

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Международная академия наук высшей школы

Центр информационных технологий в проектировании РАН

Международное общество по оптической технике (Российское отделение)

Курский государственный технический университет

**ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ  
И УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ  
ОБРАЗОВ, ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
И СИМВОЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**РАСПОЗНАВАНИЕ – 2008**

Сборник материалов VIII Международной конференции

13-15 мая 2008 года

**Часть 1**

Редакционная коллегия:

В.С. Титов (отв. ред.), Н.А. Корневский,  
Т.А. Ширабакина, С.В. Дегтярев

Курск 2008

УДК 621.383.68.3: 681.785

ББК В 338.4

О-66

Рецензент

Доктор технических наук, профессор С.Г. Емельянов

Редакционная коллегия:

В.С. Титов, доктор технических наук, профессор (отв. ред.)

Н.А. Кореневский, доктор технических наук, профессор

Т.А. Ширабакина, кандидат технических наук, профессор

С.В. Дегтярев, доктор технических наук, профессор

**Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации.** Распознавание – 2008 [Текст]: сб. материалов VIII Междунар. конф. Ч. 1 / ред. кол.: В.С. Титов [и др.]; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2008. 213 с.  
ISBN 978-5-7681-0378-1

Сборник содержит материалы VIII Международной конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Курск, 13-15 мая 2008 г.), целью которой является ознакомление с имеющимися достижениями по созданию оптико-электронных приборов, систем и внедрение информационных технологий в научные исследования, учебный процесс и промышленность, а также координация по эффективному их применению в системах распознавания образов, обработки изображений, символьной информации.

Сборник предназначен для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

Редакция не несет ответственности за ошибки авторов.

Материалы для публикации одобрены программным комитетом Международной конференции.

УДК 621.383.68.3: 681.785

ББК В 338.4

О-66

ISBN 978-5-7681-0378-1

© Курский государственный  
технический университет, 2008

## СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО .....	12
<i>Якушенков Ю.Г.</i> Опτικο-электронные системы 3-го поколения: современное состояние, перспективы развития .....	13
<i>Афанасьев В.Н.</i> Робастное управление неопределенными терминальными ns-системами .....	14
<i>Гостев И.М.</i> О характеристических признаках гладких пространственных кривых .....	27
<i>Синицын И.Н.</i> Современное состояние теории канонических разложений случайных функций и её применение к задачам фильтрации и распознавания .....	30
<i>Яричин Е.М.</i> Теория видеоинформации как инструментальная теория технического зрения .....	31
<i>Абезяев А.А., Тарутин Е.А.</i> Особенности восстановления алгоритмов функционирования программного обеспечения со встроенными функциями запутывания .....	33
<i>Абезяев А.А.</i> Эмулятор выполнения встраиваемых микропрограмм .....	34
<i>Акульшин Г.Ю., Труфанов М.И.</i> Определение пространственных координат зрачков .....	36
<i>Аль-Ашвал М.М., Зотов И.В., Наджаджра М.Х.</i> Имитационное моделирование средств отказоустойчивого вещания сообщений в матричных мультипроцессорах .....	38
<i>Аль-Ядуми А.А., Дегтярев С.В.</i> Интерференционное устройство для измерения малых угловых перемещений с цифровой фильтрацией сигналов .....	40
<i>Ананьин М.А., Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В.</i> Оценивание диагностических признаков на биомедицинских изображениях .....	42

<i>Андреев П.П., Пугачев А.А.</i> Проект процессора для обработки видеопотока на основе SIMD вычислителя ПАРС.....	44
<i>Андрианов Д.Е.</i> Методы обработки информации о пространственно-распределенных объектах .....	46
<i>Анциферов А.В.</i> Способ измерения двумерных координат зрачков глаз .....	48
<i>Аньшаков Г.Г.</i> Принцип действия и основные функциональные возможности установки для обнаружения и индикации ранней катаракты глаза.....	49
<i>Бабаскин С.О.</i> Выбор САПР для расчета электрического и магнитного полей в электроразрядных преобразователях .....	51
<i>Багров В.В.</i> Цветовые преобразования для ФЭП с мозаичной кодирующей структурой CMYG.....	53
<i>Бартко Н.В.</i> Новые информационные технологии в образовании: технологии открытого дистанционного образования.....	54
<i>Батина С.Ю., Певзнер А.А., Батин В.И.</i> Аппаратная диагностика индивидуальных особенностей речи .....	56
<i>Кучерявский С.В., Беляев И.А.</i> Применение метода среднеугловых спектров для распознавания клеток крови .....	58
<i>Беседин А.В., Попов В.М., Умрихин В.В.</i> Проблематика преподавания предмета экология при реализации образовательных программ в сокращенные сроки .....	59
<i>Бехтин Ю.С.</i> Вейвлет-кодирование зашумленных изображений .....	61
<i>Бобынцев Д.О.</i> Структурная организация макропоточкового многопроцессорного акселератора параллельной обработки пакетов последовательных программ .....	63

<i>Бобырь М.В., Яхонтова Е.С.</i> Базы данных для систем с ЧПУ.....	65
<i>Бобырь М.В.</i> Автоматизация процессов управления на оборудовании с ЧПУ .....	66
<i>Милостная Н.А.</i> Система управления машиностроительным оборудованием в реальном времени.....	67
<i>Бобырь М.В., Сибилёва А.Л.</i> Автоматизация процесса прогнозирования точности .....	69
<i>Болотов С.А., Поспелов А.С.</i> О некоторых методах компрессии изображений с использованием прогнозирования блоков послойного разложения .....	71
<i>Борзов Д.Б., Аль-Мараят Б.И.</i> Методика и устройство проверки качества размещения задач .....	73
<i>Борисов А.И., Гордиенко В.В.</i> Обзор программных средств криптографии и стеганографии с использованием псевдослучайных и хаотических процессов.....	75
<i>Борисов В.А., Сальников И.И.</i> Проблема измерения дальности в телевизионных системах охраны .....	76
<i>Брянцев А.А.</i> Вейвлет-обработка изображений в системах технического зрения контроля металлокерамических изделий.....	78
<i>Бугаенко Е.И.</i> Способ формирования панорамных изображений .....	80
<i>Будак В.П. , Ключиков Д.А.</i> Распознавание образов, зашумленных мутной средой, с помощью нейро-сетевых алгоритмов.....	82
<i>Буреев А.Ш., Липовцева Ю.Ю., Сырямкин В.И</i> Интеллектуальные медицинские системы для диагностики внутренних органов человека и расширения возможностей телемедицины .....	83

<i>Бурмистров В.Н., Желанова Л.А.</i> Инновационный аспект изучения дисциплины «КСЕ» в курсе высшей школы .....	86
<i>Василишин И.И., Ястребов А.С.</i> Полупроводниковый преобразователь электромагнитного излучения СВЧ-диапазона .....	87
<i>Ватутин Э.И., Кобзарь Е.Ю.</i> Анализ тенденций изменения значений критериев качества разбиений с ростом размера алгоритмов управления .....	89
<i>Ватутин Э.И.</i> Однородная среда электронной модели дерева для аппаратно-ориентированной обработки R-выражений .....	90
<i>Верхова Г.В., Глушанов И.А., Цыбаков Б.В.</i> Автоматизированная система идентификации и контроля логистических процессов прохождения почтовых отправок с использованием RFID-технологий.....	93
<i>Выскуб В.Г., Прудников И.В.</i> Комбинированная система идентификации биометрических параметров.....	94
<i>Гай В.Е.</i> Многомасштабный подход к восстановлению изображений .....	95
<i>Гвоздев С.М., Гордюхина С.С., Ливенцова А.А.</i> Исследование автоматического регулирования световой среды при использовании пороговых характеристик органа зрения .....	97
<i>Гвоздев С.М., Садовникова Н.Д.</i> Распознавание образов на основе анализа цветового пространственно-частотного спектра изображения .....	99
<i>Егоров С.И., Глухарев И.Н.</i> Метод разрешения фазовой неоднозначности в приемнике системы DVB-DSNG .....	101
<i>Головенков Е.В., Медведев А.В.</i> Стенд для диагностирования автомобильного бортового компьютера .....	103
<i>Голубов Д.А., Иванов В.И.</i> Моделирование работы радарного уровнемера на основе ЛЧМ-сигнала .....	105

<i>Гордеев И.А.</i> Организация профессиональной переподготовки военнослужащих, подлежащих увольнению с военной службы .....	106
<i>Гостев И.М., Подгорбунский А.Г.</i> Методы распределения графического потока между обрабатываемыми узлами в системе обработки изображений и распознавания образов в распределенной системе в реальном масштабе времени .....	108
<i>Графов О.Б.</i> Программная реализация декодера LDPC-кодов .....	111
<i>Гривачев А.В., Островский Е.О.</i> Подход к определению состояния сложных динамических систем .....	113
<i>Гривачев А.В., Островский Е.О.</i> Оценка качества прогнозной модели положения средства космического наблюдения при мониторинге земной поверхности .....	115
<i>Хафизов Р.Г., Григорьевых Е.А.</i> Синтез кватернионных кодовых последовательностей с равномерным энергетическим спектром для организации системы многоканальной передачи данных.....	117
<i>Грушко Н.С., Солонин А.П.</i> Особенности прыжковой проводимости в нитридгаллиевых гетероструктурах .....	119
<i>Гуламов А.А.</i> Единая оптоволоконная информационная сеть государственных вузов г. Курска .....	121
<i>Гурин Н.Т., Новиков С.Г., Корнеев И.В., Новикова А.Г.</i> Полупроводниковый прибор с передаточной n-образной вольт-амперной характеристикой.....	123
<i>Диев О.Г., Марченко И.В., Романов Е.С.</i> Особенности применения информационных технологий при подготовке специалистов в области изобразительного искусства и дизайна .....	124
<i>Диев О.Г., Диев И.О.</i> Проблемы подготовки веб-дизайнера .....	126

<i>Дисюк В.Ю., Глушков Г.С., Сырямкин В.И.</i> Разработка и исследование интеллектуальных акусто-телевизионных микроскопов .....	128
<i>Добросердов О.Г.</i> Способ обработки избыточной координатной информации в многопозиционных радиотехнических системах .....	131
<i>Долженков А.П., Рыбочкин А.Ф.</i> Определение климатических параметров в пчелином улье с помощью нечеткой логики .....	132
<i>Долженков А.П.</i> О точности вычисления целочисленного БПФ на восьмиразрядных микроконтроллерах .....	134
<i>Дороган В.В., Виеру Т.С., Виеру С.Ф., Дороган А.В.</i> Приборы для селективной регистрации ультрафиолетового излучения .....	136
<i>Дороган В.В., Виеру Т.С., Виеру С.Ф.</i> Оптические ключи на основе наноструктурированных полупроводников .....	138
<i>Дюбрюкс С.А., Борзов Д.Б., Титов В.С.</i> Методика переназначения переменных при выявлении параллельных участков внутри последовательных программ .....	140
<i>Егоров С.И., Барышок Д.Г.</i> Обнаружение ошибок синхронизации в информационных каналах со вставками/выпадениями символов с использованием помехоустойчивых кодов Рида-Соломона .....	142
<i>Егоров С.И., Ломтадзе С.Р.</i> Использование мягких решений при декодировании кодов Рида-Соломона за границей половины минимального кодового расстояния.....	144
<i>Егошина И.Л.</i> Задача определения параметров вращения кватернионного сигнала .....	146
<i>Еремеев В.В., Зенин В.А.</i> Оценка отношения сигнал/шум систем формирования изображений на основе статистического анализа видеоданных.....	148

<i>Еремеев В.В., Князьков П.А.</i> Оценка частотно-контрастной характеристики систем формирования изображений на основе анализа яркостных перепадов .....	150
<i>Бирюков Е.Н., Ершов Е.В.</i> Точки бифуркации информационного сигнала при диагностировании опор скольжения электрорезистивным методом .....	152
<i>Сивков Н.Е., Ершов Е.В.</i> Алгоритм выделения фонем при анализе детской речи .....	154
<i>Ершов Е.В., Сухарев А.Н.</i> Алгоритм обработки изображения для формирования кератотопограммы глаза человека .....	156
<i>Жарких А.А., Павлов И.А.</i> Реализация программного модуля распознавания речевых сигналов .....	158
<i>Желанова Л.А.</i> Технология обучения, применяемая на уроках физики в классе-вузе при КурскГТУ .....	159
<i>Жизняков А.Л., Садыков С.С.</i> Наследственность и изменчивость признаков в последовательностях изображений .....	160
<i>Жизняков А.Л., Фомин А.А.</i> Многомасштабная фильтрация групповых объектов изображений .....	162
<i>Жиляев Д.Л.</i> Проблема защиты электронного документа от распознавания .....	164
<i>Жусубалиев Ж.Т., Титов Д.В.</i> Методика анализа устойчивости периодических режимов системы управления с широтно-импульсной модуляцией .....	165
<i>Заикина Т.А., Чернышова О.С.</i> К анализу устойчивости неподвижных точек связанных отображений .....	166
<i>Заикина Т.А., Чернышова О.С.</i> Устойчивость периодических режимов системы управления с импульсной модуляцией .....	168

<i>Зашивайло Т.В., Рабышко В.А., Гаранина И.И.</i> Проектирование и программное обеспечение оптико-электронных устройств на основе разработки многоэлементных сенсорных структур .....	170
<i>Зверев П.С.</i> Распознавание движущихся объектов .....	171
<i>Зерин И.С., Довгаль В.М.</i> Автоматическая генерация акселерационной формы продукции .....	173
<i>Зозуля Е.П.</i> Применение структурных методов распознавания образов при анализе трехмерной скаттерограммы для автоматического обнаружения типов фибрилляции предсердий .....	175
<i>Ильин А.А.</i> Быстрый алгоритм ДПФ для обработки изображений на основе БПФ Кули – Тьюки для одномерных сигналов .....	177
<i>Ильин Р.А.</i> Проектирование корпоративных сайтов учебных заведений.....	178
<i>Корневский Н.А., Гаврилов И.Л., Самофалов А.С.</i> Ранняя диагностика заболеваний, вызываемых экологическими факторами, по данным микроэлементного анализа и рефлексодиагностики .....	180
<i>Корнышов А.Н., Михайлов Д.В.</i> Таксономия знаний в задаче распознавания семантических отношений .....	183
<i>Коростелев С.И.</i> Метод распознавания объектов, основанный на анализе сегментов изображений .....	185
<i>Кревецкий А.В., Ипатов Ю.А.</i> Обнаружение и измерение параметров протяженных текстурных переходов на изображениях дендрохронологических срезов .....	186
<i>Кузнецов А.В., Куприянов А.В., Ильясова Н.Ю.</i> Анализ изображения радужной оболочки глаза с использованием преобразования радона .....	188
<i>Кузнецов А.Е., Светелкин П.Н.</i> Алгоритмы формирования цветосинтезированных изображений по данным панхроматической и спектральной съемки .....	190

<i>Кушнир А.А., Пугачёв А.А., Маклакова О.М.</i> Приборно-схемотехнические решения реализации аналоговой обработки изображений в КМОП-фотодиодных СБИС.....	191
<i>Лазарев А.Н.</i> Информатизация процесса обучения студентов .....	193
<i>Литвинская О.С., Сальников И.И., Шмокин М.Н.</i> Управление телекамерами в многоканальной автоматической системе видеонаблюдения .....	195
<i>Лукашов М.И., Крупчатников Р.А., Коптева Н.А.</i> Нечеткие сетевые модели для прогнозирования и медицинской диагностики .....	197
<i>Лукьянчиков Е.В.</i> Способ определения координат зрачка глаза по сигналам фотодиодного датчика .....	198
<i>Макаренко А.А., Турнецкий Л.С.</i> Применение спектральной обработки оптико-электронного дискретизированного изображения для распознавания текстур.....	199
<i>Макаренко А.А.</i> Двумерная интерполяция дискретизированного изображения в реальном масштабе времени .....	201
<i>Мальцев С.Н., Умрихин В.В., Толкушев А.А.</i> Внедрение сетевых технологий в образовательный процесс системы дистанционного образования .....	203
<i>Макаров Л.М., Ястребов А.С., Комаров П.В.</i> Процедуры анализа и трансдукции в телемедицинских проектах .....	205
<i>Подвальный С.Л., Чудинов М.И.</i> Генерирование моделей распределительных подстанций в базе данных .....	207
<i>Аль-Ядуми А.А.</i> Одночастотный лазерный интерферометр для измерения малых угловых перемещений .....	208

## **ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО**

Важной особенностью научно-технической революции является рост объема, разнообразия и сложности информации во всех областях науки и техники, сопровождающийся увеличением масштабов использования современных ЭВМ, которые необходимы для формализации, накопления, обработки, передачи и регистрации информации. Решение этих задач требует выполнения по меньшей мере двух условий: 1) резкого увеличения быстродействия и объема памяти создаваемых ЭВМ и 2) автоматизации процессов классификации и идентификации информации, осуществляемых в условиях априорной неопределенности с применением адаптивных методов.

Если первое условие выполняется благодаря прогрессу вычислительной техники, то в отношении второго условия имеет место серьезное отставание, причиной которого является незавершенность теории распознавания образов, составляющей основу для реализации указанных процедур.

Визуальные изображения являются основным источником разнообразной информации, которая необходима большинству людей в их повседневной деятельности. Получение информации по зрительному каналу, ее обработка и отображение в сознание человека настолько гибки, универсальны и эффективны, что делают на современном этапе знаний этот процесс недостижимым в его адекватном техническом моделировании.

Вместе с тем в последние десятилетия усилия многих ученых и разработчиков привели к созданию разнообразных систем технического зрения, которые эффективно используются в различных отраслях науки и техники, производстве при решении специальных задач, связанных с распознаванием оптических изображений.

Материалы конференции базируются на теоретических и практических результатах авторов в области распознавания оптических изображений и представляют собой обобщение опыта разработки и исследования специфических возможностей светоинформационных систем в решении поставленных научно-технических задач.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов, работающих в области распознавания образов и построения вычислительных систем, а также может быть полезен студентам, обучающимся по специальностям, связанным с вычислительной техникой и автоматикой.

Доктор технических наук,  
профессор

В.С. Титов

УДК 621.384.3

**Ю.Г. Якушенков**

*Московский государственный университет геодезии  
и картографии*

## **ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ 3-ГО ПОКОЛЕНИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Наиболее часто ОЭС 3-го поколения называют системы, в которых используются двух- и многодиапазонные (многоспектральные) матричные приемники излучения достаточно большого формата. Этим системам свойственно хорошее пространственное, спектральное и временное разрешение, что позволяет осуществлять автоматическое или полуавтоматическое обнаружение, распознавание и идентификацию объектов (целей) на больших дальностях при наличии помех и в условиях противодействия.

В качестве важнейших областей применения ОЭС 3-го поколения можно указать:

- круглосуточную разведку, обнаружение и целеуказание в любую погоду;
- обнаружение минных полей;
- обнаружение противника (живой силы и техники) в условиях интенсивной маскировки и активного противодействия;
- поиск движущихся и неподвижных объектов на больших площадях и определение их координат;
- автоматическое сопровождение движущихся и стационарных целей;
- автоматическую обработку сигналов для выдачи привязанной к карте информации на экран оператора и в систему автоматического обнаружения целей;
- обнаружение факелов ракет;
- обнаружение и классификацию химических, взрывчатых и др. веществ.

На основе обобщения большого объема открытой отечественной и зарубежной информации проводится анализ как современного состояния элементной базы ОЭС 3-го поколения, так и тенденций ее развития за счет создания новых типов оптических систем, многоэлементных приемников излучения, электронных блоков и систем отображения информации, которые по-

зволяют реализовать новые, более совершенные алгоритмы обнаружения и распознавания различных объектов.

Так, при выборе спектральных рабочих диапазонов оптической системы ОЭС сопоставляется влияние различных факторов (дифракции, аберраций, турбулентности среды распространения оптического сигнала) на качество изображения, получаемое в различных диапазонах. Производится сравнение различных способов выделения рабочих спектральных диапазонов (с помощью оптических фильтров, диспергирующих оптических систем и многодиапазонных приемников излучения).

Оцениваются возможности практического использования некоторых новых типов матричных приемников излучения, обладающих способностью адаптировать свои параметры и характеристики к изменяющимся условиям работы системы.

Формулируются требования, предъявляемые к электронному тракту систем 3-го поколения, в частности, к аналого-цифровым преобразователям сигналов, образующихся на выходе фотоприемного устройства ОЭС.

Отмечается, что в ОЭС 3-го поколения используются преимущественно цифровые системы сложения изображений, образующихся в отдельных спектральных каналах. При этом проще осуществляется регулировка яркости и выделение отдельных целей, устраняются различия во времени формирования изображений в отдельных каналах, обеспечивается большее угловое поле при независимой работе спектральных каналов. Кроме того, цифровое изображение легче встраивается в общий комплекс наблюдения и управления операциями.

УДК 517.977.1

***В.Н. Афанасьев***

*Московский институт электроники и математики*

## **РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННЫМИ ТЕРМИНАЛЬНЫМИ NS-СИСТЕМАМИ**

**Задачей робастного управления** по отношению к множеству целей, функционалу качества, множеству допустимых управлений, множеству состояний и начальному состоянию объекта в момент начала управления и множеству возможных значений параметров и характеристик элементов объекта является отыскание управления, принадлежащего допустимому множеству управляющих воздействий, минимизирующего заданный функционал и обеспечивающего перевод системы из начального состояния в заданное множество целей при любых значениях параметров и характеристик элементов объекта, принадлежащих множеству возможных значений.

1. NS-системы.

Рассматриваются нестационарные управляемые динамические объекты вида

$$\frac{d}{dt}x(t) = f(x, u, \alpha(t)), \quad x \in R^n, \quad t \in [t_0, T]. \quad (1.1)$$

- $\alpha(t) = \alpha(t_0, T) \in A$  или  $\alpha(t, x(t)) \in A, t \in [t_0, T] A \in R^k$ ;
- $D$  – область  $(t, x)$ -пространства;
- $D_\alpha$  область  $(t, x, \alpha)$ -пространства  $D_\alpha : (t, x) \in D, \alpha \in A$ ;
- $f \in (C, Lip)$  в  $D_\alpha$ .

Каждой траектории параметров  $\alpha(t) = \alpha(t_0, T) \in A$  и начальному условию, принадлежащему заданной области начальных условий  $x \in X_0$ , будет иметься соответствующее решение уравнения (1.1).

Определим  $\alpha^*(t_0, T) \in A$ , если:

- $f$  измерима на множестве  $D_\alpha$  при любых фиксированных  $\alpha$  и  $x$ ;
- $f$  непрерывна по  $x$  при любых фиксированных  $t$  и  $\alpha$ ;
- при фиксированном  $\alpha$  функция  $f$  непрерывна по совокупности переменных  $(x, \alpha)$ , тогда существует функция  $m(t)$ , интегрируемая по Лебегу на интервале  $[t_0, T]$ , такая, что если  $|f(x, u, \alpha^*(t))| = m(t)$ ,

то  $|f(x, u, \alpha(t))| \leq m(t), \alpha(t) \in A, t \in [t_0, T]$ .

Запишем объект вида (1) при  $\alpha^*(t_0, T) \in A$  и

$$\frac{d}{dt}x(t) = f(x, u, \alpha^*(t)), \quad \alpha^*(t) = \alpha^*(t_0, T) \in A. \quad (1.2)$$

Будем искать управление  $u(t) \in U$  как функцию состояния объекта (1.2):

$$u(t) = Kx(t). \quad (1.3)$$

Тогда правая часть уравнения (1.2) с управлением (1.3) будет иметь вид  $f(x, u, \alpha^*(t)) = f^*(x, \alpha^*(t))$ .

Предположим:

1)  $f_i^*(x, \alpha^*(t)), i = 1, \dots, n$ , – элементы вектора  $f^*(x, \alpha^*(t))$  непрерывны относительно  $x(t)$  и  $t$ ;

2)  $\frac{\partial f_i^*(x, \alpha^*(t))}{\partial x_k(t)}, \frac{\partial f_i^*(x, \alpha^*(t))}{\partial t}$  непрерывны по  $x(t)$  и  $t$  для  $i, k = 1, \dots, n$ .

Эти предположения позволяют представить исходное уравнение объекта в окрестности регулярной точки  $x^*$  статической характеристики в виде

$$\frac{d}{dt}x(t) = [A + \alpha^*]x(t) + [B + \beta^*]Kx(t) + \mathfrak{F}(t, x), \quad (1.4)$$

где  $[A + \alpha^*]$  и  $[B + \beta^*]$  – постоянные матрицы,

$\mathfrak{Z}(t, x) \in R^n$  удовлетворяет условию  $\mathfrak{Z}_i(t, 0) = 0$  и

$$|\mathfrak{Z}_i(t, x) - \mathfrak{Z}_i(t, y)| \leq g(t) \sum_{i=1}^n |x_i(t) - y_i(t)|$$

или более общему:

$$|\mathfrak{Z}_i(t, x)| \leq g(t) \sum_{i=1}^n |x_i(t)|. \quad (1.5)$$

Если  $g(t)$  – непрерывная, ограниченная для  $t > t_0$ , то всякое решение подобной системы определено для всех значений  $t \geq t_0$ .

Решение уравнения (1.4) записывается в виде

$$x(t) = [\exp(\pi t)] \left\{ x^*(0) + \int_0^t [\exp(-\pi \tau)] \mathfrak{Z}(x(\tau)) d\tau \right\}, \quad \pi = [A + \alpha^*] + K[B + \beta^*] \text{const.}$$

## 2. Постановка задачи управления.

*Объект, цель управления, функционал*

Нелинейный нестационарный управляемый объект

$$\frac{d}{dt} x(t) = f(x, t) + B(x, t)u(t), \quad x(t_0) \in X_0, \quad x \in R^n. \quad (2.1)$$

Функционал качества

$$J(x, u) = \frac{1}{2} \left[ x^T(T)Fx(T) + \int_0^T \{x^T(t)Qx(t) + u^T(t)Ru(t)\} dt \right]. \quad (2.2)$$

Цель управления объектом

$$|\eta^T x(T)| \leq d > 0. \quad (2.3)$$

Управление

$$u(t) = Kx(t). \quad (2.4)$$

Эти предположения позволяют представить исходное уравнение объекта в окрестности точки  $x = 0$  в виде

$$\frac{d}{dt} x(t) = [A + \alpha(x, t)]x(t) + [B_1 + \beta(x, t)]Kx(t) + \mathfrak{Z}(x, a(x, t), \beta(x, t)), \quad (2.5)$$

$$\mathfrak{Z}(x, a(x, t), \beta(x, t)) = \mathfrak{Z}(x, t) = 0 \text{ при } x(0) = 0.$$

Предположим, что существует некоторая положительно определенная матрица  $P$  такая, что

$$\mathfrak{I}^T(x(t))\{\mathfrak{I}(x(t)) - Px(t)\} < 0 \text{ при } x(t) \neq 0. \quad (2.6)$$

Это предположение обеспечивает почти линейным системам вида (2.5) с действительными отрицательными корнями характеристического уравнения выполнения условия устойчивости по Ляпунову.

Пусть  $z_0 \in \partial X_0$ ,  $\alpha^*$ ,  $\beta^*$  таковы, что

$$\begin{aligned} & \left| [A + \alpha^*]z(t) + [B_1 + \beta^*]Kz(t) + \mathfrak{I}(z, \alpha^*, \beta^*) \right| \geq \\ & \geq \left| [A + \alpha(x, t)]x(t) + [B_1 + \beta(x, t)]Kx(t) + \mathfrak{I}(x, \alpha(x, t), \beta(x, t)) \right|. \end{aligned}$$

Таким образом, решение уравнения

$$\frac{d}{dt}z(t) = [A + \alpha^*]z(t) + [B_1 + \beta^*]Kz(t) + \mathfrak{I}(z, \alpha^*, \beta^*), \quad z(t_0) = x_0^* \in X_0 \quad (2.7)$$

является мажорантой для всех возможных решений уравнения (1.4) при  $\alpha(x, t), \beta(x, t) \in \Omega$ .

