанский	503,7	7
Краснояружский	247,4	12
Красногвардейский	106,9	15
Красненский	266,6	10
Прохоровский	1 035,1	3
Ракитянский	251,6	11
Ровеньской	449,2	8
Старооскольский	194,1	13
Чернянский	144,6	14

При геоинформационном анализе другой нозологической формы дерматоза у детей – аллергического контактного дерматита – обнаружено противоположное атопическому дерматиту соотношение в городских и сельских территориально распределенных системах (рис. 3). Кроме того, это различие является более выраженным с существенным превышением заболеваемости детей аллергическим контактным дерматитом в сельских районах ($P<0,001$). Сказанное относится и к частоте аллергического контактного дерматита в выделенных группах поселений.

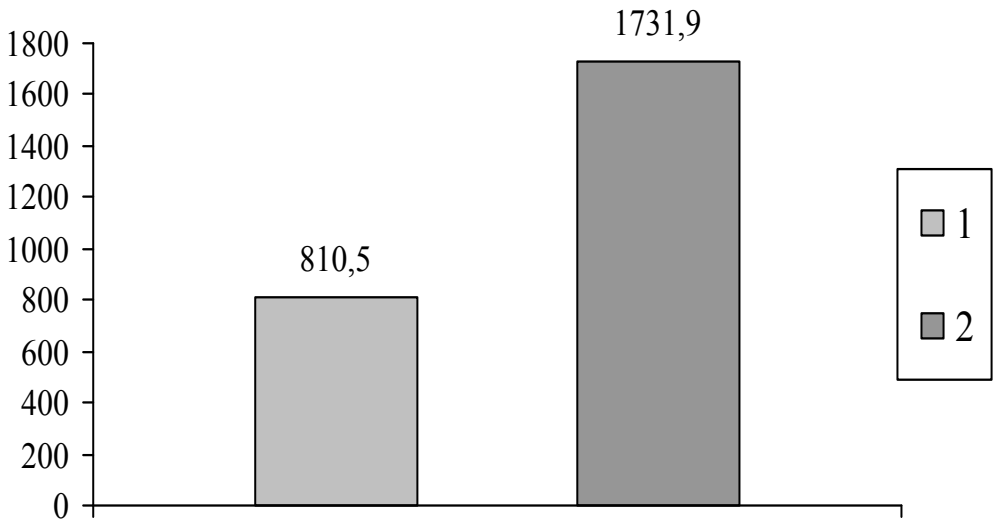


Рис. 3. Средняя за 2002–2006 гг. частота аллергического контактного дерматита в городских и сельских территориях Белгородской области в расчете на 100 000:
по оси абсцисс – сравниваемые группы территорий;
по оси ординат – уровень патологии; 1 – городские популяции, 2 – сельские районы

Таблица 5

Ранжирование городских территориальных образований по уровню аллергического контактного дерматита среди детей в 2002-2006 гг. (на 100 000 детей)

Название городского образования	Частота аллергического контактного дерматита	Ранговое место
г. Белгород	1 839,4	2
г. Старый Оскол	1021,9	3
Губкинский район	121,1	8
Ивнянский район	2432,8	1
Новооскольский район	121,2	7
Валуйский район	444,6	4
Шебекинский район	276,3	5
Алексеевский район	226,9	6

В городских территориальных системах колебания заболеваемости детей аллергическим контактным дерматитом за 2002–2006 гг. менее выраженные (табл. 5).

При этом максимум патологии зафиксирован в Ивнянском районе. Второе место, по-прежнему, как и в случае заболеваемости детей всеми дерматозами, принадлежит г. Белгороду. Город Старый Оскол переместился с первого на третье место. Различие статистически значимо для названных территориальных систем. Наиболее низкая заболеваемость детей аллергическим контактным дерматитом среди городских территорий отмечена в Губкинском и Новооскольском районах, причем практически одинаковая (P>0,05).

Получено 12.12.12.

G.I. Kutsenko, Doctor of Sciences, Professor, Academician of RAMS (Moscow)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

V.A. Ivanov, Doctor of Sciences, Professor, Kursk State University
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

GEOINFORMATION ANALYSIS PREVALENCE ATOPIC DERMOTITA IN RURAL AREAS

The results of GIS analysis of distribution of atypical dermatitis in rural areas and isolated unfavorable territory for prevention activities

Key words: *GIS analysis, atopic dermatitis.*

УДК 614.8:418+226

Л.В. Шульга, д-р мед. наук, профессор, Юго-Западный государственный университет (Курск)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

МЕТОД БРАУНА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

Показаны достоинства прогнозирования потребления лекарственных средств на основе метода Брауна, что позволяет заблаговременно с учетом выявленных тенденций и предпочтений осуществлять закупки необходимых лекарственных средств в больницах.