Синтез регулятора

В силу сделанных предположений, справедливо соотношение

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \left| [A + \alpha^*]z(t) + [B_1 + \beta^*]Kz(t) + \mathfrak{I}(z, \alpha^*, \beta^*) \right| \geq \\ & \geq \left| [A + \alpha(x, t)]x(t) + [B_1 + \beta(x, t)]Kx(t) + \mathfrak{I}(x, \alpha(x, t), \beta(x, t)) \right|. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Синтез управления проведем для линейной модели системы

$$z_M(t) = [A + \alpha^*]z_M(t) + [B_1 + \beta^*]u^*(t), \quad z_M(t_0) = x_0.$$

Назначим в функционале (2.2)  $F = S$ , где  $S$  есть решение уравнения Риккати-Лурье

$$S[A + \alpha^*] + [A + \alpha^*]^T S - S[B_1 + \beta^*]R^{-1}[B_1 + \beta^*]^T S + Q = 0, \quad (2.9)$$

тогда  $S(t) = \text{const}$ ,  $t \in [0, T]$  [1] и

$$u^*(t) = -R^{-1}[B_1 + \beta^*]Sx_M(t). \quad (2.10)$$

Управление (2.10) обеспечивает отрицательность вещественных частей корней характеристического уравнения системы первого приближения

$$\frac{d}{dt}z_M(t) = \pi z_M(t), \quad (2.11)$$

где  $\pi = A + \alpha^* - [B_1 + \beta^*]R^{-1}[B_1 + \beta^*]^T S$ , (2.12)  
 что является необходимым и достаточным условиями ее асимптотической устойчивости.

Управление для объекта (2.7):

$$u(t) = -R^{-1}[B_1 + \beta^*]S z(t). \quad (2.13)$$

Управление (2.13) не изменяет качественной картины расположения траекторий системы «объект (2.7)-регулятор (2.13)» в начале координат [5].

3. Сверхстабилизация. Необходимые условия существования.  
«Точка покоя»

При сделанных предположениях о нелинейной вектор-функции  $\mathfrak{Z}(z, t)$  рассматриваемый объект с управлением вида (2.13) имеет устойчивое состояние покоя при  $z = 0$ .

Теорема 3.1 (Перрон).

Пусть дана система

$$\frac{d}{dt}z(t) = \pi z(t) + \mathfrak{Z}(z, t),$$

где  $\pi$  – действительная постоянная матрица, все характеристические корни которой имеют отрицательные действительные части. Пусть вектор действителен, непрерывен для малых  $|z(t)|$  и  $t \geq 0$  и

$$\mathfrak{Z}(z, t) = o(|z|) \quad (|z| \rightarrow 0)$$

равномерно по  $t$ ,  $t \geq 0$ . Тогда решение, равное тождественно нулю, асимптотически устойчиво.

Для рассматриваемых систем справедлива следующая теорема.

Теорема 3.2.

Решение  $x = 0$  является устойчивым решением уравнения

$$\frac{d}{dt}x(t) = [A + \alpha(x, t)]x(t) + [B_1 + \beta(x, t)]Kx(t) + \mathfrak{Z}(x, a(x, t), \beta(x, t)),$$

$$x(t_0) \in X, \quad \alpha(x, t), \beta(x, t) \in \Omega,$$

если решение  $z = 0$  является устойчивым решением уравнения

$$\frac{d}{dt}z(t) = [A + \alpha^*]z(t) + [B_1 + \beta^*]Kz(t) + \mathfrak{Z}(z, a^*, \beta^*),$$

$$z(t_0) = x(t_0),$$

и

а)  $\alpha^*, \beta^* \in \Omega$  таковы, что

$$\begin{aligned} & \left| [A + \alpha^*]x(t) + [B_1 + \beta^*]Kx(t) + \mathfrak{Z}(x, a^*, \beta^*) \right| \geq \\ & \geq \left| [A + \alpha(x, t)]x(t) + [B_1 + \beta(x, t)]Kx(t) + \mathfrak{Z}(x, a(x, t), \beta(x, t)) \right|; \end{aligned}$$

б)  $K = -R^{-1}[B_1 + \beta^*]S$ ,

где  $Sz(t_0) = x(t_0)[A + \alpha^*] + [A + \alpha^*]^T S - S[B_1 + \beta^*]R^{-1}[B_1 + \beta^*]^T S + Q = 0$ ,  $Q, R > 0$ ;

в)  $\mathfrak{I}(z, a^*, \beta^*) = 0$  при  $x(0) = 0$ ;

г) существует положительно определенная матрица  $P$  такая, что

$$\mathfrak{I}^T(z, a^*, \beta^*)\{\mathfrak{I}(z, a^*, \beta^*) - Pz(t)\} < 0 \text{ при } z(t) \neq 0.$$

Условия асимптотической устойчивости при произвольных  $|z(t_0)| = |z(0)| \neq 0$ .

Решение уравнения (2.7) с управлением (2.13) имеет вид

$$z(T) = [\exp(\pi T)] \left\{ z(0) + \int_0^T [\exp(-\pi \tau)] \mathfrak{I}(z, \tau) d\tau \right\}. \quad (3.1)$$

Если управление (2.13) стабилизирует объект (2.7), то

$$\|z(0)\| - \left\| \int_0^T \{\exp(-\pi \tau)\} \mathfrak{I}(z, \tau) d\tau \right\| \rightarrow 0 \text{ при } T \rightarrow \infty.$$

Так как первое слагаемое имеет конечное значение, то и второе слагаемое при управлении, стабилизирующем объект, должно иметь конечное значение при  $T \rightarrow \infty$ . Учитывая, что

$$\left\| \int_0^T \{\exp(-\pi \tau)\} \mathfrak{I}(z, \tau) d\tau \right\| \leq \int_0^T \|\{\exp(-\pi \tau)\} \mathfrak{I}(z, \tau)\| d\tau, \quad (3.2)$$

последнее выполняется в том случае, если подынтегральное выражение в правой части неравенства (3.2) будет убывать. Потребуем, чтобы положительно определенное подынтегральное выражение убывало монотонно.

Отметим, что запас устойчивости, определяемый выполнением этого требования, сужает область возможных значений начальных условий, при которых сохраняется устойчивость системы. Вполне уместно более узкий класс систем, определенный подобным образом, отнести к системам, обладающим свойством «сверхустойчивости» («сверхстабилизируемым»).

*Определение.* Назовем систему

$$\frac{d}{dt} z(t) = \pi z(t) + \mathfrak{I}(z, t), \quad z \in R^n,$$

у которой корни  $\lambda_i, i = 1, 2, \dots, n$  характеристического уравнения имеют отрицательные действительные части, сверхустойчивой, если

$$\|\{\exp \pi t\} \mathfrak{I}(z, t)\| \leq n e^{-\rho t} \|\mathfrak{I}(z, t)\|, \quad t \geq 0,$$

где  $n$  – порядок системы и  $(-\rho) = \max(\operatorname{Re} \lambda_i) < 0$ .

Вернемся к условию (3.2). Оно будет выполняться, если производная по времени от положительно определенной формы

$$\|\{\exp[-\pi t]\} \mathfrak{Z}(z, t)\| > 0 \quad x \neq 0 \quad (3.3)$$

будет отрицательной, т.е. условие монотонного убывания подынтегрального выражения (3.2) имеет вид

$$\|\pi \{\exp[-\pi t]\} \mathfrak{Z}(z, t)\| > \left\| \{\exp[-\pi t]\} \left\{ \frac{d \mathfrak{Z}(z, t)}{dt} \right\} \right\|, \quad z \neq 0. \quad (3.4)$$

*Утверждение.* Неравенство

$$\|\pi \{\exp[-\pi t]\} \mathfrak{Z}(z, t)\| \geq \left\| \{\exp[-\pi t]\} \left\{ \frac{d \mathfrak{Z}(z, t)}{dt} \right\} \right\|$$

выполняется в любой момент переходного процесса системы

$$\frac{d}{dt} z(t) = \pi z(t) + \mathfrak{Z}(z, t),$$

если оно выполнялось для начальных условий  $z(t_0) \in X_0$ .

В начальный момент при  $t_0 = 0$  неравенство (3.4) принимает вид

$$\|\pi \mathfrak{Z}(z, t)\| > \left\| \frac{d \mathfrak{Z}(z, t)}{dt} \right\|, \quad z(t) \neq 0 \quad \text{при } t = 0 \quad (3.5)$$

или, учитывая, что  $\|\pi \mathfrak{Z}(z, t)\| \geq \|\pi\| \|\mathfrak{Z}(z, t)\|$ ,

$$\left\| \frac{d \mathfrak{Z}(z, t)}{dt} \right\| < \|\pi\| \|\mathfrak{Z}(z, t)\|, \quad z(t) \neq 0 \quad \text{при } t = 0. \quad (3.6)$$

Из неравенств (3.5), (3.6), определяющих условия монотонной асимптотической сходимости подынтегрального выражения в правой части неравенства (3.2), при заданной матрице  $\pi$  и известной нелинейности  $\mathfrak{Z}(x, t)$  можно определить условия для начального состояния объекта, при которых стабилизирующее управление вида (2.13) будет существовать.

Так как  $S = S(Q, R)$ , то назначая соответствующим образом матрицы  $Q$  и  $R$ , при заданном начальном состоянии объекта  $z(0)$  и известной нелинейной функции  $\mathfrak{Z}(z, t)$  можно получить решение таким, что будет выполняться при  $z(t) \neq 0, t \geq 0$  условие

$$\left\| \frac{d \mathfrak{Z}(z, t)}{dt} \right\| < \|A + \alpha^* - [B_1 + \beta^*] R^{-1} [B_1 + \beta^*]^T S(Q, R) \mathfrak{Z}(z, t)\|. \quad (3.7)$$

Полученный результат формулируем в виде теоремы.

Теорема 3.

Пусть мажоранта  $z(t)$  нелинейного нестационарного объекта

$$\frac{d}{dt}x(t) = [A + \alpha(x,t)]x(t) + [B_1 + \beta(x,t)]u(t) + \mathfrak{Z}(x,t),$$

где  $\alpha(x,t), \beta(x,t) \in \Omega$ ,  $\alpha^*, \beta^* \in \partial\Omega$ ,  $\Omega$  – замкнутое ограниченное множество возможных траекторий изменений параметров объекта, описывается уравнением

$$\frac{d}{dt}z(t) = [A + \alpha^*]z(t) + [B_1 + \beta^*]u(t) + \mathfrak{Z}(z,t).$$

Тогда управление объектом

$$u(t) = -R^{-1}[B_1 + \beta^*]Sx(t),$$

где  $S[A + \alpha^*] + [A + \alpha^*]^T S - S[B_1 + \beta^*]R^{-1}[B_1 + \beta^*]^T S + Q = 0$ , является стабилизирующим, т.е.  $x(t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow \infty$ , если начальные условия, образующие область начальных условий системы «объект-регулятор», отвечают условию

$$\left\| \frac{d\mathfrak{Z}(x,t)}{dt} \right\| < \|\pi \mathfrak{Z}(x,t)\|, \quad x(t) \neq 0, \quad t = 0.$$

#### 4. Переходный процесс нелинейной системы в задаче стабилизации.

Оценим точность выполнения задачи управления нелинейным объектом (задачи стабилизации)

$$\frac{d}{dt}z(t) = [A + \alpha^*]z(t) + [B_1 + \beta^*]u(t) + \mathfrak{Z}(z,t), \quad (4.1)$$

$$\text{с управлением } u(t) = -R^{-1}[B_1 + \beta^*]Sz(t). \quad (4.2)$$

Решения уравнения (4.1) и его линеаризованной модели с соответствующими управлениями имеют вид

$$z(t) = [\exp(\pi t)] \left\{ z(0) + \int_0^t [\exp(-\pi \tau)] \mathfrak{Z}(z, \tau) d\tau \right\},,$$

$$z_M(t) = [\exp(\pi t)]z(0).$$

Если принять, что справедливо соотношение  $\|z(t)\| \geq \|z_M(t)\|$  или, что то же самое

$$\left\| [\exp(\pi T)] \left\{ z(0) + \int_0^t \{\exp(-\pi \tau)\} \mathfrak{Z}(z, \tau) d\tau \right\} \right\| \geq \|z_M(t)\|, \quad (4.3)$$

то из неравенства (4.3) имеем

$$\frac{\|[\exp(\pi t)] \mathfrak{Z}(z, t)\|}{\left\| z(0) + \int_0^t [\exp(-\pi \tau)] \mathfrak{Z}(z, \tau) d\tau \right\|} \geq \frac{\|\mathfrak{Z}(z, t)\|}{\|z_M(t)\|}. \quad (4.4)$$

Интегрируя (4.4) от 0 до  $t$ , получаем

$$\ln \left\| z(0) + \int_0^t [\exp(-\pi \tau)] \mathfrak{Z}(z, \tau) d\tau \right\| - \ln \|z(0)\| \geq \frac{\|\mathfrak{Z}(z, t)\|}{\|z_M(t)\|} t.$$

Отсюда следует, что

$$\left\| z(0) + \int_0^t [\exp(-\pi \tau)] \mathfrak{Z}(z, \tau) d\tau \right\| \geq \|z(0)\| \left\{ \exp \left[ \frac{\|\mathfrak{Z}(z, t)\|}{\|z_M(t)\|} t \right] \right\}. \quad (4.5)$$

Умножая (4.5) на  $\|\exp(\pi t)\|$ , будем иметь

$$\|z(t)\| \geq \|z_M(t)\| \left\{ \exp \left[ \frac{\|\mathfrak{Z}(z, t)\|}{\|z_M(t)\|} t \right] \right\}, \quad (4.6)$$

#### Теорема 4.1

Если нелинейное дифференциальное уравнение

$$\frac{d}{dt} z(t) = \pi z(t) + \mathfrak{Z}(z, t), \quad z(t_0) = x_0,$$

где  $\mathfrak{Z}(z, t)$  – нелинейная вектор функция, и линейное дифференциальное уравнение

$$\frac{d}{dt} z_M(t) = \pi z_M(t), \quad z_M(t_0) = x_0,$$

имеют решения для  $t \geq 0$ , то

$$\|z(t)\| \geq \|z_M(t)\| \left\{ \exp \left[ \frac{\|\mathfrak{Z}(z, t)\|}{\|z_M(t)\|} t \right] \right\}, \quad t \geq 0.$$

При формулировке теоремы 4.1 использовались идеи «основной теоремы об устойчивости» Беллмана.

Введем вектор

$$\varepsilon(t) = z(t) - z_M(t). \quad (4.7)$$

Если решение  $\varepsilon(t)$  существует, то из (4.7) следует, что

$$\varepsilon(t) = \int_0^t [\exp \{ \pi(t - \tau) \}] \mathfrak{Z}(z, \tau) d\tau. \quad (4.8)$$

Напомним, что действительные части характеристических корней матрицы  $\pi \lambda_i, i = 1, 2, \dots, n$  отрицательны, пусть при этом

$$\max(\operatorname{Re} \lambda_i) = -\rho < 0.$$

Тогда каждое решение системы (4.8), которое стремится к нулю при  $t \rightarrow \infty$ , удовлетворяет условию

$$\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{\ln |z(t)|}{t} \leq -\rho. \quad (4.9)$$

Таким образом, все решения, которые начинаются из множества возможных начальных условий, определенных ранее, удовлетворяют неравенству (4.9).

Учитывая, что

$$\|\exp \pi t\| = \|P\{\exp \pi t\}P^{-1}\| = \sum_{i=1}^n \exp \lambda_i \pi \leq n e^{-\rho t}, \quad -\rho = \max(\operatorname{Re} \lambda_i) < 0, \quad t \geq 0, \quad (4.10)$$

где невырожденная матрица  $P$  – матрица преобразования подобия, получаем из (4.10)

$$\|\varepsilon(t)\| \leq n e^{-\rho t} \int_0^t e^{\rho \tau} \|\mathfrak{Z}(z, \tau)\| d\tau. \quad (4.11)$$

Если начальные условия системы таковы, что  $z(t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow \infty$ , т.е. система устойчива, то  $\|\mathfrak{Z}(z, 0)\| > \|\mathfrak{Z}(z, t)\|$ ,  $t > 0$ . Тогда

$$\|\varepsilon(t)\| \leq n e^{-\rho t} \int_0^t e^{\rho \tau} \|\mathfrak{Z}(z, 0)\| d\tau,$$

откуда

$$\|\varepsilon(t)\| \leq \frac{1}{\rho} n \|\mathfrak{Z}(z, 0)\| [1 - e^{-\rho t}]. \quad (4.12)$$

Таким образом, при  $t = T$  возможный рост решения системы по отношению к решению линейной системы описывается соотношением

$$\|\varepsilon(T)\| \leq \frac{1}{\rho} n \|\mathfrak{Z}(z, 0)\| [1 - e^{-\rho T}]. \quad (4.13)$$

Теорема 4.2.

Возможный рост решения системы

$$\frac{d}{dt} z(t) = \pi z(t) + \mathfrak{Z}(z, t), \quad z(t_0) = x_0,$$

где  $\mathfrak{Z}(z, t)$  – нелинейная вектор функция, по отношению к решению линейной системы

$$\frac{d}{dt} z_M(t) = \pi z_M(t), \quad z_M(t_0) = x_0,$$

у которой действительные части характеристических корней матрицы  $\pi$   $\lambda_i, i=1,2,\dots,n$  отрицательны, для  $t \geq 0$  описывается соотношением

$$\|\varepsilon(t)\| \leq \frac{1}{\rho} n \|\mathfrak{Z}(z,0)\| [1 - e^{-\rho t}],$$

где  $\varepsilon(t) = z(t) - z_M(t)$ ,  $-\rho = \max(\operatorname{Re} \lambda_i) < 0$ ,  $n$  – порядок системы.

Следствие

Учитывая, что  $\|z(t)\| \geq \|x(t)\|$  при  $z(t_0) = x_0$ , справедливо соотношение

$$\|x(t) - z_M(t)\| \leq \frac{1}{\rho} n \|\mathfrak{Z}(z, \alpha^*, \beta^*, 0)\| [1 - e^{-\rho t}].$$

Отметим, что при заданной области возможных значений параметров нелинейного объекта полученные выше результаты позволяют решить три основные задачи стабилизации системы:

– заданы уравнения первого приближения, произведен синтез управления, обеспечивающего отрицательность вещественных частей корней характеристического уравнения системы первого приближения, заданы нелинейные члены. Требуется определить область начальных условий, при которых синтезированное по первому приближению управление будет стабилизировать нелинейный объект;

– заданы уравнения первого приближения, произведен синтез управления, обеспечивающего отрицательность вещественных частей корней характеристического уравнения системы первого приближения, задана область начальных условий системы. Требуется определить условия, которым должны удовлетворять нелинейные члены системы, при которых синтезированное по первому приближению управление будет стабилизировать нелинейную систему;

– заданы уравнения первого приближения, проведен по первому приближению синтез структуры управляющего устройства (с точностью до значенных параметров), задана область начальных условий, заданы нелинейные члены системы. Требуется определить условия, которым должны удовлетворять параметры регулятора, обеспечивающего стабилизацию нелинейного объекта.

##### 5. Условия существования терминального робастного управления.

Рассмотрим вопрос о существовании управления, полученного ранее, при движении нелинейной нестационарной системы в заданном интервале времени из любого начального состояния, принадлежащего заданному множеству, в заданную область.

Условие d-робастности для объекта

$$\frac{d}{dt}z(t) = [A + \alpha^* - [B_1 + \beta^*]R^{-1}[B_1 + \beta^*]^T S]z(t) + \mathfrak{Z}(z, \alpha^*, \beta^*), \quad z(t_0) = x_0^* \in X_0$$

имеет вид

$$\|z(T)\| = \left\| [\exp(\pi T)]z(0) + \int_0^T [\exp(-\pi \tau)] \mathfrak{Z}(z, \tau) d\tau \right\| \leq d.$$

Откуда

$$\|[\exp(\pi T)]z(0)\| - d \int_0^T \|\{\exp(-\pi \tau)\} \mathfrak{Z}(z, \tau) d\tau\|. \quad (5.1)$$

Если условие (5.1) не выполняется, то это означает, что для объекта

$$\frac{d}{dt}z(t) = \{A + \alpha(t) + [B_1 + \beta(t)]K\}z(t) + \mathfrak{Z}(z, t)$$

с начальным условием  $z(0) = x_0^* \in X_0$  и заданным периодом управления  $[0, T]$ , в общем случае не существует управления вида  $u(t) = Kx(t) = -R^{-1}[B + \beta^*]Sx(t)$  с постоянной положительно определенной матрицей  $S$ , определяемой решением Риккати-Лурье  $S[A + \alpha^*] + [A + \alpha^*]^T S - S[B + \beta^*]R^{-1}[B + \beta^*]^T S + Q = 0$ , которое может обеспечить заданный показатель робастности  $d$ .

Выполнение полученных ранее условий обеспечивает переходному процессу асимптотическое свойство, предъявляя соответствующие требования к поведению нелинейной вектор-функции, входящей в систему. Таким образом, выполнение этого условия является необходимым условием существования  $d$ -робастного управления.

Условие (5.1) является дополнительным условием, обеспечивая достаточные условия существования  $d$ -робастного управления.

Выполнение обоих условий гарантирует выполнение задачи  $d$ -робастного управления нестационарным объектом.

Полученный результат сформулируем в виде теоремы.

Теорема 5.1.

В задаче управления нелинейным нестационарным объектом вида

$$\frac{d}{dt}z(t) = [A + \alpha(t)]z(t) + [B + \beta(t)]u(t) + \mathfrak{Z}(z, t),$$

где  $u(t) = -R^{-1}[B + \beta^*]Sz(t)$  и матрица  $S$  является решением уравнения Риккати-Лурье

$$S[A + \alpha^*] + [A + \alpha^*]^T S - S[B + \beta^*]R^{-1}[B + \beta^*]^T S + Q = 0,$$

с заданным интервалом управления, заданным интервалом параметрической неопределенности  $\alpha(t), \beta(t) \in \Omega$  и заданной областью возможных начальных состояний  $X_0$  условия

$$\left\| \frac{d \mathfrak{Z}(z, t)}{dt} \right\| < \|\pi \mathfrak{Z}(z, t)\|, \quad z(t) \neq 0, \quad t = 0$$

и

$$\left\| [\exp(\pi T)]z(0) \right\| - d \leq \int_0^T \left\| [\exp(-\pi \tau)] \mathfrak{Z}(z, \tau) \right\| d\tau$$

являются соответственно необходимыми и достаточными условиями существования  $d$ -робастного управления.

Оценим точность выполнения задачи управления нелинейным объектом с управлением вида  $u(t) = -R^{-1}[B + \beta^*]Sz(t)$ ,  $t \in [0, T]$ .

Применим ранее полученный результат к задаче робастного управления. Очевидно, что задача робастного управления, состоящая в выполнении условия  $\|z(T)\| \leq d$  при  $\|z_M(T)\| < d$ , будет успешно решена для объекта

$$\frac{d}{dt}x(t) = [A + \alpha(x, t)]x(t) + [B_1 + \beta(x, t)]Kx(t) + \mathfrak{Z}(x, a(x, t), \beta(x, t)),$$

если будет выполняться условие

$$1 \leq \left\| \exp \left[ \frac{\mathfrak{Z}(z, T)}{\|z_M(T)\|} T \right] \right\| \leq \frac{d}{\|z_M(T)\|}, \quad (5.2)$$

где  $\|z_M(T)\| = \|\{\exp[\pi T]\}x^*(t_0)\|$ .

Условие (5.2) содержит требования к значениям нелинейной вектор функции  $\mathfrak{Z}(z, T)$  по отношению к показателю робастности  $d$  и длительности процесса управления  $T$ . Требования к управлению нелинейным объектом, сфокусированные в выполнении условия  $\|z_M(T)\| < d$ , учтены при получении условия (5.2).

Теорема 5.2.

Для систем, рассматриваемых в теореме 5.1, при выполнении условия  $\|z_M(T)\| < d$  выполнение условия (5.2) является необходимым и достаточным условиями успешного выполнения задачи терминального робастного управления  $\|x(T)\| \leq d$ .

Если условия на правом конце задаются в виде

$$|x_i(T)| \leq d_i, \quad d_i > 0, \quad i = 1, \dots, n,$$

то проверить возможность выполнения условия (5.2) можно, переписав это условие в виде

$$1 \leq \left\| \exp \left[ \frac{\mathfrak{Z}(D)}{\|z_M(T)\|} T \right] \right\| \leq \frac{d}{\|z_M(T)\|}, \quad (5.3)$$

где  $D^T = (d_1, \dots, d_n)$ .

Так как  $\|z_M(T)\| = \|\{\exp[\pi T]\}x^*(t_0)\|$ , где  $\pi = A + \alpha^* - [B_1 + \beta^*]R^{-1} \times [B_1 + \beta^*]^T S$ , условие (5.3) можно использовать для предварительной проверки назначения весовых матриц функционала качества на возможность выполнения задачи терминального робастного управления.

В заключение отметим, что при заданных областях возможных начальных условий и значений параметров нелинейного объекта, заданным периодом процесса управления, заданных ограничениях на управляющие воздействия, полученные выше результаты позволяют решить разнообразные задачи  $d$ -робастного управления системы.

УДК 519.92

**И.М. Гостев**

*Московский институт электроники и математики*

## **О ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКАХ ГЛАДКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КРИВЫХ**

Для идентификации формы объектов существует большое количество методов, использующих различные метрики (Чебышева, Эвклида, Махаланобиса, Хаусдорфа и др.). Основной трудностью применения таких метрик является необходимость совпадения объектов по масштабу, пространственному сдвигу и повороту. В реальном мире добиться выполнения этих условий практически невозможно, поэтому использование внешних признаков кривых не позволяет их идентифицировать инвариантно к 2D аффинным преобразованиям. На основании этого было принято решение искать «внутренние» информативные признаки, как элементы некоторого математического описания самих кривых. При таком подходе будем считать, что некоторый фрагмент контура образован кривой, не имеющей толщины, цвета, способа отображения – то есть никаких внешних признаков. Имеются только точки абсцисс и значения некоторой функции в них.

В этом случае постановка задачи будет следующей. На первом этапе – получение некоторого количества признаков, по которым эта кривая может быть идентифицирована инвариантно аффинным преобразованиям. На втором этапе – построение метрики для сравнения полученных признаков. Далее, так как после обработки изображений реальных объектов их контуры, как правило, образованы отдельными фрагментами, то и идентифицировать необходимо отдельные фрагменты кривых. Поэтому задача распознавания должна включать в себя два последовательных шага: идентификацию отдельных фрагментов контуров и идентификацию объекта по совокупности

пространственного расположения распознанных фрагментов в некоторой области.

Теперь должно быть понятно, что на предварительном шаге задачи идентификации должно быть построено описание фрагментов кривых, а после получения реальных фрагментов сравнивать информативные признаки объекта и эталона. Причем в качестве эталонов должны использоваться сопоставимые с искомыми отрезки кривых.

Что же может служить таким набором внутренних информационных признаков некоторой кривой, абстрагируясь от таких физических характеристик, как толщина и цвет? Исследования показали, что существуют такие точки на кривой, взаиморасположение которых не изменяется при 2d-аффинных преобразованиях. Такие точки образованы нулями производных *k-jet* (струй). Напомним, что *k-jet* преобразование от *k*-раз непрерывно дифференцируемой на  $[a, b]$  функции  $f(x)$  представляет собой ряд Тейлора, в котором проведена замена переменной с  $(x - x_0)$  на  $z \in [a, b]$

$$(J_{x_0}^k f)(x) = f(x_0) + f'(x_0)z + \dots + \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} z^k.$$

Взаиморасположение точек нулей *k-jet* не изменяется при 2D-аффинных преобразованиях, поэтому опорное множество точек, образованное упорядоченными по абсциссе нулями *k-jet*, будет являться базисом для инвариантной к 2d-аффинным преобразованиям идентификации кривых. Вводя нормирование значений функций (кривых) и нормирование расстояний между абсциссами, получим метрики, аналогичные метрикам, основанным на методах геометрической корреляции, что позволяет сравнивать форму незамкнутых кривых.

Пусть для эталонной кривой  $f = f(s)$  множество  $G_f = \{a = x_0 < x_1 < \dots < x_l = b\}$  образовано  $l+1$ -точками, а для идентифицируемой кривой  $g = g(s)$  –  $G_g = \{c = y_0 < y_1 < \dots < y_m = d\}$  содержит  $m+1$ -точку. Пусть  $l > m$ , то есть, предположим, что идентифицируемая кривая представляет собой фрагмент эталонной, в противном случае они поменяются местами. Если представить, что рассматриваемые кривые имеют псевдопериодичность, то необходимо доопределить  $G_s$  множеством точек того же размера, что и  $G_0$  следующим образом  $G_s^* = x_0, x_1, \dots, x_l, x_{l+1} = x_1 + x_1 - x_0, \dots, x_{l+m} = x_1 + x_m - x_0$ .

Другими словами рассматривается случай, когда  $|G_f|^m < |G_g|^k$ , т.е. множество  $k-jet$  нулей кривой  $L_f$  меньше множества  $k-jet$  нулей кривой  $L_g$ . При этом множество  $G_g$  доопределяется до множества  $G_{gf}$  по правилу  $|G_{gf}| = |G_g| + |G_f| - 1$ .

Для некоторого множества нулей  $k-jet$   $G = \{a = x_0 < x_1 < \dots < x_l = b\}$ , зеркальным ему назовём множество  $G_z = \{b = y_0 = x_n, > y_1 = x_{n-1}, \dots, > y_n = x_0 = a\}$ . Введем многомерную функцию разности с учетом возможных инверсий (отражений) в области значений функций  $f$  и  $g$ , следующим образом:

$$\eta_{i,j}^k = |f_k(t_{i+j})| - |g_k(\tau_i)|, \quad i = \overline{0, l-m}, \quad j = \overline{0, m}$$

Из полученного набора можно либо сформировать линейную функцию разности первого типа –  $\eta_{i,j}^{(1)} = \max_{l=1,n} |\eta_{i,j}^l|$ , либо линейную функцию разности

второго типа –  $\eta_{i,j}^{(2)} = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n |\eta_{i,j}^l|$ .

Определим функции абсолютной ошибки идентификации первого и второго типа

$$\delta_i^q = \frac{1}{(m+1)} \sum_{j=0}^m |\eta_{i,j}^{(q)}|, \quad q = 1, 2 \quad i = \overline{0, (k-m)},$$

и функции относительной ошибки идентификации первого и второго типа

$$\sigma_i^{(q)} = \frac{1}{(m+1)} \sum_{j=0}^m |\delta_i^{(q)} - \eta_{i,j}^{(q)}|, \quad q = 1, 2 \quad i = \overline{0, (k-m)}.$$

Функцию распознавания для идентификации незамкнутых кривых на основе *линейной корреляции № 1* (ЛК1) запишем как

$$\lambda_{LK1} = \begin{cases} 1, & (\rho_{LK1} < \varepsilon_{LK1}) \vee (\rho_{LK1}^z < \varepsilon_{LK1}), \\ 0, & (\rho_{LK1} \geq \varepsilon_{LK1}) \wedge (\rho_{LK1}^z \geq \varepsilon_{LK1}), \end{cases}$$

где  $\rho_{LK1} = \min_i \delta_i$  – метрика ЛК1,  $\rho_{LK1}^z$  – метрика ЛК1; вычисленная на зеркальном множестве  $k-jet$  нулей объекта, а  $\varepsilon_{LK1}$  – классификационный допуск ЛК1. Равенство  $\lambda_{LK1} = 1$  будет означать успешную идентификацию кривой, а  $i$  – сдвиг положения объекта относительно начала эталонной линии.

Поскольку любую пространственную гладкую функцию можно рассматривать в многомерной  $k-jet$  форме, то аналогичные описания подходят к трех и более мерным кривым.

В докладе приводятся методы представления кривых (функций) посредством некоторого набора информационных признаков, основанных на нулях  $k-jet$ , по которым она может быть охарактеризована; определения и леммы предлагаемой методологии; методы и условия получения такого опорного множества; ряд метрик, используемых для идентификации кривых по такому множеству; примеры идентификации.

УДК 519.62

**И.Н. Синицын**

sinitsin@dol.ru

*Институт проблем информатики РАН*

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ КАНОНИЧЕСКИХ РАЗЛОЖЕНИЙ СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ К ЗАДАЧАМ ФИЛЬТРАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ**

Доклад содержит изложение современного состояния теории канонических разложений (КР) случайных функций (СФ) и её применения к задачам фильтрации, идентификации и распознавания.

В разделе 1 рассматривается корреляционная теория скалярных, векторных и тензорных СФ, излагаются аналитические, вычислительные и комбинированные методы построения КР в данной области изменения аргумента СФ, а также приближенные методы на основе стохастических функциональных рядов. Особое внимание уделяется построению КР стационарных и стационарно связанных СФ, а также нестационарных СФ, приводимых к стационарным. Излагаются методы построения КР линейных и квазилинейных преобразований СФ. Для существенно нелинейных преобразований приводятся корреляционные методы эквивалентной статистической линеаризации на основе КР СФ.

Раздел 2 посвящён общей корреляционной теории КР СФ и её обобщениям. Приводятся обобщения прямой и обратной теорем Пугачёва о КР СФ в различных функциональных пространствах. Формулируются теоремы о КР линейных преобразований. Рассматриваются вопросы решения линейных операторных уравнений, вычисления производных Радона-Никодима, задания вероятностных мер методом КР (МКР). В заключение раздела 2 обсуждаются вопросы параметризации негауссовых распределений МКР.

В разделе 3 рассматривается применение МКР для оптимальной фильтрации (по различным бейесовым критериям) в гауссовых и негауссовых линейных стохастических системах (СтС). Приводятся обобщения известных линейных фильтров для обработки сигналов в реальном масштабе времени (Калмана, Калмана-Бьюси, Калмана-Лайниотиса, Пугачёва и др.).

Раздел 4 посвящён некоторым нелинейным задачам фильтрации. Рассматривается применение МКР совместно с субоптимальными методами, основанными на эквивалентной линеаризации. Подробно рассматриваются нелинейные СтС, приводимые к линейным, а также СтС, линейные относительно вектора состояния.

Заключительный раздел 5 содержит обзор новых результатов по применению МКР в задачах совместной фильтрации, идентификации распознавания в т.ч. на основе принципов адаптации и обучения.

Сформулированы основные направления развития прикладной теории КР СФ.

**Работа поддержана РФФИ (проект 07-07-00031).**

УДК 004.932.2

***Е.М. Яричин***

intron@yandex.ru

*Сибирский федеральный университет*

## **ТЕОРИЯ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ**

Теория информации в её современном виде занимается проблемами обработки и передачи информации с учетом избыточности, шумов, потерь и кодирования. К фундаментальной проблеме создания информации, к свойствам и конструкции источника информации теория информации так и не подошла, оставив «за кадром» решение вопроса о том, что является «информацией», а что «бессмыслицей» и «шумом». Создание информации в рамках современной теории является прерогативой некоторой сторонней системы или надсистемы. Такой подход, допустимый в теории связи, затрудняет анализ и разработку эффективных систем обработки информации с учетом её количественных (физических) и качественных (структурных: геометрических, логических) характеристик. Необходимость ясного понимания особенностей формирования и обработки видеоинформации как полной информации, т.е. как совокупности совместных физических и структурных свойств материального объекта, заставила пересмотреть фундаментальные основы теории информации. При этом в основу положена не эвристика количественной измеримости информации (подход Шеннона), а информационная (видеоинформационная) парадигма реального Мира. Это дает возможность детально изучить природу информации (видеоинформации), а также особенности её создания, передачи и обработки, привлекая мощные и корректные приёмы современной физики и математики, в частности, полевой подход, опирающийся на лагранжев формализм, и калибровочный подход, использующий формализм расслоений.

Видеоинформационные уравнения могут быть получены в виде следующей полной системы уравнений

$$\gamma^{pk} D_p D_k \tilde{g}_1^{mn} = 16\pi t^{mn};$$

$$D_m \tilde{g}_1^{mn} = 0,$$

где  $\gamma^{pk}$  – метрический тензор пространства Минковского;  $D$  – ковариантная производная в пространстве Минковского;  $\tilde{g}_1^{mn}$  – метрический тензор эффективного риманова пространства-времени;  $t^{mn}$  – тензор энергии-импульса материальной системы в пространстве Минковского (видеоинформация).

В случае активной видеоинформации, частное решение системы видеоинформационных уравнений может быть записано, используя информацию по Шеннону ( $I$ ), энтропию ( $H$ ) и известное выражение  $I + H = const$ , следующим образом:

$$ds^2 = \frac{H - I}{const} dt^2 - \frac{const}{H - I} dr^2 - (const)^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2),$$

где  $ds^2$  – интервал сферически симметричного риманова пространства-времени.

Введенный Шенноном термин «количество информации» по сути является эвристическим, интуитивно учитывающим основную особенность информации – быть результатом измерений. Однако такой подход не дает возможности «разглядеть», разделить и/или совместно учесть количественные и качественные аспекты информации, связанные с соответствующими измерениями.

В процессе технического зрения (ТЗ) слабое видеоинформационное поле вступает с видеосенсором во взаимодействие, инициируя зрительный процесс, в котором выделяются две задачи:

- Прямая задача (наблюдение): реализуется путем близкодействия-измерения унарной видеоинформации с приёмником видеосенсора посредством слабого (в силу ограниченности апертуры реального видеоприёмника) видеоинформационного поля. Формируется оценка слабой унарной видеоинформации как совокупности физического изображения (наблюдаемой картинки) и структурного (логического) изображения.

- Обратная задача (представление): реализуется путем формально-математического бинарного взаимодействия (дальнодействия-измерения) структурного изображения, полученного в процессе решения прямой задачи ТЗ, с видеотегауром. Видеоинформация, порождаемая в среде видеотегауруса такого рода «активацией», является по отношению к слабой унарной видеоинформации шкалой (классом) мерных видеоструктур, определяющих качество представления (восприятия, «понимания») видеосенсором видеоструктур объектов реального мира.

УДК 681.323

**А.А. Абезяев, Е.А. Тарутин**

*Курский государственный технический университет*

## **ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СО ВСТРОЕННЫМИ ФУНКЦИЯМИ ЗАПУТЫВАНИЯ**

Современные микропроцессорные системы имеют сложный математический аппарат выполняемых функций, кроме которого для защиты программы от анализа применяются специальные методы запутывания программного обеспечения, что значительно усложняет процесс анализа алгоритмов микропрограммы. Запутанной (obfuscated) называется программа, которая для всех допустимых для исходной программы входных данных выдаёт тот же самый результат, что и оригинальная программа, но более трудна для анализа, понимания и модификации. Основным методом запутывания программы является преобразование её потока управления, который изменяет структуру графа потока управления программы.

Методы анализа потоков управления и данных можно разделить на статические, динамические и статистические.

Статические методы анализа работают с программой, не используя информацию о работе программы на конкретных начальных данных.

Динамические методы анализа программ используют информацию, полученную в результате «наблюдения» за работой программы на конкретных входных данных. Для реализации динамических методов необходима информация о поведении программы на разных наборах входных данных, которая собирается с помощью статистических методов анализа.

Статистические методы используют информацию, собранную в результате значительного количества запусков программы на большом количестве наборов входных данных.

Таким образом, для восстановления алгоритмов функционирования программного обеспечения со встроенными функциями запутывания необходимо провести:

- статистический анализ покрытия базовых блоков программы, позволяющий установить, выполнялся ли когда-либо при выполнении программы на заданном множестве наборов входных данных заданный базовый блок;
- статистическое сравнение трасс, позволяющее выявить, одинаковы ли трассы программы, полученные при разных запусках на одном и том же наборе входных данных;

- статистическое построение графа потока управления, которое строит граф потока управления на основании информации о порядке следования базовых блоков на одном наборе или на множестве наборов входных данных [3];
- динамическое продвижение копий вдоль трасс, необходимое для точного межпроцедурного анализа зависимостей по данным на основе трассы выполнения программы. Поскольку трасса выполнения программы, по сути, является одним большим базовым блоком, продвижение;
- динамическое выделение «мёртвого» кода, позволяющее выявить инструкции программы, которые выполнялись при данном запуске программы, но не оказали никакого влияния на результат работы программы. Если анализируется совокупность запусков программы на множестве наборов входных данных, можно говорить о статистическом выделении мёртвого кода;
- динамический срез, оставляющий в трассе программы только те инструкции, которые повлияли на вычисление данного значения в данной точке программы (прямой динамический срез), или только те инструкции, на которые повлияло присваивание значения данной переменной в данной точке программы.

Заметим, что о точности динамических методов анализа можно говорить, только если известно полное тестовое покрытие программы (построение полного тестового покрытия – алгоритмически неразрешимая задача). Построение полного тестового покрытия программы встроенных систем невозможно вследствие наличия в программе линейного и нелинейного кода (код операционной системы, обработчики прерываний от периферийных устройств). В противном случае статистическое выявление свойств программы не позволяет нам утверждать, что данное свойство справедливо на всех допустимых наборах входных данных.

Таким образом, используя вышеизложенные методы, можно упростить анализ встраиваемого программного обеспечения и упростить восстановление алгоритмов функционирования.

УДК 681.323

**А.А. Абезяев**

*Курский государственный технический университет*

## **ЭМУЛЯТОР ВЫПОЛНЕНИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ МИКРОПРОГРАММ**

В процессе анализа встраиваемых микропрограмм необходимо производить мониторинг состояния ОЗУ и регистров микроконтроллера, на этапе загрузчика распаковывать микропрограмму для дальнейшего её выполнения, а также производить другие вычисления во время работы микропрограммы.

Данные задачи позволяет решить эмуляция выполнения всей микропрограммы или отдельных её процедур. Алгоритм эмуляции микропрограммы состоит из следующих основных этапов:

- преобразование дизассемблированного или машинного кода в мнемонические конструкции эмулятора (МКЭ), что позволяет устранить зависимость от конкретного процессорного ядра или ассемблера в процессе эмуляции;
- выполнение МКЭ для конкретной команды, либо определённого участка анализируемого кода.

Обобщённая структурная схема универсального эмулятора представлена на рисунке.

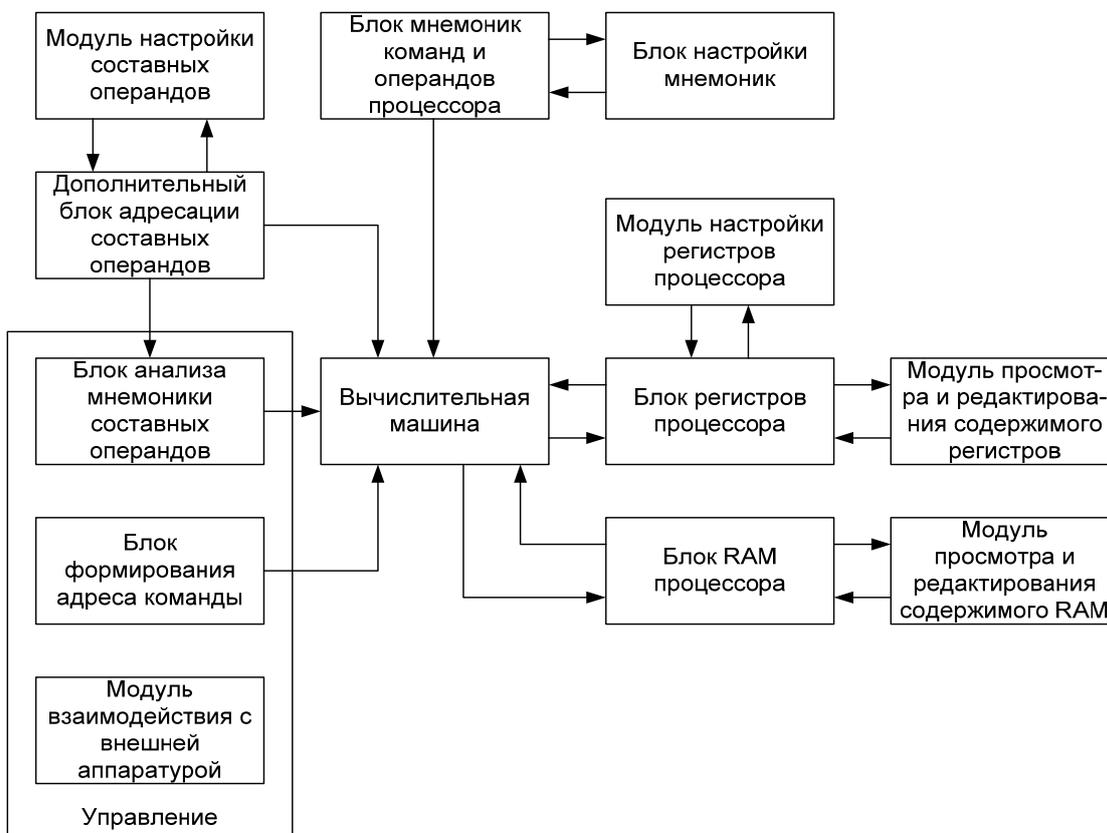


Рис. Обобщённая структурная схема универсального эмулятора

МКЭ представляют собой конструкции двух основных видов: арифметико-логические операции и команды перехода, которые позволяют производить вычисления, отслеживать состояние регистров, а также строить граф потоков управления.

Для создания МКЭ используют дизассемблированные программные коды. Так как набор команд ассемблера ограничен, возможно проведение простого соответствия команд ассемблера и МКЭ:

Add op1, op2 ↔ op1 := op1 + op2,

Mov op1, op2 ↔ op1 := op2.

Сопоставление проводится для каждого программного кода, что занимает намного меньше времени по сравнению с созданием дизассемблера или процессорного модуля, а уже созданные соответствия могут использоваться в дальнейшем.

После формирования МКЭ необходимо расшифровать виды адресации для эмулятора. Расшифровка адресации заключается в анализе входного файла для формирования общих мнемоник и задания оператором для каждой мнемоники формулы вычисления операнда.

Вычисление результирующего выражения производится по различным алгоритмам (алгоритм Рутисхаузера, алгоритм Бауэра и Замельзона, метод трансляции с помощью обратной польской записи). Для вычисления МКЭ воспользуемся методом трансляции с помощью обратной польской записи, так как с помощью данного метода выражение вычисляется за один «проход», что существенно увеличивает скорость работы эмулятора.

В процессе анализа программы достаточно часто необходимо эмулировать внешнюю среду микроконтроллера. С этой целью используется внешняя макетная плата, которая выполняет следующие функции:

- загрузка кода программы конкретного типа процессорного ядра в память микроконтроллера и его выполнение по контрольным точкам с обратной связью на ПЭВМ;
- имитация работы периферии микроконтроллера;
- формирование различных протоколов связи, передача различных команд на порты микроконтроллера;
- инициализация внешних источников прерывания микроконтроллера;
- мониторинг состояния ОЗУ и регистров микроконтроллера.

Эмулятор выполнения программных кодов, не зависящий от конкретного типа микроконтроллера, позволяет упростить анализ встроенных систем, вести мониторинг содержимого ОЗУ и регистров микроконтроллера, управлять ходом выполнения программы.

УДК 681.5.01

**Г.Ю. Акульшин, М.И. Труфанов**

tmi@pub.sovtest.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ ЗРАЧКОВ**

В докладе представлен способ определения пространственных координат зрачков, предназначенный для использования в оптико-электронных сис-

темах диагностики бинокулярного зрения человека. Способ основан на преобразовании двумерных координат зрачков, полученных с оптико-электронных датчиков системы диагностики бинокулярного зрения человека, в пространственные координаты зрачков путем математических вычислений.

На сегодняшний день существует множество сфер применения различных инструментальных средств, позволяющих диагностировать физическое состояние человека и состояние его здоровья. Использование таких устройств в медицине помогает точнее выявлять физиологические отклонения, а также признаки различных заболеваний на ранней стадии, что позволяет оказывать более квалифицированную и качественную помощь человеку. Диагностика офтальмологических заболеваний является одной из областей применения и развития подобных инструментальных средств, поэтому одно из важнейших направлений в данной сфере – это разработка и развитие оптико-электронных средств, позволяющих измерять параметры зрения человека.

Представленный способ базируется на математических преобразованиях двумерных координат зрачков, поступающих на обработку с оптико-электронных датчиков системы диагностики бинокулярного зрения человека, в пространственные координаты зрачков. Отличительной особенностью способа является низкая вычислительная сложность, позволяющая упростить аппаратную реализацию в системах диагностики офтальмологических заболеваний.

Способ заключается в следующем. С оптико-электронных датчиков системы диагностики бинокулярного зрения человека поступают двумерные координаты зрачков, над которыми производятся математические преобразования по формулам:

$$X_T = t \sin \alpha_1; Z_T = t \cos \alpha_1; Y_T = y_2 \cdot \left( \frac{l_2 \cdot \cos \alpha_2}{f_2 \cdot \cos \beta_2} + 1 \right);$$

$$\alpha_1 = \arcsin \left( \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + f_1^2}} \right); \alpha_2 = \arcsin \left( \frac{x_2}{\sqrt{x_2^2 + f_2^2}} \right);$$

$$\beta_1 = \alpha_0 - \alpha_1; \beta_2 = \alpha_0 + \alpha_2;$$

$$t = \frac{l_2}{\cos \beta_2}; l_1 = \frac{L \cdot \operatorname{tg} \beta_2}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2}; l_2 = \frac{L \cdot \operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2},$$

где  $(X_T, Z_T, Y_T)$  – пространственные координаты зрачков глаз;  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  – двумерные координаты проекции точки Т на плоскости изображений, поступающих с двух оптико-электронных датчиков;  $L$  – расстояние между видеокамерами по горизонтали;  $\alpha$  – заданный угол между оптическими осями видеокамер;  $f_1, f_2$  – фокусные расстояния видеокамер.

Графическая схема определения пространственных координат зрачков по их двумерным координатам представлена на рисунке.

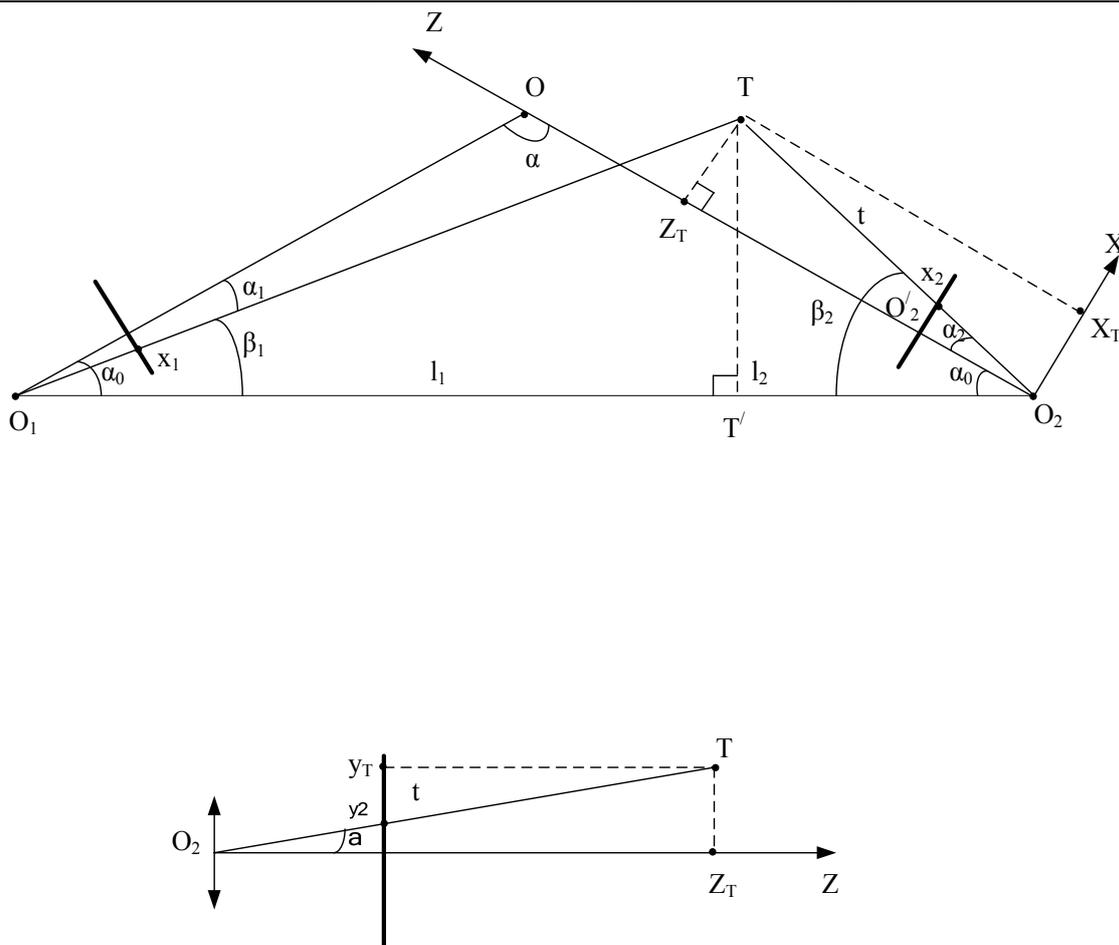


Рис. Схема определения пространственных координат зрачков

Представленный способ позволяет вычислять пространственные координаты зрачков и может быть применен при решении различных медицинских задач и задач биометрической идентификации.

УДК 004.272.43

**М.М. Аль-Ашвал, И.В. Зотов, М.Х. Наджаджра**

zotovigor@yandex.ru

*Курский государственный технический университет*

### **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО ВЕЩАНИЯ СООБЩЕНИЙ В МАТРИЧНЫХ МУЛЬТИПРОЦЕССОРАХ**

В докладе рассматривается задача организации вещания сообщений в оперативно перестраиваемых отказоустойчивых матричных мультипроцессорах (ММП). Обсуждается методика проведения имитационного мо-

делирования алгоритмов отказоустойчивого вещания с целью их сравнительной оценки.

Объектом исследования являются матричные мультипроцессоры с 8-регулярной организацией, каждый модуль которых имеет непосредственные связи не более чем с восемью ближайшими соседями. Межмодульное взаимодействие в ММП осуществляется путем обмена сообщениями (пакетами), представленными в параллельном коде. Для обеспечения устойчивости мультипроцессора к локальным отказам и дефектам в матричную структуру добавляется столбец резервных модулей, функционирующих в режиме скользящего резерва. Рассматриваются только отказы модулей в целом, транзитная передача информации через отказавший модуль считается невозможной.

Сравнительная оценка алгоритмов вещания сообщений в отказоустойчивых ММП рассматриваемого класса – трудоемкая задача, не поддающаяся решению аналитическими методами. Однако ее приближенное решение возможно путем проведения вычислительных экспериментов на имитационной модели. В данной работе такие эксперименты выполняются в визуальной среде Visual QChart Simulator, адаптированной к моделированию систем с регулярной структурой. В качестве входного языка в среде используется расширение известного языка Q-схем.