Ключевые слова: *метод Брауна, прогнозирование потребления, лекарственные средства.*

***

Оценка динамики потребления α-адреноблокаторов в центральной районной больнице пациентами с гипертонической болезнью свидетельствует о позитивной тенденции. За изучаемые годы достоверно повысился уровень потребления данных гипотензивных препаратов в расчете на 100 проверенных койко-дней (рис. 1). С 2006 г. по 2009 г. наблюдалось неуклонное достоверное повышение потребления α-адреноблокаторов. При этом максимальный прирост данного показателя отмечен с 2006 г. по 2007 г. В дальнейшем рост потребления ДДД α-адреноблокаторов на 100 койко-дней продолжился. В 2009–2010 гг. уровень потребления оставался практически одинаковым без достоверных различий.

Внутри группы α-адреноблокаторов среди трех рассматриваемых препаратов произошло увеличение уровня потребления всех (табл. 1). Однако максимальный прирост характерен для кардуры 4мг № 14, увеличение потребления которой возросло за рассматриваемый период в 13 раз. Особенно существенно уровень потребления изменился в 2006–2007 гг. и 2009–2010 гг. Уровень потребления карведилола 12,5 мг и 25 мг в центральной районной больнице повышался с 2006 г. по 2009 г., но в 2010 г. незначительно снизился.

В динамике потребления диуретиков наблюдается достоверная тенденция к снижению количества принятых ДДД на 100 койко-дней (рис. 2). При этом на протяжении исследуемого периода в центральной районной больнице уровень потребления с 2006 г. по 2008 г. неуклонно снижался, а с 2008 г. по 2010 г. вновь существенно повысился ($P<0,001$). Самый низкий уровень потребления гипотензивных препаратов данной фармакологической группы отмечен в 2008 г. ($P<0,001$).

Аналогичное присуще динамике большинства закупаемых аптекой центральной районной больницы комбинированных гипотензивных препаратов (табл. 2). В частности, за прошедший период достоверно увеличился уровень потребления тенорика 50 мг №28, тенорика 100 мг №28, нолипрела 5 мг/1,25 мг № 30 и ко-ренитека 20 мг/12,5 мг № 28. Наиболее существенно увеличилось потребление ДДД на 100 койко-дней нолипрела и ко-ренитека 20 мг/12,5 мг №28, несмотря на то, что уровень последнего повышался до 2009 г. включительно с последующим снижением в 2010 г. Количество потребляемых ДДД тенорика 50 мг № 28 и тенорика 100 мг № 28 имело некоторые от-

клонения от общей тенденции соответственно в 2010 г. и 2009 г. Среди рассматриваемых комбинированных гипотензивных средств понизилось потребление адельфана и ко-ренитека 20 мг/12,5 мг № 14 (P<0,001).

Краткосрочное прогнозирование на основе метода Брауна потребления закупаемых аптекой центральной районной больницы гипотензивных средств выполнено для всех рассмотренных выше фармакологических классов и отдельных препаратов данных групп. Результаты прогнозирования свидетельствуют о росте потребления больными гипертонической болезнью в центральной районной больнице в 2011–2012 гг. на 100 проведенных койко-дней большинства фармакологических групп антигипертензивных препаратов. В прогнозируемые годы произойдёт повышение уровня потребления ингибиторов АПФ, антагонистов кальция, α-адреноблокаторов, комбинированных препаратов.

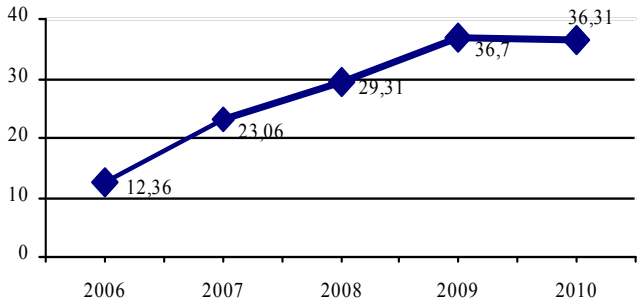


Рис. 1. Динамика уровня потреблени α-адреноблокаторов в центральной районной больнице в 2006–2010 гг.: по оси абсцисс – годы анализа; по оси ординат – величина потребления (ДДД/100 койко-дней)

Таблица 1

Динамика ДДД α-адреноблокаторов в центральной районной больнице в 2006–2010 гг.