Построение имитационной модели алгоритма вещания сообщений сводится к синтезу Q-схемы, моделирующей коммутационные средства ММП, с ее последующим вводом в среде Visual QChart Simulator. Для получения Q-схемы коммутационных средств в целом достаточно построить ее базовый фрагмент, описывающий один коммутирующий элемент мультипроцессора. Результирующая схема получается путем многократного копирования фрагментов в среде, начиная с базового фрагмента (например, для получения модели коммутационных средств ММП с организацией  $16 \times 16$  модулей копирование осуществляется 8 раз). На рисунке показан вид базового фрагмента Q-схемы коммутационных средств ММП в окне дизайнера Q-схем среды Visual QChart Simulator. В схеме использованы следующие элементы: генераторы (изображены двойными кружками), моделирующие входящие потоки заявок; каналы (одинарные кружки), отображающие обрабатываемые узлы; очереди (обозначены прямоугольниками), моделирующие места возможного скопления заявок; клапаны (треугольники), предназначенные для управления прохождением заявок по условиям; массовые контроллеры (ромбы), управляющие группами клапанов по заданному закону. Код алгоритма вещания вводится при редактировании параметров массовых контроллеров на языке C++.

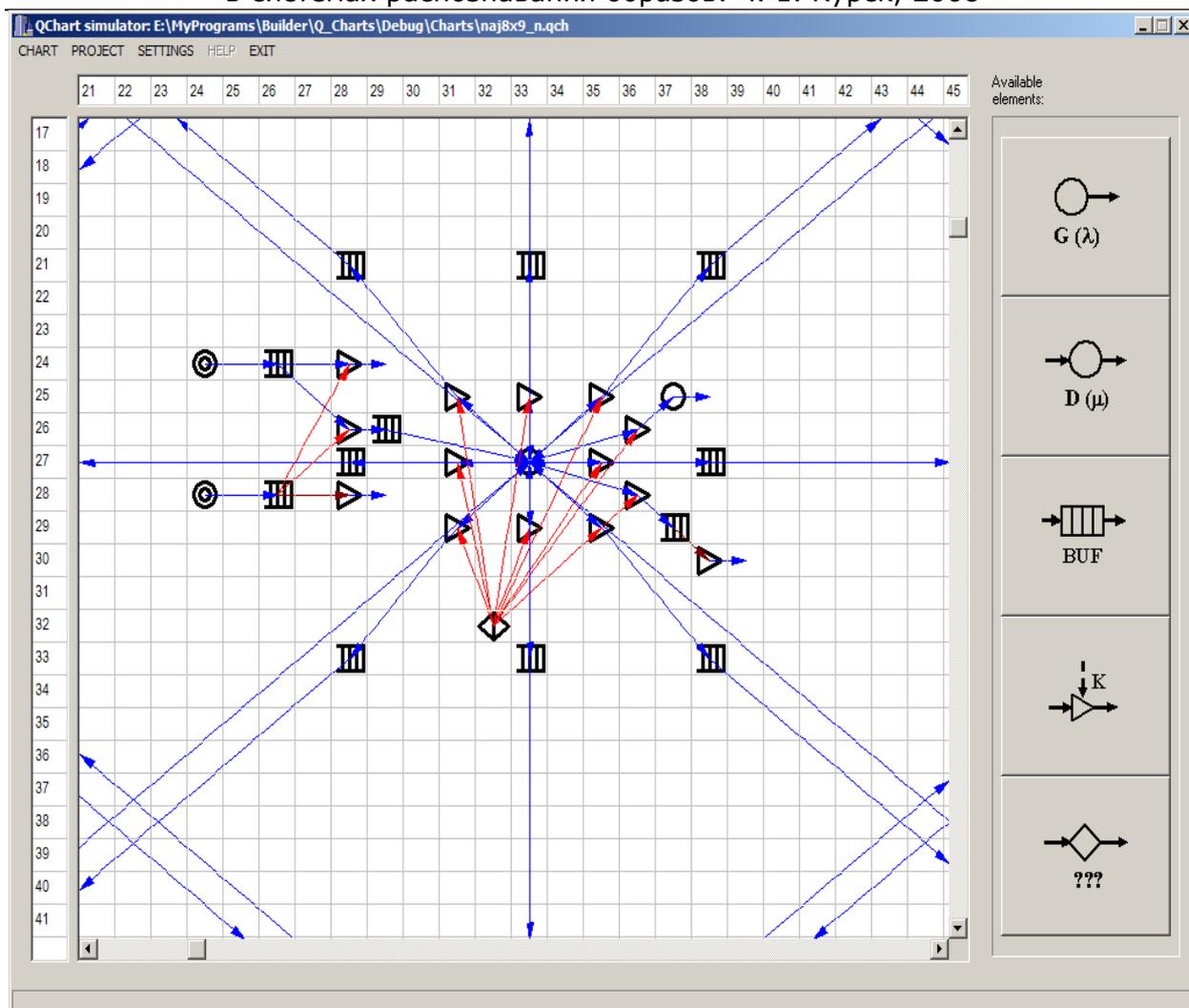


Рис. Имитационная модель коммутационных средств ММП в окне дизайнера Q-схем среды Visual QChart Simulator

Исследования И.В. Зотова выполнены при поддержке гранта Президента РФ МК-3073.2007.8.

УДК 528.711

**А.А. Аль-Ядуми, С.В. Дегтярев**

ser@vt.kstu.kursk.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ СИГНАЛОВ**

Интерференционная картина помимо полезной информации содержит искажения и шумы, вносимые дестабилизирующими факторами – посторон-

ними источниками излучения, вибрациями, турбулентностью атмосферы, запыленностью и т. д.

Для повышения помехоустойчивости в интерференционном устройстве для измерения малых угловых перемещений целесообразно использование согласованных фильтров (СФ), поскольку они являются оптимальными фильтрами, выделяющими известный сигнал из смеси с белым гауссовым шумом при максимально возможном отношении сигнал/шум. Другими словами, пик выходного сигнала СФ будет более высоким по отношению к шуму при использовании согласованной фильтрации, чем на выходе любой другой линейной системы.

Помехоустойчивое интерференционное устройство для измерения малых угловых перемещений (рис.) содержит интерференционный блок (ИБ), линейный фоточувствительный прибор с зарядовой связью (ЛФПЗС), блок индикации (БИ), синхрогенератор (С), два аналого-цифровых преобразователя (АЦП1 и АЦП2), два согласованных цифровых фильтра (СЦФ1 и СЦФ2), два цифровых компаратора (К1 и К2), два элемента задержки (Z1 и Z2), генератор (Г), счетчик (СТ), два триггера (Т1 и Т2), элемент ИЛИ, два элемента И (И1 и И2), элемент ИЛИ-НЕ.

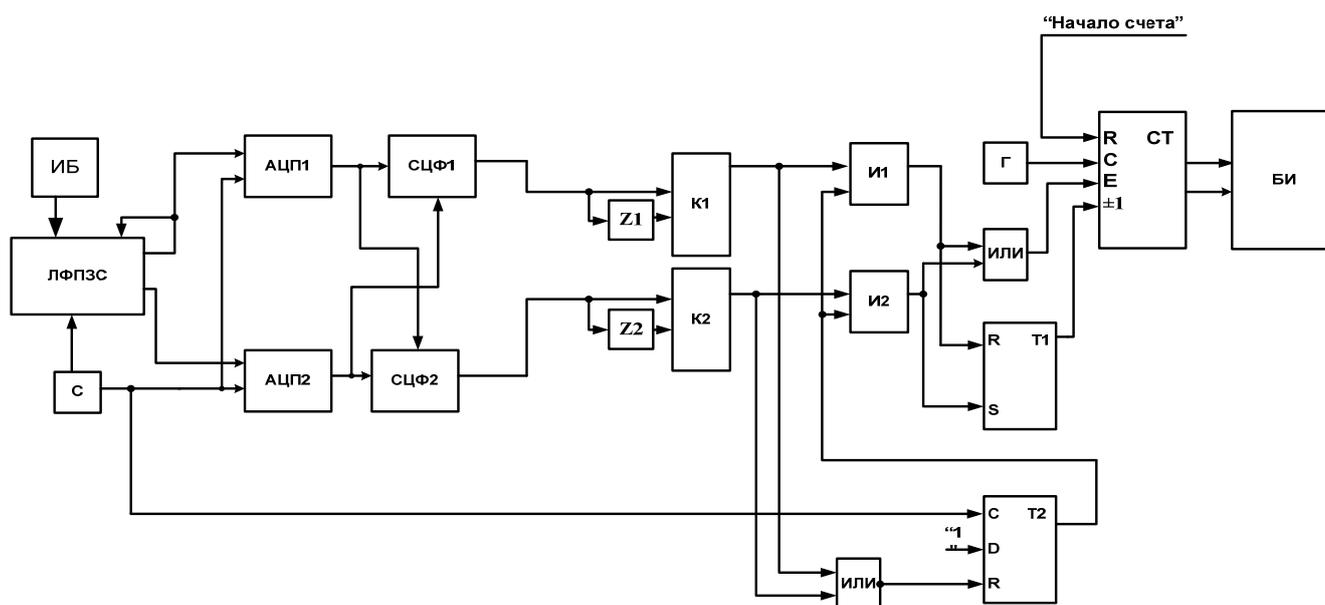


Рис. Интерференционное устройство для измерения малых угловых перемещений

Излучение от лазерного источника образует волновой фронт, из которого в плоскости анализа возникает интерференционная картина. При любом угловом перемещении объекта интерференционные полосы будут линейно смещаться влево или вправо в зависимости от направления углового перемещения объекта. Для определения углового смещения объекта необходимо сравнивать текущее положение полос в интерференционной картине с предыдущим.

Регистрация интерференционной картины осуществляется линейным фоточувствительным прибором с зарядовой связью ЛФПЗС, на первом выходе которого будет получен аналоговый сигнал, соответствующий проецируемой на фоточувствительную область картине, на втором выходе будет получен аналоговый сигнал, задержанный на время вывода одной строки. С помощью АЦП1 и АЦП2 осуществляется оцифровка полученных сигналов.

СЦФ1 и СЦФ2 позволяют получить две взаимокорреляционные функции, в которых уровень шума в несколько раз ниже уровня сигнала. Для получения взаимокорреляционной функции первого сигнала относительно второго первый оцифрованный сигнал подается на информационный вход СЦФ1, на управляющий вход которого подается второй оцифрованный сигнал для задания импульсной характеристики СЦФ1. Аналогичным образом с помощью СЦФ2 получим взаимокорреляционную функцию второго сигнала относительно первого, с той разницей, что первый сигнал подается на управляющий вход СЦФ2, а второй сигнал – на информационный.

На выходах СЦФ1 и СЦФ2 получим две взаимокорреляционные функции, центральные максимумы которых будут расположены симметрично относительно центра входного сигнала по времени. Величина отклонения максимального пика от центра будет равна величине разности фаз сигналов, получаемых на выходах ЛФПЗС. Цифровые компараторы К1 и К2 и элементы задержки Z1 и Z2 служат для регистрации возрастания или убывания взаимокорреляционной функции путем сравнения каждого ее отсчета с предыдущим. Остальные элементы устройства служат для осуществления процесса подсчета разности фаз между исходными сигналами.

Таким образом, разработанное устройство обеспечивает возможность автоматизированного измерения малых угловых перемещений. Простота устройства позволяет легко его реализовать аппаратно, а использование цифровых согласованных фильтров – увеличить помехоустойчивость интерференционного устройства.

УДК 004.932.2; 004.93'11; 004.932.72'1

***М.А. Ананьин, Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов***

*Самарский государственный аэрокосмический университет*

## **ОЦЕНИВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ НА БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Современная медицина все чаще пытается автоматизировать процесс диагностики пациентов. Некоторые из способов автоматизации основаны на анализе цифровых изображений и нахождении по ним различных характеристик и параметров, позволяющих сделать предположение о возможном диагнозе на основе ранее полученных статистических данных. Получаемые по

изображению характеристики и параметры в теории распознавания образов принято называть признаками.

Для решения ряда задач анализа биомедицинского характера хорошо себя зарекомендовали статистические текстурные признаки (СТП), основанные на матрице вероятностного распределения (МВР) яркости. Их описание можно найти в работах [1, 2, 3].

В данной работе СТП обобщаются на случай многоцветных (многокомпонентных) изображений. При этом предложен подход, позволяющий рассматривать элементы многоцветного изображения как набор векторов некоторого векторного пространства, в отличие, например, от работы [2], где каждая компонента цвета рассматривалась независимым образом. Также в работе рассматривается подход к оцениванию статистических текстурных признаков без непосредственного вычисления МВР, что позволяет существенно снизить затраты на требуемый объем дополнительной памяти и время вычислений.

Центральное место в работе уделено модели многоцветного изображения. Одной из компонент этой модели является функция  $\vec{f}(\vec{x}) : \vec{x} \in X \subset \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathcal{V}^n$ , где множество  $X$  – будем называть полем зрения,  $\mathcal{V}^n$  – векторное пространство над полем действительных чисел  $\mathbb{R}$ . Будем считать, что над векторным пространством  $\mathcal{V}^n$  введена алгебра Клиффорда  $\mathcal{G}_n = \mathcal{G}(\mathcal{V}^n)$ . Тогда под моделью многоцветного изображения  $J$  будем понимать тройку объектов  $J = \{X, \vec{f}(\vec{x}), \mathcal{G}_n\}$ .

Отметим, что часто более «удобно» работать с изображением после некоторого преобразования. Например, в докладах [2, 3] показана эффективность использования поля направлений для выявления геометрических особенностей кристаллов на изображениях кристаллограмм плазмы крови и слезной жидкости. В работе [5] изображения ангиографических изображений коронарных сосудов сердца подвергались вейвлет преобразованию. В работе [2] описывается анализ формы спектра изображений кристаллограмм ротовой жидкости. Разработанные методы оценивания диагностических признаков могут быть использованы как непосредственно к исходным изображениям, так и к изображениям, полученным в результате некоторого преобразования.

Разработанные признаки  $N-1$  порядка для многоцветного изображения  $J$  можно записать в следующем общем виде:

$$g = \int_{\vec{x} \in X \wedge (\vec{x} + \vec{d}_1) \in X \wedge \dots \wedge (\vec{x} + \vec{d}_{N-1}) \in X} g(\vec{f}(\vec{x}), \vec{f}(\vec{x} + \vec{d}_1), \dots, \vec{f}(\vec{x} + \vec{d}_{N-1})) d\vec{x},$$

где  $\{\vec{d}_i\}_{i=1}^{N-1}$  – выбирают на основе информации о характерном размере текстурного примитива, необходимости обеспечения инвариантности к повороту и масштабу изображений. Примеры функций  $g$  для признаков второго и третьего порядков приведены в [1, 2], в данной работе предложены формулы, обобщающие указанные выше функции на случай признаков произволь-

ного порядка и использования в качестве аргументов функции элементов алгебры Клиффорда.

В работе проведён ряд исследований по сравнению разработанных признаков и признаков, описанных в работах [2, 3]. Сравнение производилось с использованием элементов дискриминантного анализа. Результаты исследований показали, что для изображений кристаллограмм слёзной жидкости наборы разработанных признаков более эффективны с точки зрения разделимости классов по сравнению с признаками, описанными в работах [2, 3].

**Работа выполнена при поддержке российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE) (грант № RUX0-014-SA-06), программы Президиума РАН «Фундаментальные науки - медицине», гранта РФФИ № 06-07-08006-офи, гранта РФФИ № 07-08-96611.**

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Haralick, R. Textural features for image classification [Text] / R. Haralick, K. Shanmugam, I. Dinstein // IEEE Trans.Syst.Man Cybern. 1973. v.3.P.610-621.

2. Ильясова, Н.Ю. Методы обработки и анализа изображений диагностических кристаллограмм [Текст]: учеб. пособие / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, М.А. Ананьин. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 156 с.

3. Компьютерная система анализа диагностических кристаллограмм [Текст] / Т.П. Дворянова, Н.Ю. Ильясова, А.В. Устинов, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. 1996. Вып. 16. С. 90-96.

4. Geometric Computing with Clifford Algebras: Theoretical Foundations and Applications in Computer Vision and Robotics [Text] / Ed.: G. Sommer. Berlin etc.: Springer-Verlag, 2001. 542 p.

5. Корепанов, А.О. Восстановление пространственной структуры древовидных объектов по нечетко наблюдаемым проекциям [Текст]: дис ... канд. физ.-мат. наук / Корепанов А.О. Самара, 2005. 164 с.

УДК 621.397.01

***П.П. Андреев, А.А. Пугачев***

pugachev@ippm.ru

*Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН*

### **ПРОЕКТ ПРОЦЕССОРА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВИДЕОПОТОКА НА ОСНОВЕ SIMD ВЫЧИСЛИТЕЛЯ ПАРС**

Бурное развитие полупроводниковых технологий привело к значительному росту количества пикселей в фотоприёмных матрицах. 26 июня

2006 г. преодолен барьер в 100 мегапикселей для фотоприемных СБИС на приборах с зарядовой связью (ПЗС): (DALSA Semiconductor).

Возможности совмещения приема и обработки сигналов изображения вызывают повышенную привлекательность к фоточувствительным схемам на основе КМОП по сравнению с аналогами на ПЗС.

Проблемы с выводом видеoinформации были предвидены специалистами еще в конце 20-го века. Необходимость предварительной обработки видеoinформации из фоточувствительных матриц была осознана около 2000 года. В обзоре [1] эти проблемы были детально описаны.

В настоящее время ряд исследовательских центров проводит активные работы по созданию экспериментальных кристаллов, совмещающих фоточувствительные схемы со схемами цифровой обработки.

В исследовательском центре PHILIPS (Нидерланды) группой Marc Heijligers в 2006 был разработан прототип мелкозернистого SIMD-массива XETAL-I для видеокамер сотовых телефонов [2].

В исследовательском центре Университета г. Манчестер (Великобритания) группой под руководством Piotr Dudek с 2000 года развивался проект SCAMP [3].

В университете г. Ватерлоо (Канада) с 2001 года проводился проект MOSAIC [4]. Руководитель проекта Cnaan Sungkuk Hong.

В Германии в настоящее время разрабатываются два проекта: 1) проект университета г. Йена [5]; 2) Шведско-Германской фирмы SICKIVP - проект MAPP2200 [1].

В Японии ведутся работы по трем проектам: 1) проект исследовательского отдела «RENESAS» фирм Hitachi, Ltd. и Mitsubishi [7]; 2) проект IBM Tokyo Research Laboratory [8]; 3) проект Технологического Университета Коши.

К работам привлекаются также различные группы из учебных университетов. Все исследовательские группы разрабатывают вычислители на основе мелкозернистого SIMD массива.

В России в 1989-1994 гг. разрабатывался SIMD компьютер универсального назначения «ПАРС». Его основу составляли 1-битовые процессорные элементы (ПЭ). Первая версия содержала 4098 ПЭ.

Благодаря развитию технологии КМОП фотосенсоров, архитектуру ПАРС, разработанную более 15 лет назад, можно взять за основу для реализации задачи предварительной обработки видеопотока.

Особенностью АЛУ ПЭ системы ПАРС является наличие триггера сохранения переноса, позволяющего осуществлять базовые массовые операции сложения, вычитания, сравнения и т.п. за количество тактов, равное количеству разрядов в переменных.

Система ПАРС была реализована на технологии БМК в качестве макета из 4096 процессорных элементов. Для неё были разработаны: 1) ассемблер; 2) библиотека межпроцессорного обмена; 3) библиотека многоуровневых операций PARIS.

Учитывая наличие детального описания системы ПАРС на русском языке, российское авторство, реализацию в макетном варианте, целесообразно взять за основу проект ПАРС в качестве основы для разработки внутрикристального вычислителя для цифровой обработки изображений.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Paillet F., Mercier D. Design Solutions and Techniques for Vision System On a Chip and Fine-grain Parallelism Circuit Integration// ASIC/SOC'2000..- September, 2000.- asic00-slides.pdf.

2. Heijligers Marc XeTaL-II: a low-power multiprocessing SIMD architecture// Philips Research, Eindhoven. - 2006-Heijligers-MedeDAC.pdf

3. Dudek Piotr Adaptive sensing and image processing with a general-purpose pixel-parallel sensor/processor array integrated circuit, The International Workshop on Computer Architecture for Machine Perception and Sensing.- September. – 2006.

4. Hong C. On-Chip Spatial Image Processing with CMOS Active Pixel Sensors// A thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy.- Canaan\_Hong\_PhD.pdf

5. A Programmable Parallel Processor Architecture in FPGAs for Image Processing Sensors// Integrated Design and Process Technology. - IDPT2007.- June, 2007.- idpt.pdf

6. Arimoto K.et.al. New Matrix Processing Engine Takes Full Control of Multimedia Processing// edge\_vol13.pdf

7. Kumaki T., et.al. Efficient Vertical/Horizontal-Space 1D-DCT Processing Based on Massive-Parallel Matrix-Processing Engine// Proceedings of ISCAS 2007.- IEEE International Symposium.- May 2007.- p.p. 525 – 528.

8. Yamaguchi, K.; Watanabe, Y.; Komuro, T.; Ishikawa, M.; Design of a Massively Parallel Vision Processor based on Multi-SIMD Architecture; Circuits and Systems, 2007. ISCAS 2007. IEEE Inter. Symp. 27-30 May 2007 Page:3498.

УДК 681.324

***Д.Е. Андрианов***

AndrianovDE@inbox.ru

*Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский  
государственный университет»*

## **МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

Невозможность принятия адекватных решений по управлению муниципальным образованием при отсутствии и недостатке информации, равно как и невозможность своевременного анализа информации, приходящей из множественных и несогласованных между собой источников, приводят к не-

обходимости создания интегрированной муниципальной системы управления (ИМСУ).

Для создания ИМСУ основополагающим элементом является методологическая и технологическая основа функционирования системы и ее основных элементов:

- методологию интеграции информационных ресурсов по уровням управления, источникам данных и согласованности их представления на основе создания электронного дежурного плана города, определения порядка формирования и унификации информационных ресурсов;
- разработка методик и технологий проектирования и создания многоуровневых территориально-распределенных информационных систем, основанных на интегрированных хранилищах, технологиях удаленного доступа к информации, содержащихся в различных ведомственных БД, методах и системах поддержки принятия решений и ситуационного управления;
- развитие средств представления, обработки и комплексного анализа данных на основе использования ГИС-технологий для решения задач муниципального управления с использованием различных видов информационных ресурсов.

Интеграция и анализ становятся возможными благодаря способности ГИС связывать пространственно-распределенные объекты с базами данных различных классов. Используя такие связи, пользователь получает самую подробную информацию об интересующих его территориально-распределенных объектах управления. Сам объект электронной карты наделяется всеми семантическими атрибутами, переставая быть просто графическим изображением, и в максимальной степени будет отражать реальный объект управления. Это одна из особенностей, которая отличает ГИС от систем автоматизированного картографирования.

При вводе измененных картографических данных необходимо, чтобы они располагались на карте по определенным правилам. В настоящее время за корректностью картографических данных наблюдает пользователь. Поэтому существует вероятность внесения ошибок в расположение объектов. Решение задачи автоматического контроля размещения пространственной информации требует новых теоретических подходов по описанию топологических отношений между объектами и слоями.

Если анализировать методы вычисления топологических отношений в известных геоинформационных системах, то можно сделать вывод о том, что в них анализируется взаимное влияние посредством координатной составляющей. Этот подход неприемлем ввиду трудностей с вычислениями и с тем, что разномасштабные и тематические карты одной и той же местности зачастую несопоставимы между собой. На один и тот же район бывает несколько карт, они могут быть разных годов и масштабов. В зависимости от типа съемки и года эти карты имеют некоторое несоответствие относительно

пространственных объектов. Обработка такой картографической информации является неудобной и затруднительной. То есть возникает необходимость определения того, как взаимосвязаны пространственные объекты разных карт.

Из-за слабой формализации процесса описания пространственных данных существующие методы описания объектов не отвечают современным требованиям, которые направлены на обеспечение взаимосвязи объектов между собой как внутри одного слоя, так и между слоями. В этой связи необходимо провести теоретические исследования топологических отношений и его практического приложения для ввода и корректировки картографической информации на основе интегрированных информационных систем муниципального управления.

Для решения вышеперечисленных задач разработана новая структура ИСМУ на основе геоинформационного интегратора, который отличается тем, что топологические свойства объектов описываются на самом верхнем уровне представления данных, до описания послойных и координатных характеристик.

В результате проведенных исследований автором разработан ряд теоретических положений, основанных на межобъектных топологических отношениях. Такой подход позволяет описывать взаимное расположение объектов как в двумерном, так и в трехмерном пространствах.

УДК 681.5.01

**А.В. Анциферов**

*Курский государственный технический университет*

## **СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ КООРДИНАТ ЗРАЧКОВ ГЛАЗ**

Представлен способ измерения двумерных координат зрачков глаз, предназначенный для использования в оптико-электронных системах диагностики бинокулярного зрения человека. Способ основан на нахождении наиболее темной круглой области на изображении и определении двумерных координат её центра.

Способ заключается в следующем. При поступлении изображений глаз с видеокамер бинокулярной оптико-электронной системы происходит нанесение на изображение контрастной метки, позволяющей отслеживать изменение положения лица человека в целях повышения точности определения двумерных координат зрачков на изображении. Затем происходит перевод исходного изображения в пиксельный массив, где каждому пикселу изображения соответствует его десятичный код в базисе RGB от 0 до 255, и поиск

координат круглой области на изображении, суммарный код пикселей в которой наиболее близок к нулю, т.е. наиболее темной круглой области на изображении.

Предлагаемый способ измерения двумерных координат зрачков глаз предназначен для использования в оптико-электронных системах диагностики бинокулярного зрения человека. Отличительными особенностями способа являются высокая точность, низкая вычислительная сложность и простота реализации в оптико-электронных системах диагностики офтальмологических заболеваний.

УДК 681.7.068:681.586

**Г.Г. Аньшаков**

*Центр информационных технологий в проектировании РАН*

## **ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ РАННЕЙ КАТАРАКТЫ ГЛАЗА**

Сенсоризация производственной деятельности, т.е. замена органов чувств человека на датчики, должна рассматриваться в качестве третьей промышленной революции вслед за первыми двумя – машинно-энергетической и информационно-компьютерной. Потребность в датчиках стремительно растет в связи с быстрым развитием автоматизированных систем контроля и управления, внедрением новых технологических процессов, переходом к гибким автоматизированным производствам. Помимо высоких метрологических характеристик датчики должны обладать высокой надежностью, долговечностью, стабильностью, малыми габаритами, массой и энергопотреблением, совместимостью с микроэлектронными устройствами обработки информации при низкой трудоемкости изготовления и небольшой стоимости. Этим требованиям в максимальной степени удовлетворяют волоконно-оптические датчики. Также волоконно-оптические преобразователи применимы и в медицине. В области офтальмологии наиболее перспективным является применение достижений в области волоконной оптики и электронных средств, позволяющих бесконтактно и быстро, без применения медикаментов для расширения зрачка измерять параметры зрения пациента и своевременно ставить диагноз.

В результате проведенных исследований была предложена методика порогового диагностирования помутнения хрусталика на ранней стадии протекания болезни. Данный метод использует подсветку глаза через светодиод от двух источников – один с видимым излучением для возможности наведения глаза и фиксации зрачка в момент проведения измерения, а второй – с

ИК-излучением, которое используется непосредственно для измерений. Это излучение, пройдя через оптическую систему глаза, преломляясь и отражаясь от границ раздела сред, возвращается обратно, и может быть зафиксировано. Очевидно, что интенсивность ИК-излучения зависит, в том числе, от мутности хрусталика.

Так же, благодаря проведенным исследованиям прозрачности хрусталика *in vitro*, была получена характерная зависимость интенсивности принятого излучения от расстояния от торца световода до роговицы глаза [1]. Соответственно, имея некоторый диапазон значений максимумов интенсивности отраженного ИК излучения для здорового глаза, можно легко определить зарождение катаракты на ранних стадиях и уже для более точной диагностики посоветовать обратиться в клинику.

На основании вышеизложенного метода был создан опытный образец установки для обнаружения и индикации ранней катаракты глаза (УДРК-01).

С целью повышения точности измерений в качестве первичного измерительного преобразователя в устройстве применяется волоконно-оптический датчик (ВОД), базовая конфигурация которого обычно включает один или несколько передающих световодов, оптически связанных с источниками излучения, и один или несколько приемных световодов, оптически связанных с фотоприемниками. Свободные концы передающих и приемных световодов образуют единый торец, который располагается на некотором расстоянии от объекта измерений и позволяет направить на исследуемый элемент поверхности световой поток от источников излучения и возвратить на фотоприемники отраженный поток.

Установка успешно прошла технические и клинические испытания. Технические испытания УДРК были проведены в ФГУ «ВНИИИМТ». Клинические испытания были проведены в ведущих медицинских офтальмологических учреждениях г. Москвы. В результате проведенных испытаний получены протоколы, подтверждающие работоспособность УДРК-01.

В настоящее время производится адаптация и усовершенствование аппаратно-программного обеспечения интеллектуального электронного блока в части алгоритма, текста программы для микроконтроллера, а также расширения функциональности и индикативности в виде:

- сохранения результатов диагностики;
- отображения результатов диагностики в численном виде – степени помутнения хрусталика;
- одновременной диагностики состояния обоих глаз;
- обмена данными с РС;
- изменения порогового значения, при котором принимается решение о помутнении хрусталика на 10, 20, 30% (порог можно будет устанавливать как с РС, так и при помощи дополнительных кнопок).

Внесенные изменения и доработки позволят упростить эксплуатацию прибора и сделать его доступным для более широкого круга медицинского персонала со средним образованием.

УДК 621.38

**С.О. Бабаскин**

*Курский государственный технический университет*

## **ВЫБОР САПР ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ В ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ**

Наиболее распространенными датчиками для измерения высокого вакуума в настоящее время являются инверсно-магнетронные манометрические преобразователи. К сожалению, разработчикам вакуумметров для измерения давлений в диапазоне высокого вакуума приходится использовать манометрические преобразователи, разработанные несколько десятилетий назад. В этой связи, сотрудниками кафедры «Конструирование и технология ЭВС» КурскГТУ совместно со специалистами ФГУП «Курский завод «Маяк» была начата работа по анализу существующих конструкций и разработке на их основе более современных и совершенных образцов. Однако многие задачи, с которыми приходится в настоящее время сталкиваться исследователям и инженерам, не поддаются аналитическому решению, а их экспериментальное исследование требует больших затрат. В этих условиях единственной возможностью решения задачи является компьютерное математическое моделирование. Прогресс в разработке численных методов позволил существенно расширить круг задач, доступных имитационному моделированию.

В настоящее время на рынке представлено значительное количество отечественных и зарубежных систем автоматизированного проектирования, заметно отличающихся по стоимости и функциональным возможностям.

Для выбора САПР, наиболее полно выполняющей требования данной разработки, в которой производится математическое моделирование магнитного и электрического полей в инверсно-магнетронном манометрическом преобразователе ПММ-32-1, результаты которого планируется применить при проектировании комбинированного манометрического преобразователя, необходимо провести сравнительный анализ существующих систем.

Работа магнитных электроизрядных манометрических преобразователей основана на использовании ионизации остаточного газа в межэлектродном пространстве преобразователя в сильном электрическом поле при одновременном воздействии на образующиеся при ионизации газа свободные заряды (электроны и ионы) поперечного магнитного поля, в результате кото-

рого траектории движения электронов в межэлектродном промежутке будут гипоциклоидальными и существенно (во много раз) удлиняются, что повышает вероятность их столкновений с нейтральными атомами и молекулами газа, а, следовательно, и степень его ионизации. Измеряя ионный ток в цепи преобразователя, можно судить о величине абсолютного давления остаточного газа в межэлектродном пространстве преобразователя.

Основной задачей должен стать расчет параметров магнитного и электрического полей всего рабочего объема преобразователя и параметров траекторий электронов при различных остаточных давлениях газа. В ручном режиме произвести такой расчет не представляется возможным. Использование САПР предоставляет возможность получить численные значения и вектора напряженности электрического поля и магнитной индукции в любой точке рабочего объема преобразователя. Эти параметры являются необходимым и достаточным условием для проведения дальнейших расчетов коэффициента ионизации и других промежуточных величин.

С помощью САПР можно сэкономить массу времени и избежать многих ошибок при вычислениях. Естественно, САД/САМ/САЕ-системы не ограничиваются только этими возможностями, но при проведении обзора упор был сделан именно на них.

Хочется отметить только, что спектр задач, решаемых подобными системами, очень широк:

- проведение математических исследований, требующих вычислений и аналитических выкладок;
- математическое моделирование и компьютерный эксперимент;
- анализ и обработка данных;
- визуализация, научная и инженерная графика;
- разработка графических и расчетных приложений и др.

Проведенный анализ показал возможность применения следующих программных комплексов: ANSYS, ELCUT и FEMLAB.

Каждый из описанных выше программных продуктов имеет возможности для проведения моделирования электрического и магнитного полей с получением конкретных результатов, максимально близких к полученным с помощью аналитических методов, и практически не отличающихся друг от друга. Существенным фактором является наличие русскоязычного интерфейса и поддержки производителя. Предъявленным требованиям удовлетворяет лишь один продукт – ELCUT, разработанный российской компанией «Производственный кооператив "ТОР"». Его вычислительные возможности позволяют получить массив необходимых данных в заданных расчетных областях, а также представить его в необходимом для дальнейшего использования виде. Например, можно получить картины направления векторов магнитной индукции и напряженности электрического поля, совмещенная картина которой необходима для расчета их взаимодействия.

УДК 621.397.01

**В.В. Багров**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ)*

## **ЦВЕТОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ФЭП С МОЗАИЧНОЙ КОДИРУЮЩЕЙ СТРУКТУРОЙ СМУГ**

Цвет сюжета определяется как психофизиологическое ощущение, которое возникает в сознании человека при воздействии на его зрительный аппарат электромагнитного излучения с длиной волны в диапазоне от 380 до 760 нм. С точки зрения колориметрии цвет – это трехмерная векторная величина, поэтому для формирования цветного видеосигнала необходимо определенным образом выделить из падающего на фотоэлектрический преобразователь (ФЭП) светового потока три составляющих – красную, зеленую и синюю (R,G,B).

Большинство современных телевизионных систем используют для фотоэлектрического преобразования твердотельные приборы с зарядовой связью (ПЗС) или же КМОП-преобразователи. Это связано с их компактностью, надежностью, хорошими рабочими и эксплуатационными характеристиками.

Сам по себе ФЭП не способен различать цвета: разница в длинах волн падающих на него фотонов воспринимается как разница в их энергиях. Изменения как энергии фотона, так и числа фотонов за время экспозиции приводят к изменению только одной величины – заряда в ячейке для матричного ПЗС или напряжения фотодиода для КМОП. Для обеспечения возможности различать цвета необходимо использование дополнительных средств. В настоящее время существует несколько подходов для формирования информации о цвете с использованием матричных твердотельных ФЭП. Наиболее популярными из них являются: метод, использующий три ФЭП с соответствующим разделением светового потока по спектральному признаку на три составляющих, и метод, предполагающий наличие одного многосигнального ФЭП с мозаичным кодирующим светофильтром.

Первый метод обеспечивает точную цветопередачу, а также высокую разрешающую способность – как цветовую, так и пространственную. Второй – использует нанесение кодирующих светофильтров, выполненных на органической основе или по интерференционной технологии, непосредственно на светочувствительную поверхность ФЭП. Однозначная привязка временного положения видеосигнала данного элемента разложения к его пространственному положению позволяет построить высококачественные многосигнальные ФЭП, формирующие одновременно сигналы яркости и цветности. Существуют многосигнальные ФЭП с полосковыми и мозаичными кодирующими светофильтрами, однако в настоящее время наибольшее распространение получили мозаичные кодирующие светофильтры.

Наиболее распространенными являются мозаичный светофильтр RGBG (Байера, на основных цветах синтеза) и светофильтр CyMgYeG (CMYG, на дополнительных цветах синтеза).

Мозаичные структуры определяют использование соответствующих алгоритмов цветовой интерполяции, необходимых для формирования сигналов R, G и B для каждого дискретного элемента ФЭП.

Изначально кодирование с использованием структуры CMYG было ориентировано на применение в аналоговых видеокамерах телевизионных стандартов с выделением яркостной и цветоразностных составляющих. Светофильтры CMYG пропускают больше света, чем RGBG, что позволяет повысить чувствительность видеокамер и определяет необходимость их применения для ряда задач. В случае, когда ФЭП на основе структуры CMYG используется в цифровой видеосистеме, которая должна работать совместно с персональным компьютером (ПК), то наиболее предпочтительно выделение не яркостного и цветоразностных сигналов, а сигналов основных цветов R, G, B.

Если алгоритмы формирования сигналов основных цветов для случая с кодирующей структурой RGBG представлены множеством реализаций и широко освещены в российской и зарубежной литературе, то процесс формирования сигналов основных цветов для кодирования при помощи CMYG в настоящее время остается не проработанным. Интерполяционные преобразования на основе фильтров CMYG должны соответствовать ряду важных для формируемого видеосигнала критериев. В частности, алгоритм преобразования не должен снижать чувствительность, свойственную ФЭП с фильтром CMYG, не должен уменьшать пространственное и цветовое разрешение ФЭП. Одновременно с этим, важно не допустить снижения достоверности цветопередачи изображения и появления интерполяционных искажений.

В докладе проанализированы особенности формирования сигналов основных цветов R, G, B многосигнальным ФЭП с кодирующим фильтром CMYG. Рассмотрены способы преобразования, основанные на матрично-векторном принципе.

УДК 378.08

***Н.В. Бартко***

*Московский государственный институт электронной техники*

## **НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ: ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТОГО ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Открытое дистанционное образование (ОДО) – это качественно новый, прогрессивный вид обучения, возникший в последней трети XX века благодаря новым технологическим возможностям, появившимся в результате информационной революции и на основе идеи открытого образования. В осно-

ву этого вида обучения положена самостоятельная интерактивная работа студента со специально разработанными учебными материалами. Ключевую роль играет тьютор, преподаватель-консультант, который прикрепляется к группе студентов; все компоненты и методические приемы ориентированы на то, чтобы сделать обучение максимально удобным и эффективным.

Представим в виде технологической схемы последовательность необходимых и достаточных действий по реализации учебного процесса в любом вузе с помощью технологий открытого образования.

Во-первых, необходимо создать виртуальное представительство учебного заведения.

Во-вторых, необходимо создать профайл специальностей, наиболее обеспеченных информационно-образовательными ресурсами.

В-третьих, необходимо выбрать инструмент для создания и реализации процесса дистанционного обучения образовательного учреждения.

Далее необходима апробация учебного процесса на существующем в вузе контингенте и требуется решить ряд учебно-методических вопросов, таких как установление контакта с обучающимися для освоения конкретной учебной дисциплины, подготовка семинаров в закрытом форуме и т.д.

Одним из участников эксперимента по внедрению дистанционного образования в России является Московский государственный институт электронной техники (МИЭТ). Факультет ДДО в МИЭТ создан в 1999 году на базе Центра дополнительного и дистанционного обучения, образованного в 1996 году. Он обеспечивает подготовку специалистов на основе профессиональных образовательных программ в соответствии с Государственными образовательными стандартами по направлению 552800 Информатика и вычислительная техника и специальностям 220100 Вычислительные машины, системы, комплексы, сети и 220400 Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем. Для обучения студентов МИЭТ по дистанционной технологии используются система ОРОКС, а также учебно-методические пособия, созданные на ее основе. ОРОКС представляет собой сетевую оболочку, реализованную на основе WWW-CGI технологий, разработанную Московским институтом электронной техники и позволяющую создавать учебно-методические модули, в рамках которых собраны и структурно связаны необходимые компоненты организации изучения предметных дисциплин для обучающихся, удаленных от инфраструктуры образовательного учреждения.

ОДО является современной универсальной технологией профессионального образования с большими дальнейшими перспективами развития, требующей неременного обеспечения ее высокого качества, соответствующего национальным и международным стандартам.

Для повышения эффективности обучения в технологии открытого дистанционного образования предлагается использовать комплекс методик и подходов к образованию, основными элементами которого являются:

- Сближение обучения с практической деятельностью студента.
- Использование наиболее активных методов обучения, позволяющих экономно расходовать время студента.
- Образовательный подход – помощь в проявлении уникальных способностей студента, формировании его собственной цельной картины взглядов на управление фирмой посредством усвоения концепций, применимых в широком диапазоне ситуаций.
- Андрагогический подход – системное использование особенностей обучения взрослых людей, которые уже обладают организационным опытом, сами выбирают, что им учить, и могут обеспечить самоконтроль процесса обучения.
- Развивающий подход – обучение умению не только знать, но и думать, использовать знания, регулярно повышать свой интеллектуальный уровень.
- Оптимизация финансовых и временных затрат студентов.
- Стандартизация технологии обучения и система поддержания уровня качества.

УДК 621.391:616.89

**С.Ю. Батина, А.А. Певзнер, В.И. Батин**

*Ярославский государственный педагогический университет  
им. К.Д. Ушинского*

## **АППАРАТНАЯ ДИАГНОСТИКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЧИ**

На сегодняшний день все большую актуальность приобретают вопросы дополнительной объективизации речевых нарушений. В медицинской практике эти методики получили название «дополнительные методы исследования». Посредством этих методов производится объективизация клинических проявлений того или иного заболевания.

В логопедии до сих пор специалисты продолжают опираться, в основном, на клинические проявления речевых нарушений. С этой проблемой связана и проблема дифференциальной диагностики сходной речевой патологии.

На сегодняшний день существует относительно небольшое количество методов аппаратной диагностики речевых нарушений. Все они основаны на использовании возможностей компьютерной техники.

Речевой аппарат включает в себя две основные составляющие: генератор звука – голосовые связки и органы артикуляции – гортань, язык, ротовая полость, зубы, полости – резонаторы и т.п. Колебания голосовых связок порождают основной звуковой сигнал заданной частоты и амплитуды. Таким образом, голосовые связки определяют лишь высоту и громкость голоса. Ор-

ганы артикуляции придают им те или иные индивидуальные оттенки, а также разделяют непрерывное звучание голосовых связок на отдельные звуки, фонемы и слова.

Подавляющая часть речевой информации формируется за счет органов артикуляции. Органы артикуляции способствуют формированию согласных звуков, из которых практически и состоит алфавит русского языка, тогда как голосовые связки формируют гласные звуки, которые, прежде всего, служат для связи согласных.

В результате колебания голосовых связок формируется основной сигнал, который определяет основной тембр голоса человека. В процессе работы органов артикуляции звучание голосовых связок меняет высоту и интенсивность, фильтруется, что определяет характерную для конкретного человека манеру разговора. В результате обследования пациентов с различной патологией голосовых связок можно сказать, что изменения источника основного сигнала изменяет лишь тембр, высоту и громкость голоса, не затрагивая особенностей манеры разговора.

Из всего сказанного видно, что именно состояние «верхних» органов артикуляции определяет индивидуальные особенности данного конкретного человека. На работу «верхних» органов артикуляции влияет большое количество факторов, основными из которых являются: особенности анатомического строения и особенности иннервации. Все это определяет характерную для данного конкретного человека биомеханику органов артикуляции, которая формируется в процессе его жизнедеятельности.

Анализируя имеющиеся на сегодняшний день подходы к аппаратной диагностике и коррекции речевых нарушений можно сказать, что они основаны в основном на диагностике состояния основного сигнала. Именно основной сигнал во многом и формирует волновую картину речи. Восстановление речи посредством этих программных продуктов строится на принципе биологической обратной связи. Проще говоря, логопед произносит слово, которое на экране представляется в виде специфической волновой картины, которую пациент должен постараться воспроизвести.

Тем не менее такой подход не учитывает индивидуальных особенностей, то есть биомеханики речевого аппарата пациента, заставляя его работать в неестественном для него режиме, подстраивая его под манеру произношения логопеда. Это усложняет и удлиняет процесс восстановления или формирования речи у больных.

На наш взгляд, в основу диагностики речи должна быть положена, прежде всего, оценка индивидуальных особенностей речи данного конкретного человека, чтобы на основании их разрабатывать индивидуальные программы коррекции речевых нарушений. Этот подход соответствует основным принципам логопедии.

УДК 621.397.01

**С.В. Кучерявский, И.А. Беляев**

*Алтайский государственный университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СРЕДНЕУГЛОВЫХ СПЕКТРОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КЛЕТОК КРОВИ**

На сегодняшний день предложены различные подходы для анализа и классификации изображений гистологических препаратов, в том числе для классификации клеток крови. Некоторые из них получили реализацию в коммерческих программных продуктах, входящих в состав систем автоматизированной микроскопии. В качестве признаков, по которым происходит классификация, используются морфологические и оптические характеристики объектов исследования. Это является причиной жестких требований, предъявляемых к качеству анализируемых изображений, что, в свою очередь, подразумевает использование весьма дорогого оборудования для их получения (микроскопы, камеры).

В данной работе был разработан и апробирован новый подход к распознаванию типов клеток крови. Классификационная модель строилась с использованием проекционных методов анализа многомерных данных, которые позволяют получить устойчивый результат даже когда в исходных данных (в нашем случае это матрица значений различных характеристик изображений клеток крови) имеется коллинеарность, выбросы и т.д. Кроме того, они хорошо зарекомендовали себя при решении задач, связанных с классификацией и распознаванием образов.

Для получения характеристик изображений использовался метод среднеугловых спектров (Angle Measure Technique – АМТ), который был апробирован при решении задачи распознавания лимфоцитов и нейтрофилов на изображениях низкого качества, полученных с помощью обычного лабораторного микроскопа и цифровой VGA камеры. Для построения модели использовались 60 изображений клеток обоих типов (калибровочный набор), для оценки качества распознавания использовался второй, тестовый набор, состоящий из 100 изображений клеток.

В результате проверки работы классификатора на тестовом наборе данных использование метода среднеугловых спектров позволило правильно классифицировать 96% нейтрофилов и 97% лимфоцитов.

В результате анализа ошибок классификации было выдвинуто предположение, что их причиной является алгоритм получения вектора признаков. Так, используемый на первом этапе расчета АМТ-спектра алгоритм спиральной развертки, сохраняя информацию о радиальной симметрии объекта на изображении, вносил значительные искажения в получаемый профиль. С целью улучшения классификации был предложен новый алгоритм развертки, основанный на методе получения цепных кодов.

После этого вновь рассчитывались АМТ-спектры и строилась модель. Затем проводилось тестирование полученной модели на «неизвестных» образцах. Точность распознавания для калибровочного набора составила 100% для клеток рассматриваемых классов.

Таким образом, было показано, что метод среднеугловых спектров, ранее использовавшийся для анализа и классификации гомогенных изображений, оказывается эффективным и для анализа гетерогенных структур.

В настоящее время авторами разрабатывается ряд улучшений, который позволит различать большее количество классов лейкоцитов.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Roberto Rodriguez, Teresa E. Alarcon and Juan J. Abad. Blood vessel segmentation via neural network in histological images. Journal of Intelligent and Robotic Systems 36: 451–465, 2003.

2. Kyungsu Kim, Jeonghee Jeon, WanKyoo Choi, Pankoo Kim, Yo-Sung Ho. Automatic Cell Classification in Human's Peripheral Blood Images Based on Morphological Image Processing. AI 2001, LNAI 2256, pp. 225–236, 2001.

3. Swolin B., Simonson P., Backman S., Lofqvist I., Bredin I., Johnsson M. Differential counting of blood leukocytes using automated microscopy and a decision support system based on artificial neural networks – evaluation of DiffMaster™ Octavia. Clin. Lab. Haem. Vol. 25, 2003, p. 139–147.

4. J. Huang, K.H. Esbensen, Chemometr. Intell. Lab. Syst. 54 (2000) 1– 19.

5. Glasbey C.A. and Horgan G.W. Image Analysis for the Biological Sciences. John Wiley & Sons Ltd, 1995. 218 p.

УДК 504:37.03

***А.В. Беседин, В.М. Попов, В.В. Умрихин***

*anabis67@mail.ru*

*Курский государственный технический университет*

## **ПРОБЛЕМАТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ПРЕДМЕТА «ЭКОЛОГИЯ» ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В СОКРАЩЕННЫЕ СРОКИ**

Необходимо, чтобы при освоении образовательных программ высшего профессионального образования, в том числе, и в сокращенные сроки, будущий специалист изучил весь комплекс экологических проблем, характерных для техносферных систем различных уровней, а также был подготовлен к разработке и реализации прогрессивных методов и принципов сохранения и оздоровления техносферы. Подготовку студентов следует ориентировать не только на творческую и результативную, но и экологически безопасную деятельность. Одними из основных принципов экологического образования являются: единство экологического образования с общим и профессиональ-

ным; непрерывность и последовательность обучения, связь полученных теоретических знаний с практикой; гуманизация личности, развитие социально-активного экологического сознания, мышления и культуры. Экологическое образование сегодня занимает одно из ключевых мест в системе высшей школы – экология стала интегральной наукой, связанной с большинством учебных дисциплин, включена во многие образовательные стандарты и изучается во всех высших учебных заведениях.

Однако преподавание экологии при реализации образовательных программ в сокращенные сроки сопровождается рядом серьезных проблем, следствием которых является нарушение некоторых принципов экологического образования.

Так, при формировании у специалиста системы квалификационных знаний и умений остро проявляется проблема превалирования прагматического подхода. Как правило, в первую очередь цели и задачи изучаемых учебных дисциплин направлены на решение вопросов удовлетворения тех или иных потребностей человека, и, в лучшем случае, лишь во вторую – на изучение возникающих при этом взаимодействий в системе «человек-среда обитания» и организации соответствующих природоохранных мероприятий. Кроме того, существуют противоречия между традиционными способами преподавания экологии и требованиями, которые предъявляют новые социальные, политические и экономические условия. Необходимо, чтобы при реализации экологических дисциплин их материал был предложен в том виде, в котором знания будут востребованы будущим специалистом.

Качественное преподавание экологии требует создания системы взаимосвязанных и взаимообусловленных теоретических знаний и практических умений и навыков. Часто при достаточно высоком уровне теоретического обобщения экологических знаний эффективность соответствующего практического (лабораторного) курса невысока.

Резкий акцент на традиционные лекционные занятия по дисциплине «Экология» у студентов, обучающихся по сокращенным программам, негативно сказывается на эффективности преподавания данного курса в целом. Ориентация на прогрессивные, в том числе активные, методы обучения в экологическом образовании позволила бы осуществить переход от обучения тем или иным экологическим «фактам» к пониманию смысла явлений в системе «человек-среда обитания», к приобретению навыков применения полученных экологических знаний в жизни.

Следствием данных проблем является поверхностное восприятие и формальность экологических знаний, воспринимаемых студентами.

Подготовить квалифицированного специалиста невозможно без построения в процессе обучения эффективной системы «образование-самообразование»: именно самообразование позволяет сформировать будущего специалиста путем индивидуальной познавательной деятельности, при которой наиболее полно раскрываются способности студента и реализуется его потенциал. Но если для «профильных» дисциплин необходимость самообразования у студента не вызывает сомнений, то для многих общеобразова-

тельных курсов, к которым относится и экология, мотивация к самостоятельной работе минимальна.

Это усугубляется трудностями в реализации индивидуального подхода при работе со студентами, обучающимися по сокращенным программам. Причина заключается не только в минимизации времени общения преподавателя и студента в учебной аудитории, что не дает возможности осуществлять эффективный диалог и взаимодействие между ними, но и в значительной неоднородности состава учебных групп.

Преодолеть отмеченные проблемы можно при реализации следующих основных направлений: сочетание различных технологий и методов обучения, включая прогрессивные; повышение роли индивидуальной работы преподавателя со студентом с учетом будущей специализации последнего; обеспеченность актуальными учебно-методическими средствами обучения; применением современных технических средств обучения, развитие технического, методического и организационного аспектов их использования; активизация воспитательной работы со студентами, в том числе в сфере развития ценностной ориентации и эколого-гуманистической картины мира.

УДК 681.7.069.32

**Ю.С. Бехтин**

atr\_art@rgta.ryazan.ru

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

## **ВЕЙВЛЕТ-КОДИРОВАНИЕ ЗАШУМЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

В настоящее время сжатие изображений является неотъемлемой частью цифровой обработки сигналов в телевизионных и видеокомпьютерных системах. Однако специфика формирования изображений в ряде практических приложений обуславливает появление в телевизионных кадрах искажений и шумов. Например, использование микроволнового излучения в системах технического зрения приводит к появлению гранулированного, в виде пятен шума на изображении из-за грубых поверхностей деталей, вызывающих случайные фазовые отклонения отраженного излучения. Другим примером являются радиолокационные изображения, полученные с помощью РЛС прямого и бокового обзоров (радаров с синтезированной апертурой), для которых характерна проблема спекл-шума (*speckle*). Также необходимо отметить похожий характер искажений в изображениях, сформированных с помощью инфракрасных тепловизионных систем. Причиной искажений является геометрический шум чувствительности, обусловленный флуктуациями коэффициентов передачи фотодатчиков относительно условной единицы с течением времени. Для таких изображений вводится в рассмотрение мультипликативная модель шума с единичным средним, распределение которого в общем случае не является гауссовским.

В ряде случаев компрессия зашумленных изображений даже после их предварительной обработки (фильтрации) приводит к появлению новых искажений. Таким образом, для согласования фильтрации и компрессии необходимо использовать единый механизм обработки изображения. Такой механизм можно построить на основе вейвлет-обработки сигналов, где и фильтрация, и сжатие осуществляются путем порогового отсечения вейвлет-коэффициентов.

В докладе рассматриваются теоретические положения, доказывающие возможность построения процедур вейвлет-кодирования зашумленных изображений при фиксированных квотах бит и разных способах пороговой обработки вейвлет-коэффициентов, обеспечивающих минимум средней квадратической ошибки восстановления оригинала. На основе полученных теоретических выводов строятся метод и алгоритмы преследования базиса путем отделения когерентных структур в зашумленном изображении, учитывающие ошибки нелинейной аппроксимации и ошибки квантования при низких и высоких скоростях кодирования и при грубой, мягкой и по функции Видаковича пороговой обработке вейвлет-коэффициентов [1].

В результате работы алгоритмов в буферной памяти остаются несколько множеств квантованных оценок вейвлет-коэффициентов, соответствующих набору «лучших» базисов из библиотеки. Эти коэффициенты кодируются либо кодом постоянной, либо переменной длины в зависимости от бюджета бит.

Для восстановления изображения необходимо найти сумму изображений, полученных после обратного вейвлет-преобразования с соответствующими базисами над множествами квантованных оценок вейвлет-коэффициентов после декодирования. Для кодирования названий базисов выделяется дополнительное число бит по разработанной методике.

Эффективность разработанного метода и алгоритмов была подтверждена статистическим моделированием с использованием тестовых изображений. Выявлена относительно быстрая сходимость метода (10-15 итераций). Показано на ряде тестовых изображений, что при относительно небольшой и «примитивной» библиотеке базисов, состоящей только из типовых вейвлетов, достигается минимум среднего квадратического отклонения и максимум пикового отношения сигнал-шум по сравнению с известными кодерами типа SPIHT, особенно на низких скоростях кодирования. В докладе приводятся результаты обработки реальных тепловизионных изображений и изображений, полученных с помощью радаров с синтезированной апертурой.