Название α-адреноблокатора	Годы исследования				
	2006	2007	2008	2009	2010
Кардура 4мг №14	0,65	1,13	1,72	4,28	8,62
Карведилол 25мг №30	7,08	13,81	17,24	20,35	18,46
Карведилол 12,5мг №30	5,23	8,12	10,35	12,07	9,23

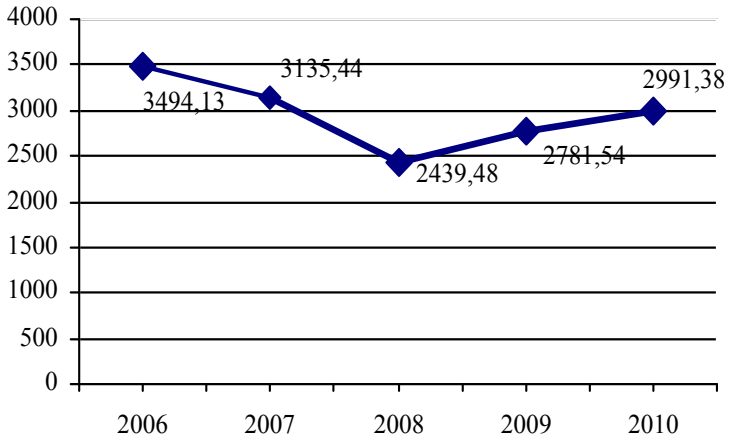


Рис. 2. Количество принятых ДДД диуретиков в центральной районной больнице на 100 койко-дней: по оси абсцисс – исследуемые годы; по оси ординат – уровень потребления

Наиболее существенно увеличится потребление ингибиторов АПФ и антагонистов кальция. В меньших масштабах будет происходить повышение уровня потребления ДДД/100 койко-дней α-адреноблокаторов и комбинированных гипотензивных препаратов. Снижение уровня потребления в прогнозируемый период характерно для β-адрено-блокаторов и диуретиков.

Согласно прогнозным оценкам, среди ингибиторов АПФ произойдёт увеличение потребления количества ДДД на 100 койко-дней всех препаратов, за исключением каптоприла 50 мг № 40 и 25 мг № 20 (табл. 3). Потребление последнего в центральной районной больнице прекратится уже в 2011 г. Снижение уровня потребления каптоприла 50 мг № 40 будет происходить меньшими темпами, но в 2011–2012 гг. заметно снизится.

Наиболее существенно возрастёт уровень потребления в центральной районной больнице эналаприла 20 мг № 20. В меньших количествах будет происходить увеличение потребления ДДД на койко-дней престариума 5 мг № 30, престариума 10 мг № 30, лизиноприла 10мг № 20. Незначительно также повысится уровень потребления моноприла 10 мг № 28 и моноприла 20 мг № 28.

Таблица 2

Количество потребляемых ДДД/100 койко-дней среди комбинированных гипотензивных препаратов в центральной районной больнице в 2006–2010 гг.

Комбинированное средство	Анализируемые годы				
	2006	2007	2008	2009	2010
Адельфан 20,1 мг № 10	26,37	14,51	13,26	9,78	6,15
Тенорик 50 мг № 28	73,89	92,57	104,82	132,47	129,23
Тенорик 100 мг № 28	102,56	148,34	172,55	164,31	189,54
Нолипрел 5 мг/1,25 мг № 30	6,08	14,18	13,45	16,72	18,46
Ко-ренитек 20 мг/12,5 № 14	19,24	15,02	16,42	10,38	8,62
Ко-ренитек 20 мг/12,5 № 28	236,77	299,37	338,53	354,10	369,23

Таблица 3

Прогнозный уровень потребления отдельных ингибиторов АПФ в центральной районной больнице на 2011– 212 гг.