Наилучшие результаты получены при использовании вейвлет-пакетных и локально-косинусных словарей с применением мягкой пороговой обработки вейвлет-коэффициентов. Для поиска наилучшего пути в вейвлет-пакетном базисе предлагается алгоритм, который анализирует энергию

шума в каждой субполосе и принимает решение о ее дальнейшей декомпозиции. Данное обстоятельство приводит к увеличению вычислительных и временных затрат. Таким образом, предложенный подход можно рекомендовать для приложений, связанных с архивацией зашумленных изображений различных классов в базах данных.

---

1. Бехтин, Ю.С. Вейвлет-кодирование зашумленных изображений преследованием базиса по когерентным структурам [Текст] / Ю.С. Бехтин // Цифровая обработка сигналов. 2007. № 3. С.2-8.

УДК 681.3

**Д.О. Бобынцев**

daniel8728@yandex.ru

*Курский государственный технический университет*

**СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МАКРОПОТОКОВОГО  
МНОГОПРОЦЕССОРНОГО АКСЕЛЕРАТОРА  
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПАКЕТОВ  
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ**

Параллельную обработку множества наследуемых последовательных программ можно организовать, если ввести в современные ЭВМ микросхемы многопроцессорных акселераторов, построенных по макропоточковой архитектуре. Она основана на вычислительной парадигме общей центральной рабочей очереди задач (тредов), которые формируются ведущей ЭВМ из входного пакета программ, подвергая декомпозиции наиболее сложные из них. Декомпозицию целесообразно выполнять по критерию минимизации числа связей между образовавшимися задачами при ограничении на максимальную их сложность.

При таком подходе акселератор может быть реализован как мультикомпьютер с автономными адресными пространствами процессорных блоков (ПБ) в виде многоядерного микропроцессора. Он может быть построен на полупроводниковой пластине по новой архитектуре ММММ, которая имеет 2 расшивки: многопроцессорный макропоточковый мультискалярный микропроцессор и макропоточковый мультискалярный мультикомпьютер в микросхеме.

Системная шина ведущей ЭВМ может быть использована в качестве коммуникационной среды для обмена информацией между основной памятью ведущей ЭВМ и КЭШ-памятями 2 уровня процессорных блоков (ПБ)

при загрузке задач в ПБ и выгрузке из них конечных результатов вычислений, а так же для обмена небольшим числом смежных данных и значений условий переходов между слабо связанными задачами разных блоков внутри СБИС микропроцессора.

Для управления коммуникациями на системной шине в состав ММММ необходимо ввести следующие специализированные блоки:

1. Централизованный контроллер начальной и текущей загрузки задач в процессорные блоки и арбитража (КЗА) системной шины. Шина предоставляется по запросам ПБ наиболее простым методом последовательного опроса, приемлемым при небольшом числе ПБ.

2. Распределенные однородные контроллеры процессорных блоков (КПБ), встроенные в каждый ПБ и соединяемые между собой и с КЗА дополнительной внутренней шиной управления (ВШУ) для упрощения аппаратной диспетчеризации. Основные функции этих дополнительных блоков: выдача по проводному «монтажному» ИЛИ через ВШУ в КЗА сигнала «запрос шины»; реакция на последовательный опросный сигнал из КЗА «предоставление шины»; выдача по проводному «монтажному» или в КЗА сигнала «шина занята»; блокирование дальнейшей последовательной передачи опросного сигнала ПШ; взаимная передача КПБ друг другу и контроллеру КЗА по ВШУ служебных сигналов для автоматизации диспетчеризации и управления обменом смежными данными. Структурная схема МММ микро-схемы представлена на рисунке.

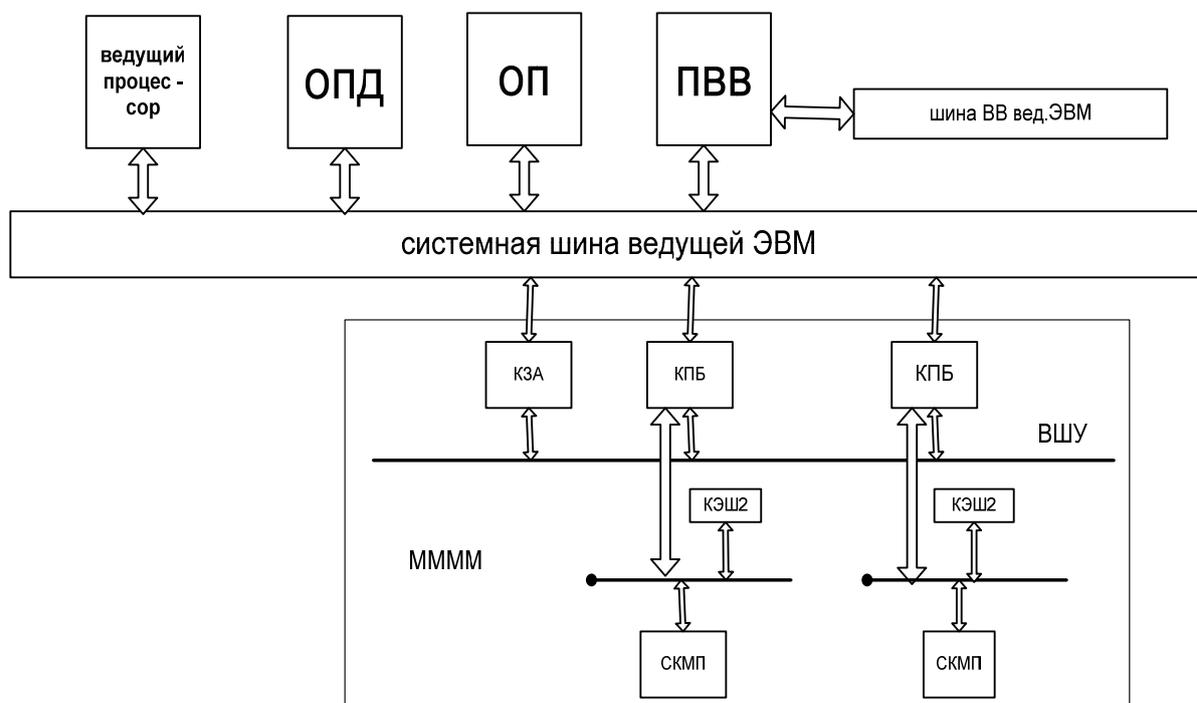


Рис. Структурная схема

Блоки КПБ подключаются к системной шине через специальные параллельные порты, содержащие буферные регистры с тремя состояниями выходных каскадов. Блок КЗА подключается к системной шине через аналогичный параллельный порт для приема команд вед. ЭВМ и выдачи ей слова состояния ММММ, а также подсоединяется к одному из входов – выходов схемы арбитража вед. ЭВМ и к двум сигнальным линиям шины управления вед. ЭВМ, по которым выполняется инициализация КЗА и запрос внимания вед. ЭВМ.

УДК 681.518.2

***М.В. Бобырь, Е.С. Яхонтова***

max\_b@mail333.com

*Курский государственный технический университет*

## **БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМ С ЧПУ**

При работе систем с ЧПУ для каждой операции технологического процесса рассчитываются параметры режима резания, например, сила резания, скорость резания, подача и др. Причём для каждого из процессов набор данных может быть уникальным.

Как правило, технологические процессы многократно повторяются. И если не записывать рассчитанные значения параметров для каждого вида операций, их необходимо вычислять заново. Это приводит к дополнительным аппаратным и временным затратам, что, в свою очередь, замедляет технологический процесс и делает его более трудоемким и дорогостоящим.

Современные системы с ЧПУ включают в себя ПЭВМ, которые можно использовать не только для расчета необходимых параметров, но и для их хранения в специальных базах данных. Таким образом, значения параметров можно будет высчитать единожды и записать в базу. В дальнейшем при технологическом процессе по заданным начальным условиям будет производиться поиск необходимых параметров по базе данных. Это позволит избежать повторного пересчета значений и сократит время выполнения работ. Если необходимые параметры отсутствуют, будет выполнен их расчет, после чего полученные значения будут сохранены для дальнейшего использования.

В качестве систем управления базой данных можно использовать различные программные продукты: MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server, Oracle, Firebird. Так как к СУБД не выдвигается жёстких требований, таких как распределённое хранение информации, одновременный доступ десятков тысяч пользователей, сложные процедуры выборки и обработки данных, для данной задачи подойдёт одна из бесплатных СУБД, например MySQL.

УДК 681.518.2

**М.В. Бобырь**

max\_b@mail333.com

*Курский государственный технический университет*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ**

Технологическим процессом (ТП) называется этап производства, в ходе которого происходит качественное изменение объекта управления. Например, обработка деталей на оборудовании с ЧПУ является ТП. Результат – требуемая точность на заданные размеры обработанных поверхностей детали.

При этом любой ТП сопровождается действием большого количества случайных факторов, которые вызывают отклонения от качественных и количественных показателей. То есть, между расчетными и действительными результатами ТП появляются расхождения. Вдобавок к этому определить действительные результаты, полученные о ходе протекания ТП от преобразователей информации, можно также с погрешностями. Что характерно для обработки деталей на оборудовании с ЧПУ – погрешность зависит от колебания величины деформаций вследствие непостоянства силы резания  $P_y$ .

В реальных производственных условиях обработки деталей для предотвращения снижения точности используются автоматизированные системы управления (АСУ), задачей которых является обеспечение максимальной устойчивости, то есть обеспечение постоянства заданной силы резания. Для этого в управляющую программу вводятся поправки к рассчитанным значениям параметров режима резания, например подачи или скорости резания. Таким образом, при управлении технологическим процессом обработки деталей на оборудовании с ЧПУ должен решаться комплекс задач, связанный с управлением точностью обработки, путем коррекции значений режимов резания, обеспечивающих максимум производительности и минимум себестоимости операции. При этом на оборудовании с ЧПУ используются автоматизированные системы регулирования, которые называются системами предельного регулирования.

Принцип работы подобных систем состоит в том, что с целью повышения эффективности обработки деталей на оборудовании с ЧПУ обеспечивается постоянство протекания технологического процесса относительно таких регулируемых величин, как сила резания или потребляемая мощность.

При этом для управления процессом обработки деталей ограничиваются силовые параметры нагрузки, действующие в технологической системе. Например, при обработке с постоянной мощностью резания закон изменения продольной подачи  $S$  определяется выражением

$$s \leq \sqrt{\frac{1,2 N_{об} \eta}{C_p t^x v^z}}, \quad (1)$$

где  $N_{об}$  – мощность двигателя главного привода станка;  $\eta$  – коэффициент полезного действия главного привода станка (определяется по паспорту оборудования с ЧПУ);  $C_p$  – общий коэффициент, зависящий от рода обрабатываемого материала, от вида обработки инструментального материала;  $t$  – глубина резания;  $V$  – скорость резания;  $y, z$  – показатели степени при параметрах режимов резания.

Когда при допустимой мощности радиальная составляющая силы резания  $P_y$  достигает предельного значения, происходит дополнительное изменение подачи, в результате чего исключается возможность превышения заданных ограничений.

Таким образом, в системах предельного регулирования, обеспечивающих управление точностью обработки деталей, налагаемые ограничения, образующие систему неравенств, относятся непосредственно к параметрам, определяющим достижение требуемой точности детали. Например, требование к шероховатости обработанной поверхности для оборудования с ЧПУ определяется следующим выражением:

$$s \leq \frac{R_a v^{0,4}}{65}, \quad (2)$$

где  $R_a$  – допустимая шероховатость обработанной поверхности.

Исходя из вышеописанного видно, что максимальная эффективность качества обработанных поверхностей деталей достигается при управлении силы резания путем варьирования параметров режима резания. Но система предельного регулирования не позволяет обеспечить высокую точность обработанных поверхностей при резании из-за наличия возмущающих воздействий, действующих на деталь в режиме реального времени.

Поэтому разработка систем управления, компенсирующих возмущающие воздействия в режиме реального времени, является актуальной задачей.

УДК 681.518.2

**Н.А. Милостная**

nata@kcnti.ru

*Курский государственный технический университет*

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

Система реального времени (СРВ) – это конкретная система, характеризующаяся реакцией объекта управления на входные сигналы или данные, при котором он успевает достаточно быстро выработать выходные сигналы.

При автоматизации производственных процессов большую роль играет время пересылки данных между компонентами системы. Поэтому здесь используются системы реального времени. Они же обеспечивают взаимодействие производственных и других прикладных процессов, выполняемых в сети.

Системой управления машиностроительным оборудованием является совокупность объекта управления и устройства управления, связанных между собой каналами прямой и обратной связи. Например, металлорежущий станок совместно с процессом обработки детали является объектом управления. В устройство управления входят приводы рабочих механизмов станка, система ЧПУ (компьютер и устройства ввода и вывода), датчики механического перемещения рабочих органов станка и режимов обработки. События, происходящие на машиностроительном оборудовании, регистрируются датчиками, информация от которых передается в модули ввода-вывода системы. Полученные сведения от датчиков преобразуются в цифровой вид, а затем модули ввода-вывода генерируют запрос на прерывание в управляющем компьютере, посылая сигнал о произошедшем на объекте управления событии. Получив такой сигнал, система запускает программу, обрабатывающую соответствующее событие на оборудовании.

Время выполнения действий, начиная от события на объекте управления до генерации прерывания, зависит от аппаратного комплекса, а интервал времени от возникновения запроса на прерывание и до выполнения первой инструкции на событие определяется целиком свойствами операционной системы реального времени (ОСРВ). При этом основным требованием к ОСРВ является не быстрое действие, а гарантированное выполнение задачи в течение интервала времени, а также параллелизм, то есть если несколько событий происходят одновременно, то все они должны быть обработаны своевременно.

В режиме реального времени для гарантии получения высокоточной информации о ходе технологического процесса на машиностроительном оборудовании необходимо наличие графических интерфейсов, сетевой поддержки, возможность работы на многопроцессорных средствах в ОСРВ.

На предприятиях машиностроительного комплекса в зависимости от спецификации оборудования используются различные ОСРВ, среди них наиболее востребованы: QNX; AMX; FlexOS; Windows NT/CE 2.0/XP; VxWorks; Linux; OS-9; Nucleus; VRTX; pSOS+; RTMX; OSE; Real Time DOS; RT-Kernel; Тайфун.

Долгое время для управления машиностроительным оборудованием применялись системы с двухкомпьютерной архитектурной моделью, которая предполагает размещение на одном компьютере операционной системы общего назначения (типа ОС Windows или Linux), а на другом установку ОСРВ (отечественные разработки – НевОС или Тайфун). Первый компьютер использовался для ввода-вывода информации, а второй непосредственно управлял машиностроительным оборудованием (станком с ЧПУ). В настоящее время перспективные предприятия с современным оборудованием пере-

ходят на однокомпьютерный архитектурный вариант, который предполагает использование обычного компьютера, оснащенного специальными устройствами в виде плат-контроллеров. Такой вариант предусматривает установку операционной системы общего назначения (типа ОС Windows или Linux) с генерированными службами систем VxWorks (QNX, RTX или LinuxRT) для обеспечения управления и контроля внешними устройствами оборудования. Переход от двухкомпьютерной к однокомпьютерной модели осуществляется формальным переносом математического обеспечения служб ОСРВ на уровне задач.

Несмотря на достаточное количество СРВ, многие машиностроительные предприятия занимаются разработкой собственных специализированных систем, так как с каждым днём технологические процессы и циклы становятся все более сложными, а особенности производства сохраняются в коммерческой тайне, что значительно поднимает качество и требования к системам реального времени.

УДК 681.518.2

**М.В. Бобырь, А.Л. Сибилёва**

max\_b@mail333.com

*Курский государственный технический университет*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ**

Современные автоматизированные системы управления оборудованием с ЧПУ, контролирующие точность обработки поверхностей деталей, представляют собой системы активного контроля. Точность работы данных систем непосредственно зависит от входящих в их состав сенсорных устройств. Перспективным направлением их дальнейшего развития является применение бесконтактных датчиков, в качестве которых могут выступать ультразвуковые, лазерные или оптические сенсоры, а также системы технического зрения.

Но иногда требуется прогнозировать точность обработки детали до ее непосредственной обработки. При этом необходимо учитывать не только свойства материала, из которого изготовлена деталь, возмущающие воздействия, но и искажения формы детали, вызываемые изгибом под действием силы резания, а для серийного производства и разброс размеров деталей.

Разработка устройства прогнозирования точности обработки деталей и управления процессом обработки позволит повысить точность и увеличить производительность оборудования этого профиля в целом.

Исходя из вышеуказанной задачи, авторы разработали устройство прогнозирования точности обработки деталей и алгоритм его работы в режиме

обработки эталонной детали и режиме партии деталей, которая приведена на рисунке.

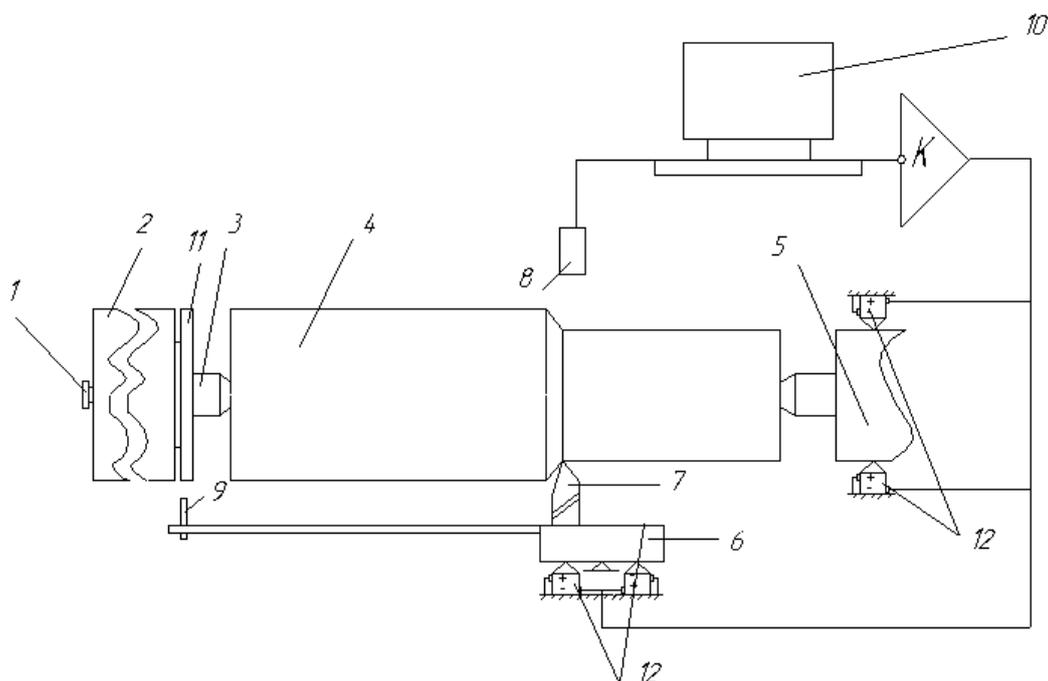


Рис. Устройство прогнозирования точности:

1 – отметчик угла поворота шпинделя; 2 – передняя бабки; 3 – шпиндель;  
4 – деталь; 5 – задняя бабка; 6 – резцедержатель; 7 – резец; 8, 9 – оптические датчики; 10 – компьютер; 11 – планшайба, 12 – приводы ЧПУ

Устройство прогнозирования точности обработки деталей на оборудовании с ЧПУ работает следующим образом. Сначала происходит обработка эталонной детали. Затем производится регулировка зазоров между бесконтактным оптическим датчиком с цифровым кодом на выходе 9 и поверхностью планшайбы 11 и бесконтактным оптическим датчиком с цифровым кодом на выходе 8 и поверхностью детали 4. В процессе выполнения прохода производится снятие показаний с бесконтактных оптических датчиков с цифровым кодом на выходе 8 и 9 по всей длине детали через установленные промежутки времени.

Данные в цифровом коде передаются на компьютер 10. После записи показаний подается команда на компьютер приступить к обработке экспериментальных данных в реальном времени. Данная процедура позволяет производить расчеты возмущающих воздействий, действующих на деталь 4 при прохождении по ее поверхности резца 7 в реальном времени и выводить в наглядном виде деталь на дисплей компьютера.

На этом предварительном этапе определяются возмущающие воздействия, действующие на деталь в ходе ее обработки, которые записываются в контур управления оборудованием с ЧПУ до обработки детали, и с учетом этой величины производится настройка режимов резания. Затем определяет-

ся радиус детали с учетом искажения формы детали, вызванного изгибом под действием силы резания в результате теплового смещения оси шпинделя, и самой детали в любой точке, по ее длине.

Учитывая суммарное значение возмущающих воздействий, действующих на деталь 4 при прохождении резца 7 по ее поверхности в реальном времени, в компьютере производится коррекция и вырабатывается сигнал для ее устранения. Таким образом, формируется эталонная модель детали, в которой определен радиус в любой точке детали с учетом возмущающих воздействий, действующих на деталь, и температурных деформаций самой детали, резца и шпиндельного блока оборудования с ЧПУ.

Таким образом, предложенная автоматизированная система прогнозирования точности обработки деталей, функционирующая по двум вышепредложенным алгоритмам, позволит в режиме реального времени получать эталонную модель детали. Если деталь не соответствует требуемому значению в сумматоре, определяется корректирующее воздействие, которое передается на исполнительные механизмы оборудования с ЧПУ, тем самым обеспечивая высокую точность обработанных поверхностей детали в режиме реального времени.

621.397.01

**С.А. Болотов, А.С. Поспелов**

*Московский институт электронной техники*

## **О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ КОМПРЕССИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЛОКОВ ПОСЛОЙНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ**

Пусть  $A = \left\| a_{ij} \right\|_{i,j=0}^{2^s-1}$ ,  $a_{i,j} = 0, 1, \dots, 255$  – цифровое изображение. Введем на множестве всех цифровых изображений размера  $2^s \times 2^s$  семейство операторов усреднения  $\{\Psi_n\}_{n=0}^s$ :

$$\Psi_n(A, m, k) = \frac{1}{4^{s-n}} \sum_{i=0}^{2^{s-n}-1} \sum_{j=0}^{2^{s-n}-1} a_{m+i, k+j},$$

где  $+$  – операция двоичного покомпонентного сложения. При этом  $\Psi_n(A)$  будем называть изображением ранга  $n$ , а под слоем изображения порядка  $n$  будем понимать:

$$\begin{cases} L_n(A) = \Psi_n(A) - \Psi_{n-1}(A), n = 1, \dots, s \\ L_0(A) = \Psi_0(A). \end{cases}$$

Было показано, что любое цифровое изображение может быть представлено в виде ортогонального разложения по слоям:

$$A = \sum_{k=0}^s L_k(A).$$

Каждый слой  $L_r$  определяется матрицей размерности  $2^r \times 2^r$

$$L_r = \begin{pmatrix} l_{00}^{(r)} & l_{01}^{(r)} & \dots & l_{0,2^r-1}^{(r)} \\ l_{10}^{(r)} & & & l_{1,2^r-1}^{(r)} \\ \vdots & & & \vdots \\ l_{2^r-1,0}^{(r)} & l_{2^r-1,1}^{(r)} & \dots & l_{2^r-1,2^r-1}^{(r)} \end{pmatrix}$$

и состоит из набора элементарных блоков

$$b_{k,m}^{(r)} = \begin{vmatrix} l_{2k,2m}^{(r)} & l_{2k+1,2m}^{(r)} \\ l_{2k,2m+1}^{(r)} & l_{2k+1,2m+1}^{(r)} \end{vmatrix}, \quad r = 1, 2, \dots, s.$$

Следует отметить, что сумма элементов блока нулевая, поскольку он был получен путем вычитания из него среднего значения по соответствующим элементам изображения ранга  $r$ .

Предлагаемый метод компрессии основывается на построении для каждого блока  $b_{k,m}^{(r-1)}$  прогноза  $\tilde{b}_{k,m}^{(r-1)}$  как некоторой функции  $P(C)$ , где контекст предсказания  $C = (c_0, c_1, \dots, c_7)$  – вектор, состоящий из окружающих обрабатываемый блок элементов изображения предыдущего ранга (рис.).

$c_0$	$c_1$		$c_2$
$c_7$	$l_{2k,2m}^{(r)}$	$l_{2k,2m+1}^{(r)}$	$c_3$
	$l_{2k+1,2m}^{(r)}$	$l_{2k+1,2m+1}^{(r)}$	
$c_6$	$c_5$		$c_4$

Рис.

На следующем этапе ищется блок, ближайший (в смысле расстояния Евклида) к предсказанному, но с дополнительным условием равенства нулю суммы его элементов. На завершающем шаге кодированию подлежат разности исходных и найденных блоков. При этом может использоваться любой из известных методов, например SPIHT.

Предварительные результаты показали целесообразность проведения работ в этом направлении. В настоящее время исследования ведутся в области поиска наиболее оптимального предсказателя.

УДК 681.518

**Д.Б. Борзов, Б.И. Аль-Мараят**

borzovdb@kursknet.ru, bker\_74@yahoo.com

*Курский государственный технический университет***МЕТОДИКА И УСТРОЙСТВО ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА  
РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАДАЧ**

В настоящее время широко применяется параллельная обработка задач на множестве процессоров. При этом часто возникает необходимость планирования размещения поступающих задач с последующей проверкой качества полученного размещения.

В данной работе предлагается методика и соответствующее устройство для проверки качества размещения задач на примере систем с матричной топологической организацией (мс).

Если исходное размещение некачественное (рис. 1а), то многократное (2-, 3-кратное) использование одних и тех же каналов связи (наложение, перекрытие) при прокладывании маршрутов межсоединений для разных пар взаимодействующих процессоров может привести к эквивалентному увеличению объемов передаваемой информации между некоторыми соседними процессорами. С другой стороны, при небольшом числе связанных задач возможна прокладка независимых непересекающихся маршрутов (рис. 1б). Однако длины маршрутов могут оказаться сравнительно большими, что также может привести к увеличению объемов передаваемой информации. Если при этом до маршрутизации выполнить субоптимальное размещение задач, то качество полученного варианта размещения будет высоким, так как все связанные задачи будут размещены максимально близко друг к другу в соседних процессорах (рис. 1в), а последующая маршрутизация по наиболее коротким маршрутам не приведет к их перекрытию.

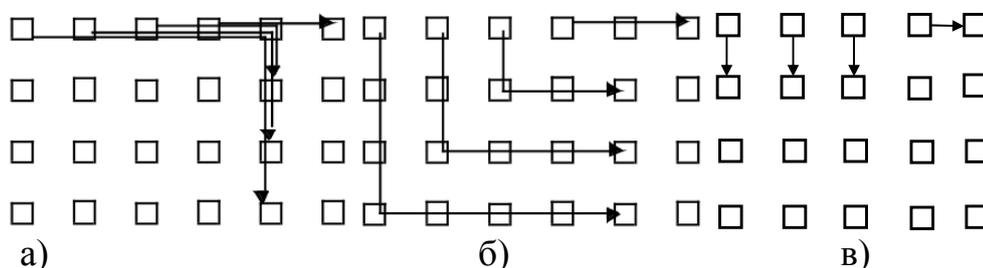


Рис. 1. Способ оценки и улучшения качества размещения:

- а – размещение с перекрытием маршрутов; б – прокладка непересекающихся маршрутов; в – размещение по соседним процессорам без пересечения маршрутов

Структурная схема устройства проверки качества размещения представлена на рис. 2. МС отображается однородной средой (ОС), управляемой с помощью внешнего устройства управления (ВУУ). При поступлении сигнала от ВУУ происходит формирование нового варианта размещения, после чего предлагаемое устройство оценивает его качество.

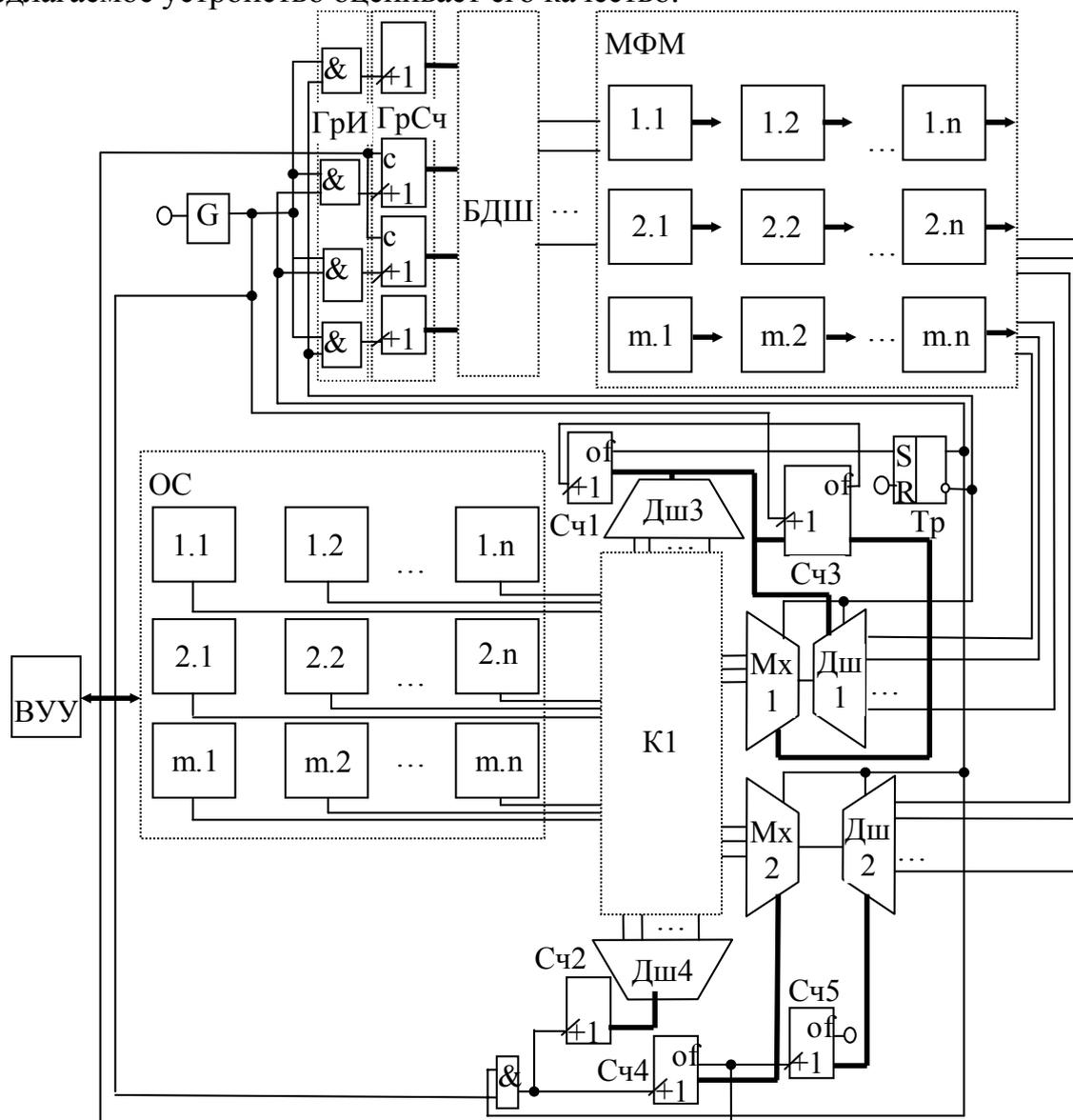


Рис. 2. Структурная схема устройства проверки качества размещения задач

Работа устройства делится на два этапа, что обеспечивается триггером Тр. На первом этапе происходит просмотр горизонтально зафиксированных дуг в модулях МС, а затем – вертикально зафиксированных дуг. Выбор и последовательный просмотр горизонтально зафиксированных дуг обеспечивают счетчики Сч1, Сч3, дешифратор Дш1, Дш3, мультиплексор Мх1 и матрица ключей К1. Просмотр соответствующих вертикально зафиксированных дуг обеспечивают счетчики Сч2, Сч4, Сч5, дешифраторы Дш2, Дш4, матри-

ца ключей К1 и мультиплексор Мх2. Блок дешифраторов БДШ, группа элементов И (ГрИ) с группой счетчиков ГрСч обеспечивает запись информации о просмотренных дугах в матрицу фиксированных модулей МФМ.

УДК 681.325.3

**А.И. Борисов, В.В. Гордиенко**

alm2006@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ КРИПТОГРАФИИ И СТЕГАНОГРАФИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ И ХАОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Существует несколько классов генераторов псевдослучайных последовательностей: линейные генераторы; конгруэнтные генераторы; регистры сдвига с линейной обратной связью; регистры Фибоначчи и Галуа; генераторы фрактальной последовательности (с использованием хаотических динамических процессов). На них основаны многие программные средства криптографической защиты информации.

Далее представлено несколько разработок, широко применяемых в практике.

Программа CryptoExpert 2008 Pro предназначена для шифрования личной информации.

Advanced Encryption Package 2008 Pro – программа шифрования файлов.

BestCrypt – программа для шифрования данных. Best Crypt создает дополнительный логический диск для хранения секретных данных, доступ к которому закрыт паролем.

Namachi – небольшая сетевая утилита, предназначенная для создания прямого соединения между двумя компьютерами через Интернет.

OpenVPN – это служба для построения безопасного зашифрованного канала между двумя системами по Интернету. Совместим со многими платформами, поддерживает динамические адреса и NAT.

Программные продукты подобного рода различаются по функциональному исполнению и поддерживаемым алгоритмам шифрования. Наиболее важными критериями оценки данных утилит является скорость и функциональная сбалансированность. Среди программных средств шифрования данных наибольшим спросом пользуются продукты с возможностью создания автономных подключаемых зашифрованных областей (например, в виде монтируемых виртуальных разделов). Как более скоростные в работе перспективны разработки с использованием шифрующих алгоритмов на основе хаотических генераторов.

Известные современные стеганографические методы подразделяются на: методы использования зарезервированных для расширения полей компьютерных форматов данных; методы специального форматирования текстовых файлов; методы использования известного смещения слов, предложений, абзацев; методы выбора определенных позиций букв (нулевой шифр); методы использования специальных свойств полей форматов, не отображаемых на экране; методы скрытия в неиспользуемых местах гибких дисков; методы использования имитирующих функций; методы удаления идентифицирующего файл заголовка; методы использования избыточности цифровых фотографии, цифрового звука и цифрового видео.

Далее представлен краткий обзор существующих стеганографических программ.

Steganos for Win95 – легкая в использовании мощная программа для шифрования файлов и скрытия их внутри BMP, DIB, VOC, WAV, ASCII, HTML – файлов. Contraband – программное обеспечение, позволяющее скрывать любые файлы в 24 битовых графических файлах формата BMP.

Jsteg – программа предназначена для скрытия информации в популярном формате JPG.

FFEncode – программа, которая скрывает данные в текстовом файле. Программа запускается с соответствующими параметрами из командной строки.

StegoDos – пакет программ, позволяющий выбирать изображение, скрывать в нем сообщение, отображать и сохранять изображение в другом графическом формате.

Wnstorm – пакет программ, который позволяет шифровать сообщение и скрывать его внутри графического файла PCX формата.

Наиболее востребованы в практике программы сокрытия информации в файлах фотографий и изображений, звуковых и видеофайлах. Для предварительного анализа и шифровки в них также возможно использование алгоритмов, основанных на хаотических динамических системах.

УДК 621.397

***В.А. Борисов, И.И. Сальников***

iis@pgta.ac.ru

*Пензенская государственная технологическая академия*

## **ПРОБЛЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ ОХРАНЫ**

Технические средства охраны (ТСО) являются эффективным дополнением к комплексу мер по охране правопорядка и обеспечению безопасности. Обычно ТСО состоят из множества активных и пассивных датчиков, расположенных на некотором удалении друг от друга. При срабатывании одного из датчиков известно, что ситуация, требующая внимания оператора, воз-

ника в районе действия данного датчика. Более конкретную информацию с места события может дать применение приборов, измеряющих расстояние до нарушителя, что особенно актуально в системах охраны периметра.

Одним из основных преимуществ ТСО на основе телевизионных датчиков – это получение визуальной информации с места регистрации нарушения в виде изображения, которая представляет собой двумерную проекцию (видеоизображение) объектов, находящихся в объемной зоне, воспринимаемой видеокамерой. Видеокамеры, обычно используемые в ТСО, имеют решающую способность, достаточную для обработки изображений объектов, находящихся на расстоянии, ограниченном десятками метров. В системах охраны нет необходимости в высокоточных измерениях и не желательно повышение сложности системы и как следствие – снижение надежности.

Определить расстояние до объекта можно без применения специализированного оборудования, установив видеокамеру под углом к поверхности, за которой ведется наблюдение. На рисунке показан пример организации подобной системы. Видеокамера установлена на высоте  $h$  над плоскостью охраняемой поверхности и под углом  $\alpha$  к восстановленному к поверхности перпендикуляру.  $AC$  – часть поверхности, на которой возможно определение расстояния.

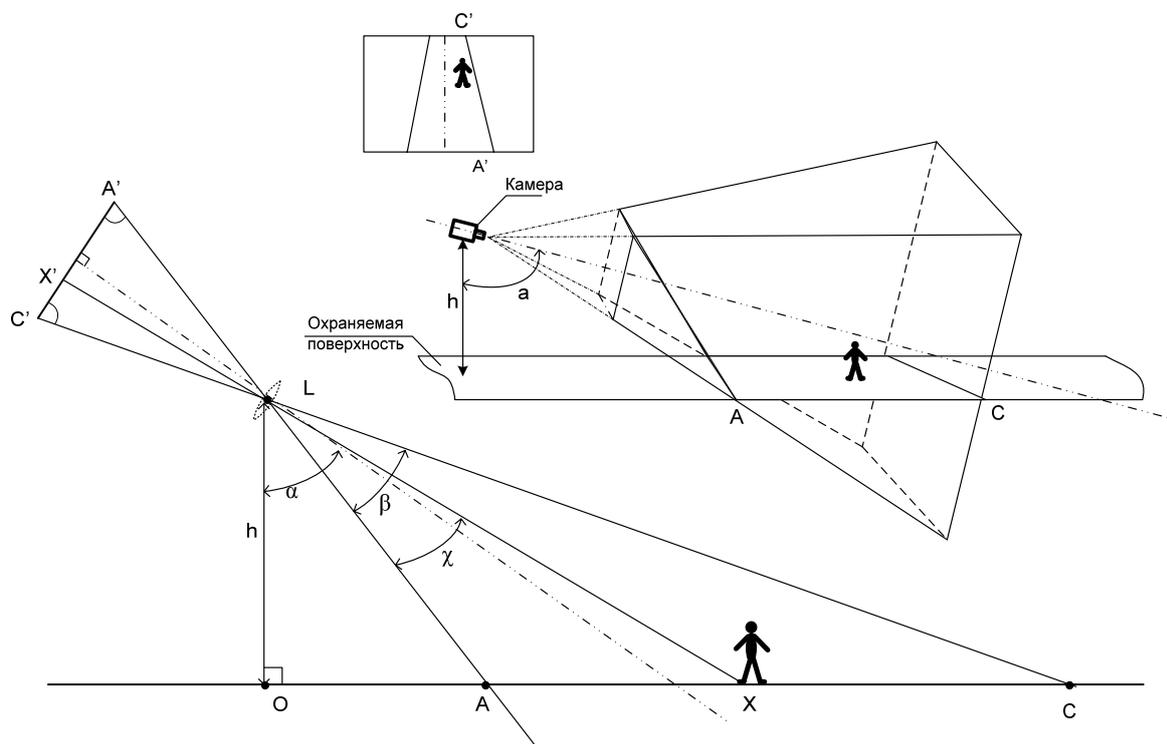


Рис. Расположение видеокамеры под углом к поверхности:  
 $AC$  – участок охраняемой зоны, попадающий в обзор видеокамеры;  
 $A'C'$  – соответствует матрице видеокамеры;  $OX$  – расстояние  
 от места установки видеокамеры до нарушителя;  
 $h$  – высота установки видеокамеры;  $\alpha$  – угол установки видеокамеры;  
 $\beta$  – угол обзора видеокамеры, по вертикали

В данном способе необходимо, чтобы объект касался поверхности и точка соприкосновения была определена. Этим условиям удовлетворяют алгоритмы обнаружения движения. Например, если при вычитании соседних кадров обнаружен контур движущегося объекта, то расстояние от нижнего края изображения до нижней точки контура  $A'X$  (в области  $A'C'$ , рис.) будет пропорционально расстоянию от точки  $O$  до точки соприкосновения объекта с поверхностью.

$$OX = h \cdot \operatorname{tg} \left( \alpha - \frac{\beta}{2} + \arcsin \left( \frac{A'X \cdot \sin \left( \frac{180 - \beta}{2} \right)}{\sqrt{\left( \frac{\sin \left( \frac{180 - \beta}{2} \right) \cdot A'C'}{\sin \beta} \right)^2 + A'X^2 - 2 \left( \frac{\sin \left( \frac{180 - \beta}{2} \right) \cdot A'C'}{\sin \beta} \right) \cdot A'X \cdot \cos \left( \frac{180 - \beta}{2} \right)}} \right) \right).$$

В данном методе необходимо выделить ряд параметров, влияющих на работу системы, зависящих от конструкции объектива, фокусного расстояния, размера матрицы видеокамеры и т.п. В реальных условиях эти параметры известны, расчеты можно свести к формулам, удобным для аппаратной или программной реализации. Таким образом, в ТСО на основе видеодатчиков можно реализовать измерение параметров, связанных с координатами объекта, с заданной точностью, без применения дополнительного оборудования.

УДК 621.397.01

**А.А. Брянцев**

atr\_art@rgta.ryazan.ru

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

## **ВЕЙВЛЕТ-ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Производство металлокерамических изделий является многоэтапным процессом. В частности, производство герконов включает нарезку и пресовку контакт-деталей, запаивание выводов геркона в стеклянную трубку в вакууме или в атмосфере инертного газа и т.д. Геометрические и электрические параметры геркона, а также его долговечность зависят от качества выполнения всех этапов технологического процесса. Таким образом, необходимо организовать постоянный контроль качества как на отдельных этапах изготовления, так и для готовых изделий.

Одной из важных характеристик разработанной системы технического зрения (СТЗ) контроля производства металлокерамических изделий является точность оцениваемых параметров изделий (производства). Точность оценок в СТЗ зависит от качества обрабатываемых изображений, на которое влияют выбор видеодатчика и производственные условия (запыленность, освещенность, вибрации и т.д.). Применяемые в СТЗ видеодатчики и сложные производственные условия приводят к появлению на изображениях шума, в котором превалирует мультипликативная составляющая.

Одним из вариантов повышения качества изображений является замена в СТЗ использующихся компонентов (видеодатчик, система освещения) на компоненты с более высокими эксплуатационными характеристиками. Недостатком этого варианта является большая стоимость модифицированных СТЗ, что ограничивает их продвижение на рынке.

В докладе рассматривается другой подход к решению данной проблемы, который предполагает цифровую фильтрацию изображений с использованием вейвлет-преобразования. Приводятся результаты исследований, которые показывают, что использование вейвлет-фильтрации для изображений, искаженных мультипликативным шумом, дает лучшие результаты по сравнению с другими видами пространственной фильтрации. Перед проведением вейвлет-фильтрации предлагается использовать алгоритм предварительной текстурной сегментации, основанный на выделении однородной и неоднородной текстур, а также перепадов яркости. Для определения типа текстуры изображения используются локальные коэффициенты вариации, вычисляемые в пределах небольших окон и являющиеся индикаторами однородности изображения. Для каждого из сегментов (множеств точек) по критерию  $\chi^2$  определяется вид закона распределения. Вейвлет-базис выбирается на основе результатов, полученных автором для комбинированной фильтрации зашумленных изображений. Точки из однородной текстуры после обработки усредняющим фильтром объединяются с множеством точек из областей с перепадами яркости и образуют множество условно-неискаженных точек изображения.

Изображения, получаемые в СТЗ на разных этапах производства, необходимо хранить в базе данных, вследствие чего возникает задача сжатия зашумленных изображений. Известны алгоритмы вейвлет-кодирования EZW, JPEG2000, SPIHT, основанные на приравнивании к нулю незначимых вейвлет-коэффициентов (т.е. оказавшихся в нулевой зоне). Данное обстоятельство позволяет частично подавить шум, если ширина нулевой зоны, определяемая степенью сжатия, согласуется с интенсивностью шума. В противном случае вейвлет-кодек вносит существенные дополнительные искажения и снижает эффективность предварительной фильтрации.

Для разработки кодера и декодера предлагается использовать данные, полученные на этапе предварительной сегментации. Главная идея заключа-

ется в сохранении полученных оценок условно-неискаженных точек неизменными на всех стадиях кодирования зашумленного изображения и восстановления оригинала. Подавление шума в точках из неоднородных областей происходит в декодере, ускоряя тем самым процесс передачи потоков бит в базу данных СТЗ.

Приводятся результаты статистического моделирования и производственных испытаний разработанной СТЗ контроля металлокерамических изделий, показывающие эффективность предложенных алгоритмов на основе вейвлет-пакетного метода SPIHT.

УДК 681.5.01

***Е.И. Бугаенко***

Elena.Bugaenko@gmail.com

*Курский государственный технический университет*

## **СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Одна из пользовательских функций фото- и видеокамер заключается в возможности формирования панорамных изображений. Распространенными способами реализации данной функции являются: использование для получения панорамных снимков линз с широким углом обзора, а именно линз «fish-eye»; программное соединение нескольких изображений, которые имеют одинаковые области при помощи аффинных или других преобразований на плоскости или в пространстве.

Эти способы имеют ряд недостатков. Например, для получения панорамных изображений с помощью линз с широким углом обзора требуется их введение в объективы фото- или видеокамер, если же используют готовое оптическое устройство с линзами «fish-eye», но оно, как правило, имеет большие массо-габаритные характеристики и не всегда удобно в эксплуатации, также требуются определенные навыки работы с этим устройством.

Программные способы получения панорамных изображений не всегда учитывают влияние оптических аберраций на изображения, являющиеся составными частями панорам.

Исходя из этого, качество панорамного изображения, полученного в результате соединения различных кадров, можно повысить с помощью коррекции аберраций. Наибольшие искажения в изображения вносит радиальная дисторсия. Вследствие ее влияния прямые линии искривляются, в результате чего нарушается подобие между объектом и его изображением. Задача коррекции радиальной дисторсии является особенно важной при формировании панорамных изображений, так как перед этапом соединения нескольких изображений на них находят одинаковые области, используемые

для определения точек совмещения, а из-за влияния этой аберрации области искажаются, и точность сопоставления одинаковых областей снижается.

Предлагаемый способ формирования панорамных изображений состоит из следующих этапов:

1. Получение изображений, имеющих общие области. Изображения регистрируют с помощью цифровых камер.

2. Автоматическое выделение контуров объектов. Производится стандартным оператором, например, оператором Лапласа. Затем изображения бинаризируются.

3. Определение множества идентичных контуров на полученных изображениях.

4. Выбор двух калибровочных контуров из множества идентичных – для двух изображений выбирается контур, присутствующий и на первом и на втором изображениях.

5. На каждом калибровочном контуре выбирается центральная точка, являющаяся центром тяжести, точки начала и конца контура.

6. Вычисление коэффициента радиальной дисторсии.

7. Автоматическая коррекция радиальной дисторсии на всех используемых изображениях. Коррекция происходит путем расчета истинных координат всех точек для каждого изображения, используя формулу, и восстановления истинных положений этих точек:

$$\begin{pmatrix} \Delta x_r \\ \Delta y_r \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} x (k_1 r^2 + k_2 r^4 + \dots + k_n r^{2n}) \\ y (k_1 r^2 + k_2 r^4 + \dots + k_n r^{2n}) \end{bmatrix},$$

где  $(\Delta x_r, \Delta y_r)$  – отклонение точки изображения от ее истинного положения – положения, которое занимала бы точка при отсутствии радиальной дисторсии;  $k_1, k_2, \dots, k_n$  – коэффициенты радиальной дисторсии;  $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$  – расстояние от центра кадра до точки с координатами  $(x, y)$ .

8. Вычисление углов поворота и расстояний, на которые требуется сместить или перенести одно изображение относительно другого для получения панорамного.

9. Осуществление переноса и/или смещения одного изображения относительно другого на рассчитанные в пункте 9 величины.

10. Соединение нескольких изображений, формирование панорамного изображения из нескольких составных частей.

В результате использования описанного способа повышается точность формирования панорамных изображений, которая достигается коррекцией радиальной дисторсии, а так же расширение области применения за счет возможности использования минимального количества перекрывающихся изображений.

УДК 621.397.01

**В.П. Будаков, Д.А. Ключиков**

*Московский энергетический институт  
(технический университет)*

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ, ЗАШУМЛЕННЫХ МУТНОЙ СРЕДОЙ, С ПОМОЩЬЮ НЕЙРО-СЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ**

С развитием спутниковых систем широкое распространение и большое разнообразие получили задачи, связанные с зондированием поверхности Земли и земной атмосферы. Удобство контроля состояния планеты из космоса невозможно переоценить: в течение нескольких дней, за которые спутник облетает поверхность Земли, мы получаем интересующую нас информацию по всей площади планеты. Как правило, одного лишь измерения сигнала бывает недостаточно – необходимы сложные математические модели и программы, основанные на таких моделях для дальнейшей обработки сигналов. Один из методов работы с полученным сигналом – его анализ с помощью искусственных нейронных сетей.

В настоящее время нейросетевые алгоритмы получили широкое распространение в различных областях науки, требующих адаптивности. Основное достоинство искусственных нейронных сетей (ИНС) – способность обучаться на основе подаваемых на вход данных, как с участием «учителя» (т.е. такой функции  $F(\mathbf{x}, \mathbf{w})$ , которая оптимально в некотором статистическом смысле аппроксимирует ожидаемый отклик), так и без него.

В работе рассматривается задача распознавания образов через слой мутной среды, что является актуальной задачей атмосферной оптики. В данном случае применение распознавания посредством прямого сравнения с заложенным в память образом крайне затруднительно. Известно, что изображение искажается, будучи размытым сквозь толщу атмосферы. Также на его искажение может повлиять расфокусировка оптической системы и различные шумы, например импульсный, возникающий из-за коммутаций в электронной аппаратуре. В процессе работы в среде The MathWorks MATLAB были смоделированы процессы размытия, расфокусировки и зашумления изображения. Передаточные функции слоя мутной среды  $T_{MC}(\omega)$  и расфокусировки  $T_{PФ}(\omega)$  представляют собой не что иное, как частотные фильтры, поэтому, исходя из свойства свертки, они перемножаются в частотной области между собой и спектром исходного изображения:

$$g(\omega) = F(\omega)T_{MC}(\omega)T_{PФ}(\omega), \quad (1)$$

где

$$T_{MC}(\omega) = \Omega_{\omega z} \exp \left[ -\Lambda \varepsilon z \left( 1 - \frac{1}{\ln g} \frac{g^{\sqrt{\omega z(\omega z + 1)}} - 1}{\sqrt{\omega z(\omega z + 1)}} \right) \right], \quad (2)$$

$$T_{P\Phi}(v) = \frac{4}{\pi \gamma v} \int_0^{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{2}\right)^2}} \sin \left[ \gamma \left( \sqrt{1 - t^2} - \frac{v}{2} \right) \right] dt, \quad (3)$$

$v = \frac{f\omega}{\delta}$ ,  $\gamma = \beta\delta \frac{a}{f}$ ,  $\delta = \frac{2\pi a}{\lambda}$ ,  $\omega$  – пространственная частота;  $\Omega_{\omega z}$  – пространственный спектр распределения облученности источника подсветки объекта;  $z$  – расстояние до объекта наблюдения от оптической системы;  $\Lambda$  – альbedo однократного рассеяния;  $\varepsilon$  – показатель ослабления;  $g$  – средний косинус индикатрисы рассеяния;  $\beta$  – относительная расфокусировка;  $f$  – задний фокус;  $a$  – радиус выходного зрачка;  $\lambda$  – длина волны излучения.

Была создана нейронная сеть, обучающаяся на собственном опыте, имеющая в качестве целевого вектора массив, элементами которого служат несколько тест-объектов.

Выбранная нейронная сеть представляет собой сеть прямого распространения сигнала с обратным распространением ошибок, называемая также многослойным персептроном.

Обучив сеть на незашумленные изображения, а также на серию этих же изображений, но уже зашумленных и искаженных атмосферой, мы подаем на вход обученной сети любой из трех образов с любым набором параметров мутной среды и шумов с целью проверки работоспособности сети.

После проведения серии испытаний была оценена точность распознавания образов созданной сетью.

УДК 681.3

**А.Ш. Буреев, Ю.Ю. Липовцева, В.И. Сырямкин**

srain@sibmail.com

*Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов»*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ЧЕЛОВЕКА И РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ**

В лечебных учреждениях России уже давно назрел вопрос о необходимости массового использования компьютерных диагностических систем, обеспечивающих оперативный анализ состояния различных органов челове-

ка. Отечественные медицинские учреждения недостаточно обеспечены необходимым оборудованием, в том числе диагностическим.

В России существует разрыв в уровнях диагностики и лечения в ведущих медицинских центрах и в медицинских учреждениях регионального и местного уровня из-за различий в обеспеченности кадровыми и материальными ресурсами, что требует развития телемедицинских сетей.

На основании анализа известных медицинских диагностических систем, известных методик диагностики, имеющихся медицинских инструментов сформированы основные требования к структуре и техническим характеристикам интеллектуальных медицинских систем (ИНМС). Определены их необходимые функциональные элементы, включающие в себя устройство ввода изображения, видеокамеру, медицинский инструмент с устройством подсветки и источником питания, персональный компьютер, программное обеспечение, базы данных патологий органов человека. Обосновано применение методов технического зрения, проведена оценка их возможностей (на примере работы программ расчета текстурных, топологических и цветных характеристик органов человека) для проведения быстрого и качественного анализа исследуемых органов человека.

Оригинальность ИНМС заключается в алгоритмическом и программном обеспечении. Эффективность ИНМС определяется удобством и простотой в обращении, автоматизацией процесса диагностики.

Новизна ИНМС заключается в следующем:

- в совместном использовании специального световода (световолокна) в той части медицинского инструмента, которая непосредственно вводится в диагностируемый орган человека, а так же миниатюрной цветной телевизионной камеры;
- в конструктивном расположении на медицинском инструменте специального световода, позволяющего эффективно использовать ИК и стерилизовать инструмент;
- в структурной реализации ИК, позволяющей комплектовать медицинскую систему на стационарном персональном компьютере или на ноутбуке, включаемых в информационную сеть клиники; ИК на ноутбуке можно использовать для оперативной диагностики и лечения человека;
- в базе данных, обеспечивающей неискаженную запись и хранение цветных телевизионных изображений патологий органов человека;
- в специализированном диагностическом программном обеспечении на основе расчёта текстурных характеристик поверхности исследуемого объекта, позволяющем в автоматизированном режиме, реальном времени и с высокой вероятностью ставить диагноз заболевания человека.