Наименование ингибитора АПФ	Исследуемые годы		
	2010	2011	2012
Престариум 5 мг № 30	129,23	160,18	191,13
Престариум 10 мг № 30	110,77	134,87	158,97
Каптоприл 25 мг № 20	12,31	–	–
Каптоприл 50 мг № 40	73,85	62,37	50,89
Лизиноприл 5мг № 30	23,08	25,75	28,42
Лизиноприл 10 мг № 20	49,23	56,08	62,93
Эналаприл 10 мг № 20	461,54	515,63	569,72
Эналаприл 20 мг № 20	800,00	915,32	1030,64
Моноприл 10 мг № 28	8,62	9,93	11,24
Моноприл 20 мг № 28	17,23	18,70	20,17

Проведение прогнозирования в отношении потребляемых препаратов, принадлежащих к фармакологическому классу антагонистов кальция, показывает повышение потребления на 100 проведенных койко-дней всех рассмотренных гипотензивных средств. В прогнозируемом периоде в центральной районной больнице максимально произойдёт увеличение уровня потребления амлодипина 20 мг № 30 и верапамила 80 мг №50. Практически в равной степени возрастёт потребление верапамила 40 мг № 30 и нифедипина 10 мг №50.

В группе β-адреноблокаторов, как и в предыдущих фармакологических классах, большая часть гипотензивных препаратов характеризуется ростом уровня потребления в 2011–2012 гг. Так, в прогнозируемом периоде произойдёт увеличение потребления локрена 20 мг № 28, метопролола 50 мг №30 и метопролола 10 мг № 30 ДДД на 100 койко-дней. В наибольшей степени это касается локрена. Однако уровень потребления в центральной районной больнице атенолола 50 мг № 30 в 2011 г. сократится, а в 2012 г. прогнозируется прекращение потребления.

Среди α-адреноблокаторов, по данным краткосрочного прогнозирования, в 2011–2012 гг. увеличится уровень потребления больными гипертонической болезнью всех включённых в исследование представителей этого класса. При этом в большей степени возрастёт потребление карведилола 25 мг № 30, а минимально – карведилола 12,5 мг № 30. Количество потребляемых ДДД кардуры 4 мг № 14 также повысится в центральной районной больнице.

Прогнозируемый уровень потребления диуретиков в центральной районной больнице в 2011–2012 гг. имеет неоднозначную направленность (табл. 4). Так, потребление фуросемида и гипотиазида существенно сократится. Особенно значительно уменьшится уровень потребления фуросемида в 2011–2012 гг. Кроме того, потребление гипотиазида 25 мг № 20 не только понизится, но в 2012 г. практически прекратится. Напротив, уровень потребления других диуретиков в центральной районной больнице на 100 проведенных койко-дней повысится. В наибольшей степени прогнозируется рост потребления индапамида 2,5 мг № 30. Повышение потребления диакарба, верошпирона 50 мг № 30 произойдёт в небольшом количестве ДДД на 100 койко-дней.

Таблица 4

Прогнозируемые ДДД потребления диуретиков в центральной больнице в 2011–2012 гг.

Название диуретика	Анализируемый период		
	2010	2011	2012
Гипотиазид 100 мг № 20	49,23	38,83	28,43
Гипотиазид 25 мг № 20	24,62	12,49	0,36
Диакарб 250 мг № 24	59,08	59,51	59,94
Индапамид 1,5 мг № 30	55,38	63,18	70,98
Индапамид 2,5 мг № 30	276,92	316,80	356,68
Верошпирон 25 мг № 20	46,15	53,05	59,95
Верошпирон 50 мг № 30	18,46	20,55	22,64
Фуросемид 40 мг № 50	2461,54	2301,29	2141,04

Таблица 5

Уровень потребления комбинированных гипотензивных средств в 2011–2012 гг. в центральной районной больнице по данным математического прогнозирования

Комбинированный препарат	Годы исследования		
	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Адельфан 20,1 мг № 10	6,15	1,10	–
Тенорик 50 мг № 28	129,23	143,07	156,91
Тенорик 100 мг № 28	189,54	211,29	233,04
Нолипрел 5 мг/1,25 мг № 30	18,46	21,56	24,66
Ко-ренитек 20 мг/12,5 мг № 14	8,62	5,97	3,32
Ко-ренитек 20 мг/12,5 мг № 28	17,23	19,38	21,53

Осуществление прогнозирования уровня потребления комбинированных гипотензивных средств показывает преимущественно увеличение их потребления в центральной районной больнице в ближайшие два года (табл. 5). Особенностью прогнозных оценок является то, что в 2011–2012 гг. повысится значительно потребление тенорика 50 мг № 28 и тенорика 100 мг № 28. В меньшем количестве возрастёт потребление нолипрела 5 мг/1,25 мг №30 и ко-ренитека 20 мг/12,5 мг № 28. Наряду с этим прогнозируется полное прекращение в центральной районной больнице потребления адельфана и снижение уровня потребления ко-ренитека 20 мг/12,5 мг № 14.

Получено 14.12.12.

L.V. Shulga, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail Nikiti4007@yandex.ru)

FORECASTING METHOD BROWN IN DRUG CONSUMPTION

Details the advantages of forecasting consumption of drugs based on the method of Brown, which allows advance based on identified trends and preferences to procure essential drugs in hospitals.

Key words: *method of Brown, forecasting consumption, drugs.*

К сведению авторов

1. К публикации в «Известиях ЮЗГУ» принимаются актуальные материалы, содержащие новые результаты научных и практических исследований, соответствующие профилю журнала, не опубликованные ранее и не переданные в редакции других журналов.

2. Объем статьи не должен превышать 8 страниц печатного текста, включая иллюстрации и таблицы.

3 Авторы статей должны представить в редакцию журнала:

– статью, оформленную в соответствии с правилами оформления статей, представляемых для публикации в журнале;

– рекомендацию кафедры или научно-исследовательского отдела учреждения, в котором выполнена данная работа;

– разрешение на опубликование в открытой печати статьи от учреждения, в котором выполнена работа (обязательно для статей по техническим специальностям, по экономическим – по требованию редколлегии);

– сведения об авторах (фамилия, имя отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, почтовый адрес, телефон, e-mail);

– электронный носитель (CD-диск).

4. Бумажный вариант статьи подписывается всеми авторами, что означает их согласие на передачу Университету прав на распространение материалов статьи с помощью печатных и электронных носителей информации.

5. Редакция не принимает к рассмотрению рукописи, оформленные не по правилам.

6. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается (если автор один и им представлена справка с места учебы).**

7. Основной текст рукописи статьи (кроме аннотации и ключевых слов) набирают в текстовом редакторе MS WORD шрифтом «Times New Roman» размером 14 пт с одинарным интервалом, выравнивание по ширине. Поля с левой стороны листа, сверху и снизу – 2,5 см, с правой стороны – 2 см. Абзацный отступ – 1,5 см.

8. Схема построения публикации: УДК (индекс по универсальной десятичной классификации), фамилия и инициалы автора(ов) с указанием ученой степени, звания, места работы (полностью), электронного адреса (телефона), название (полужирный, прописные), аннотация и ключевые слова, текст с рисунками и таблицами, литература. Авторы, название, аннотация и ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

Перед основным текстом печатается краткая аннотация курсивом, отражающая краткое содержание статьи.

Например:

> УДК 004.9:519.8
>
> **А.Л. Иванов**, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: ivanov@gmail.com)
>
> **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАДРАМИ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**
>
> В статье рассматривается агентная модель прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия, основанная на структуризации поведения агента и определения влияния его внутреннего представления об окружающем мире на его деятельность.
>
> **Ключевые слова:** агентное моделирование, градообразующее предприятие, событие.

9. При формировании текста не допускается применение стилей, а также внесение изменения в шаблон или создание собственного шаблона. Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.

10. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный – 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс – 5 пт; крупный символ – 18 пт; мелкий символ – 12 пт.

Необходимо учитывать, что **полоса набора – 75 мм**. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**

Все русские и греческие буквы (Ω, η, β, μ, ω, υ и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций (sin, cos, tg и т.д.) – прямым шрифтом. Латинские буквы – прямым шрифтом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

11. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

12. Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 *dpi* и публикуются в черно-белом (градации серого) варианте. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы**.

Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания **не допускаются.**

13. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

14. В материале для публикации следует использовать только общепринятые сокращения.

Все материалы направлять по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94. ЮЗГУ, редакционно-издательский отдел.

Тел.(4712) 50-48-19, тел/факс (4712) 50-48-00.

E-mail: rio_kursk@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей и информацию об опубликованных номерах можно посмотреть на официальном сайте журнала:

http://www.swsu.ru/izvestiya/index.php.