### **Программное обеспечение ИНМС**

Программное обеспечение ИНМС реализует съём визуальной информации с цветной телевизионной камеры, фиксирующей изображение органа

человека, вывод получаемого видеопотока на монитор компьютера, захват интересующих кадров, обработку и последующее сохранение полученной информации в соответствующей базе данных пациентов, с возможностью автоматизированной постановки диагноза и возможностью отслеживания протекания различных патологий.

Данное программное обеспечение обрабатывает получаемое с видеокамеры изображение и передает его на монитор компьютера. Оно позволяет создавать учетные записи для каждого пациента в отдельности (ФИО, возраст, история болезни и т. д.) и хранить получаемые в процессе обследования изображения (фото или видео). Кроме того, возможна передача информации по сети Интернет, что делает данный прибор удобным для использования в сфере телемедицины.

Программа обладает интуитивно понятным интерфейсом и простотой в эксплуатации, что делает ее доступной к использованию практически любым медицинским работником.

Но основной особенностью программы является ее способность автоматически, с высокой вероятностью определять наличие патологии исследуемого органа, основываясь на изучении получаемого в процессе исследования изображения.

Отличительной особенностью программного обеспечения является тот факт, что оно, в отличие от многих аналогичных программ, является частью программно-аппаратного комплекса.

Для нормального функционирования программы необходимо наличие персонального компьютера типа IBM – PC со следующими характеристиками:

- процессоры Intel или AMD с частотой от 1000 МГц;
- минимальный объем оперативной памяти не менее 128 Мб;
- VGA видеокарта;
- цветной дисплей;
- видеокамера;
- устройство ввода видеоизображения;
- минимальный объем свободной на жёстком диске памяти не менее 300 Мб;
- клавиатура;
- манипулятор типа «мышь»;
- CD – ROM.

В дальнейшем планируется существенное расширение функций программного обеспечения – так, например, планируется добавить возможность заполнять и распечатывать анамнез больного, диагноз и программу лечения.

Также возможна адаптация программы под уже используемые в работе источники получения видеоизображения (видеокамеры, цифровые фотоаппараты).

УДК 50(075.8)

***В.Н.Бурмистров, Л.А.Желанова***

*Курский государственный технический университет*

## **ИННОВАЦИОННЫЙ АСПЕКТ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «КСЕ» В КУРСЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ**

Курс «Концепции современного естествознания» (КСЕ) представляет собой синтез достижений естественных и гуманитарных наук, указывает путь к пониманию природы, человека, как физической и духовной сущности, и общества. КСЕ являются обязательным компонентом подготовки специалистов не только гуманитарных, но и инженерных направлений для специальности «Защита информационных систем» и в этом их инновационный аспект как общеобразовательной дисциплины из цикла общих и математических дисциплин. Основное назначение КСЕ – повышение общекультурного статуса через ознакомление с естественнонаучной культурой. КСЕ охватывают широкий круг вопросов и являются концептуальным каркасом целостной естественнонаучной картины мира (ЕНКМ) для всего образования. Цель его – вовлечь студентов в творческий процесс самопознания, показать, что без привлечения науки невозможно понять своё предназначение на Земле, не игнорируя наличие многих непознанных и непонятных науке явлений. Системность изложения изучаемого материала, по замыслу разработчиков программы, исключает механическое соединение традиционных курсов физики, химии, биологии и экологии, но должно быть продуктом междисциплинарного синтеза на основе комплексного историко-философского, культурологического и эволюционно-синергетического подходов к современному естествознанию. В итоге физика возвышается до уровня науки об основах бытия и его становления в живой и неживой природе.

Концепция системного метода познания известна с глубокой древности и возникла как система научных знаний о закономерностях изучаемых явлений времён античности. У Платона его герой Тимей говорит о мировом теле как о живом организме. Развил этот метод и Аристотель, полагая, что «под элементами понимают предельные части, на которые делимы тела, но которые уже не делимы на другие, отличающиеся от них по виду». Речь идёт не о редукционизме сложных форм существования материи к физическим основам, а о принципах подхода к моделированию и освоению целостного мира человеком, сознающим себя неотъемлемой частью Природы. Иными словами, человек уже выступает не сам по себе, а как носитель определённой культуры при исследовании уникальных экспериментов с биосферой Земли, глобальных проблем всей цивилизации.

Кризис современной системы образования, являясь составной частью планетарного кризиса XX века, в немалой степени обусловлен узко дисциплинарными установками существующей системы обучения, отчуждением её гуманитарной и естественнонаучной компонент. Современное естествознание затрагивает не только собственно естественнонаучные проблемы, но и

гуманитарные, потому что в нём рассматриваются научные методы и пути познания человеком природы. Изучение этих путей составляет также предмет наук: философии и искусств – о мышлении и познании, творчестве, социологии – о развитии человеческого общества, психологии – о человеческом интеллекте и морали, и биологии – о живом веществе.

Естествознание является основой всякого знания – естественнонаучного, технического, гуманитарного. Понимал это единство и философ И. Кант, сказав: «Две вещи наполняют мою душу всё новым и растущим восхищением и благоговением по мере того, как задумываешься всё глубже и больше: звёздное небо надо мной и моральный закон во мне».

В настоящее время мы понимаем, что на фундаментальном уровне природа едина, границы в ней весьма условны, и науки, изучающие её, лишь отражают последовательное приближение коллективного разума человечества к истине наших представлений о мире. Нельзя постичь законы, управляющие жизнью (кстати, сегодня мы не можем объяснить это явление) и деятельностью человека, посредством знакомства лишь с функциями отдельных его органов, невозможно, изучая порознь отдельные естественные науки, познать природу как целое. Поэтому современное естествознание как совокупность наук само является интегративной целостной наукой. КСЕ отражают холистическую (целостную) основу взаимосвязи естественных и гуманитарных культур, способствуют формированию объективного мировоззрения студентов на природу внешнего и внутреннего мира человека. По существу, данный курс предопределяет диалог между субъектом-человеком и объектом-природой. Усвоение материала базируется на триаде – лекционных, семинарских занятиях, и самостоятельной реферативной работе. Характерно, что при этом субъекты педагогического процесса имеют возможность собственного выбора, например, темы реферата. Защита его основана на нелинейности образовательно-познавательного процесса, основанного на взаимодействии обучаемого и обучающего при изучении бесконечной «сущности познаваемого».

УДК 615.84

**И.И. Василишин**

decantss@gmail.com

*Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича*

**А.С. Ястребов**

*Архангельский государственный технический университет*

## **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СВЧ-ДИАПАЗОНА**

Одна из характеристик пространства над поверхностью планеты Земля – существующее электромагнитное излучение (ЭМИ) широкого частотно-

го диапазона в каждой его точке, при этом данное электромагнитное излучение является как генерированным техническими средствами человечества, т.е. искусственного происхождения, так и проникающим из космического пространства или возникающим вследствие атмосферных явлений, т.е. естественного происхождения.

Независимо от своего происхождения, ЭМИ отображает процесс испускания электромагнитных волн, а также само переменное электромагнитное поле этих волн. При движении зарядов с ускорением излучаются электромагнитные волны соответствующей энергии излучения, которые разделяются по диапазонам. В докладе из всех существующих приведены диапазоны излучения: ультрафиолетовый, видимый, инфракрасный, децимиллиметровый, миллиметровый, сантиметровый, дециметровый и метровый.

Диапазоны излучений объединены в две характерные области: оптическую и радио. Каждая из областей выполняет свои задачи и в каждой используются предназначенные для реализации этих задач полупроводниковые приборы, при этом следует учитывать, что каждое излучение может распространяться и в открытом воздушном пространстве, и в ограничивающей распространение среде, удовлетворительной для каждого диапазона излучения.

Одной из важнейших особенностей материалов, из которых изготовлены полупроводниковые приборы, является значительное изменение их характеристик под воздействием процессов, протекающих во внешней среде, окружающей полупроводник, например, при изменениях температуры, внешнего электромагнитного поля, освещённости, давления и иных. Следовательно, используя высокую чувствительность полупроводниковых материалов, может быть разработан класс приборов, а именно датчиков, регистрирующих соответствующие изменения во внешней среде. Другой класс полупроводниковых приборов, а именно излучатели, позволяет формировать ЭМИ оптического диапазона во внешней среде. Третий класс полупроводниковых приборов работает с излучением, аналогичным первым двум, но распространяющимся в закрытой среде, когда внешнее излучение является паразитным и его экранируют.

В докладе рассматривается взаимодействие основных классов полупроводниковых приборов и внешней среды. Особое внимание уделяется полупроводниковым преобразователям для экранирования помещений и защиты биообъектов от избыточного электромагнитного излучения. С позиций поставленной задачи авторы предполагают, что любое ЭМИ в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ) является побочным и предназначено для поглощения. Таким образом, предлагается постановка решения задачи, направленной на исключение дальнейшего распространения уже сформированного электромагнитного СВЧ-излучения, вошедшего в физическое соприкосновение с разрабатываемым поглощающим полупроводниковым преобразователем. Наличие же экранирующего материала в качестве покрытия позволяет достигнуть как экологической защиты биообъектов от избыточного электромагнитного излучения СВЧ-диапазона, так и приглушения распространения побочных информационных потоков.

УДК 681.5.62–5+681.5.681.3

**Э.И. Ватулин, Е.Ю. Кобзарь**

evatutin@rambler.ru

*Курский государственный технический университет*

## **АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА РАЗБИЕНИЙ С РОСТОМ РАЗМЕРА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ**

Одним из перспективных подходов к построению систем логического управления является их синтез в базе логических мультиконтроллеров. При этом возникает целый ряд задач, одной из которых является задача нахождения разбиения исходного параллельного алгоритма управления на множество взаимосвязанных блоков в соответствии с функциональными и структурными ограничениями. Задача относится к классу NP-полных и не может быть решена точно за приемлемое время для реальных алгоритмов управления размерностью порядка 100–1000 вершин, поэтому для ее решения известен ряд эвристических методов [1, 2], один из которых (параллельно-последовательный [3]) разработан с участием автора. Вызывает интерес сравнение качества разбиений, получаемых различными методами, что может быть реализовано с использованием разработанной программной системы РАЕ [4].

В результате вычислительного эксперимента с использованием выборок алгоритмов управления со случайной структурой (объем выборки – 300 алгоритмов) получены следующие зависимости среднего количества блоков (фактически – количества контроллеров в системе управления) в разбиении от размера алгоритма управления (рис.).

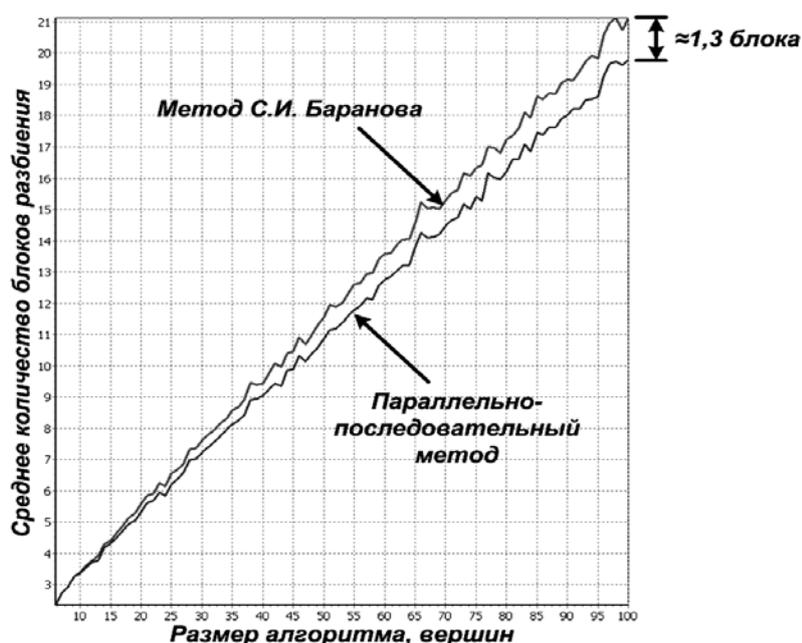


Рис. Зависимость среднего количества блоков от размера алгоритма

Вычислительный эксперимент проведен в условиях присутствия сильного ограничения  $W_{\max} = 4$ , время эксперимента – 4,5 часа.

Приведенные на рисунке зависимости являются практически линейными, что позволяет достаточно просто экстраполировать их на алгоритмы большей размерности. Так, если на алгоритмах средним размером 100 вершин количество блоков в разбиениях различается в среднем на 1,3 (6,5% от общего количества), то при рассмотрении алгоритмов управления из 1000 вершин это значение составит уже 13 и т.д.

Таким образом, представленные на графике зависимости позволяют сделать вывод о том, что параллельно-последовательный метод обеспечивает разбиения лучшего качества в условиях присутствия ограничений, причем полученные результаты можно экстраполировать на алгоритмы большей размерности.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Баранов, С.И. Метод представления параллельных граф-схем алгоритмов совокупностями последовательных граф-схем [Текст] / С.И. Баранов, Л.Н. Журавина, В.А. Песчанский // Автоматика и вычислительная техника. 1984. № 5. С. 74–81.

2. Закревский, А.Д. Параллельные алгоритмы логического управления [Текст] / А.Д. Закревский. Минск.: ИТК НАН Б, 1999. 202 с.

3. Ватутин, Э.И. Метод формирования субоптимальных разбиений параллельных управляющих алгоритмов [Текст] / Э.И. Ватутин, И.В. Зотов // Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО'04). М.: ИПУ РАН, 2004. С. 884–917.

4. Ватутин, Э.И. Программная система для построения разбиений параллельных управляющих алгоритмов [Текст] / Э.И. Ватутин, И.В. Зотов // Идентификация систем и задачи управления (SICPRO'06). М.: ИПУ РАН, 2006. С. 2239–2250.

УДК 681.5.62–5+681.5.681.3

**Э.И. Ватутин**

evatutin@rambler.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ОДНОРОДНАЯ СРЕДА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ДЕРЕВА ДЛЯ АППАРАТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ R-ВЫРАЖЕНИЙ**

Одной из основных тенденций развития современных систем логического управления (СЛУ) является широкое внедрение принципов параллельности и модульности. Параллельные модульные СЛУ, часто называемые ло-

гическими мультиконтроллерами (ЛМК), способны выполнять комплексные управляющие алгоритмы теоретически неограниченной сложности за счет их декомпозиции на компоненты, распределяемые между модулями. Построение ЛМК сопряжено с необходимостью решения ряда оптимизационных задач на дискретных структурах, особое место среди которых занимает задача выбора разбиения алгоритмов управления, решаемая в процессе их декомпозиции. В работе [1] подробно рассмотрен параллельно-последовательный метод решения указанной задачи, основанный на серии эквивалентных редукционных преобразований над  $R$ -выражениями [2] и ориентированный на программную реализацию. Как показано в [3], метод обеспечивает синтез разбиений более высокого качества по сравнению с известными аналогами, однако при этом требует больших временных затрат. С целью преодоления указанного ограничения, являющегося критичным при необходимости синтеза разбиений больших алгоритмов управления (1000 вершин и более) в жестких временных условиях, актуален перенос части операций с программного на аппаратный уровень.

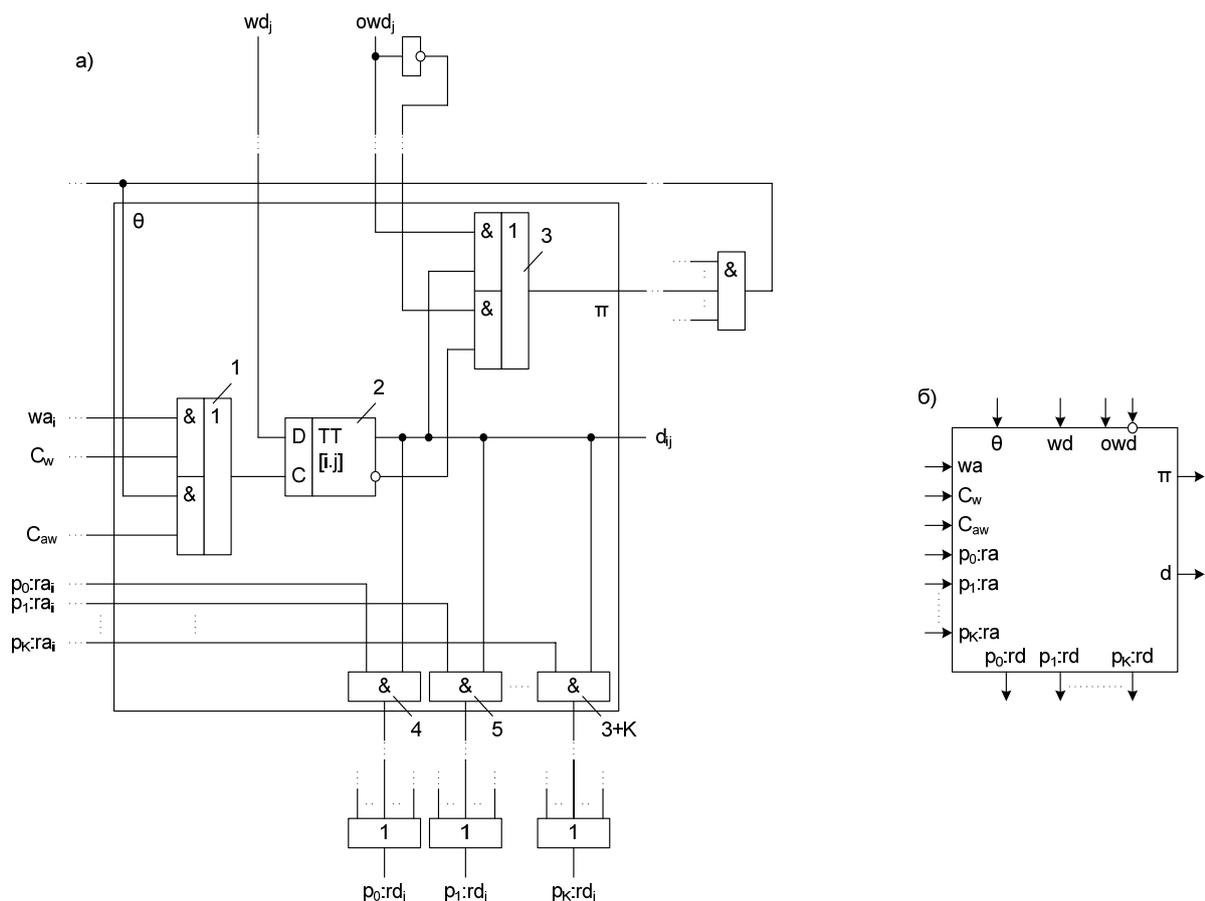


Рис. Ячейка ОСЭМД (а) и ее условное обозначение (б)

В данной работе рассмотрена однородная среда электронной модели дерева (ОСЭМД), используемая для хранения полей элементов табличного

представления  $R$ -выражения в виде дерева (по аналогии с [2]). Структура ячейки электронной модели дерева (ЯЭМД) и ее условное обозначение представлены на рисунке. Ячейки объединяются в однородную среду с  $N$  строками и  $M$  столбцами. Исходя из специфики операций, выполняемых над различными полями электронной модели дерева в процессе эквивалентных преобразований  $R$ -выражений, предлагаемая однородная среда обладает следующими возможностями:

- хранение информации с использованием синхронных двухступенчатых  $D$ -триггеров ячеек, срабатывающих по уровню синхросигнала;
- параллельное чтение данных из  $K$  портов чтения путем подачи битовых векторов адресов интересующих строк вида «0...010...0» (с единицей в  $i$ -й позиции, выбирающей интересующую строку) на входы  $p_0:ra, p_1:ra, \dots, p_k:ra$  среды и съема результата с выходов  $p_0:rd, p_1:rd, \dots, p_k:rd, p_k:rd_j = \bigvee_{i=1, \overline{N}} (p_k:rd)_{ij}, j = \overline{1, M}, k = \overline{1, K}$  ( $ra$  – сокращение от Read Address,  $rd$  – от Read Data);
- «прямое» (без коммутирующей логики) параллельное чтение данных с использованием выходов  $d_{ij}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$  ячеек среды;
- синхронная запись данных с использованием порта записи путем подачи адреса на вход  $wa$  и данных на вход  $wd$  по синхросигналу  $C_w$  ( $wa$  – сокращение от Write Address,  $wd$  – от Write Data,  $w$  – от Write);
- ассоциативная запись данных одновременно в несколько строк среды в соответствии с их текущим содержимым путем подачи данных «старой» строки на вход  $owd$ , данных «новой» строки на вход  $wd$  по синхросигналу  $C_{aw}$  ( $owd$  – сокращение от Old Written Data,  $aw$  – от Associative Write), при этом «новое» содержимое записывается только в строки, значение которых целиком совпадает со «старым» благодаря сигналам обратной связи строк среды  $\theta_i = \&_{j=1, \overline{M}} \pi_{ij}, i = \overline{1, N}$ .

## Библиографический список

1. Ватутин, Э.И. Метод формирования субоптимальных разбиений параллельных управляющих алгоритмов [Текст] / Э.И. Ватутин, И.В. Зотов // Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО'04). М.: ИПУ РАН, 2004. С. 884–917.
2. Ватутин, Э.И. Поиск базового сечения в задаче разбиения параллельных алгоритмов [Текст] / Э.И. Ватутин, И.В. Зотов. КурскГТУ. Курск, 2003. 30 с. Деп. в ВИНТИ 24.11.03 № 2036-В2003.
3. Ватутин, Э.И. Комплексная сравнительная оценка методов выбора разбиений при проектировании логических мультиконтроллеров [Текст] / Э.И. Ватутин, С.В. Волобуев, И.В. Зотов // Идентификация систем и задачи управления. М.: ИПУ РАН, 2008. С. 1917–1940.

УДК 656.816.3

**Г.В. Верхова, И.А. Глушанов, Б.В. Цыбаков**

galina500@mail.ru

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОХОЖДЕНИЯ ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RFID-ТЕХНОЛОГИЙ**

Проблема автоматического отслеживания почтовых отправок на любом этапе их продвижения от отправителя к получателю всегда была достаточно актуальной и включает в себя такие этапы, как хранение, учет, перемещение почтового отправления, определение местонахождения отдельных категорий отправок и др.

Задачами первостепенной важности являются полный контроль над потоками материальных ресурсов (почтовые отправления) и информации, а также эффективное управление этими потоками. В основе решения этих задач лежит автоматизация логистических процессов прохождения почтовых отправок.

Важнейшей проблемой информатизации является обеспечение точности и безопасности информации. К основным задачам, требующим эффективного решения, относятся проблемы электронной бесконтактной идентификации и учёта, так называемой радиочастотной идентификации (radio frequency identification, RFID).

В докладе рассматривается автоматизированная система идентификации, учёта и контроля логистических процессов прохождения простой почтовой корреспонденции с использованием RFID-технологий. Внедрение новой технологии позволит существенно повысить надёжность сортировки и учёта почтовых отправок, уменьшить сроки обработки, а, следовательно, улучшить показатели по срокам прохождения корреспонденции, а также позволит более тщательно вести контроль за почтовыми отправлениями, что улучшит качество предоставляемых услуг.

Предлагаемая технология автоматической идентификации на основе радиочастотных RFID-маркеров обладает рядом преимуществ по сравнению с другими технологиями идентификации и на сегодняшний день является оптимальным вариантом для почтовой связи.

Основным преимуществом радиочастотной идентификации является возможность получения и записи большего количества идентификационной информации об объекте на расстоянии до нескольких десятков метров.

Внедрение системы позволит качественно и в полном объёме снимать и добавлять информацию на почтовую емкость, а также сортировать почто-

вые отправления на автоматизированных линиях обработки без участия человека.

Использование данной технологии на предприятиях почтовой связи позволит:

- Автоматизировать учет почтовой тары и ёмкостей. В любой момент времени можно узнать, где находится та или иная тара или ёмкость. Инвентаризация тары или ёмкостей, находящихся на объектах почтовой сети, станет значительно более легкой и быстрой.

- Автоматизировать оформление документов на почтовую тару и ёмкости. Внедрение RFID-маркеров также позволит иметь полную информацию о почтовой таре или ёмкости и их содержимом.

- Контролировать перемещение почтовой тары и ёмкостей. В любой момент времени можно узнать, где находится определенная тара или ёмкость, проследить маршруты перемещения.

- Контролировать сроки доставки почтовых отправлений. Использование RFID-маркеров позволит точно контролировать сроки доставки почтовой тары и ёмкостей в пункт назначения.

- Совершенствовать процесс логистики. Поскольку на этапе формирования почтовых ёмкостей уже известен их пункт назначения, можно предусмотреть механизмы эффективного управления почтовыми потоками. Например, предусмотреть возможность оповещения о находящихся на складе почтовой таре и ёмкостях, достаточных для формирования контейнера или машины. Или предусмотреть возможность, которая исключит попадание в определенный контейнер почтовых ёмкостей, предназначенных для другого контейнера.

- Осуществлять сбор и использование статистических данных. Статистика, накопленная в процессе работы автоматизированной системы, позволит решить значительное количество задач, начиная с задач оптимизации почтовых потоков и заканчивая задачами постановки системы учета.

- Расширить набор предоставляемых услуг и сервисов. Использование RFID-технологии создаст основу для введения новых услуг и сервисов, а также повысит качество уже предоставляемых услуг.

УДК 621.397.01

***В.Г. Выскуб, И.В. Прудников***

*Институт государственного управления права  
и инновационных технологий, г. Москва*

## **КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

В основе комбинированной системы идентификации биометрических параметров лежит разработанный метод повышения точности системы идентификации биометрических параметров.

Разработанный метод включает специфичную процедуру получения машинных репрезентаций биометрического параметра и идентификационный алгоритм, использующий 2 однотипных устройства сравнения машинных репрезентаций. Указанная процедура, в отличие от стандартной, позволяет получить на выходе несколько машинных репрезентаций (вектор) входящего биометрического образца (с целью получить наибольшее количество информации). Алгоритм анализа репрезентаций использует 2 однотипных устройства сравнения для последовательного сравнения входящих репрезентаций с определенными условиями.

Область применения:

Любая биометрическая идентификационная система, использующая в качестве биометрического идентификатора отпечаток пальца.

Преимущества разработки:

Разработанный метод позволяет использовать существующий на сегодняшний день базис математических алгоритмов сравнения и построения репрезентаций без изменений. Используя существующие алгоритмы, путем применения разработанного метода можно повысить точность системы идентификации.

УДК 621.397

**В.Е. Гай**

iamuser@inbox.ru

*Муромский институт (филиал) Владимирского  
государственного университета*

## **МНОГОМАСШТАБНЫЙ ПОДХОД К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

В процессе оцифровки и передачи изображение подвергается действию различного рода помех. Когда искажение изображения обусловлено исключительно наличием аддитивного шума процесс искажения изображения записывается следующим образом:

$$g[x, y] = f[x, y] + e[x, y].$$

В [1] для восстановления изображений предложено использовать модель марковского случайного поля с фиксированной локальной областью. Модель задаётся множеством точек  $g = \{g[x, y]\}$ , множеством локальных областей точек  $N = \{n_{x,y}\}$  и множеством областей  $Z = \{z_{x,y}\}$ , каждая из которых для рассматриваемой точки изображения с координатами  $(x, y)$  включает саму точку и её локальную область. Принцип восстановления состоит в снижении энтропии условной плотности распределения вероятностей  $h(g|N = n)$

для каждой пары: «точка – локальная область». Это достигается изменением интенсивности каждой точки  $g[x, y]$  на основе алгоритма градиентного спуска. Алгоритм, описанный в [1], состоит из следующей последовательности шагов:

1. Вычислить для каждой области  $\{z_{x,y}\}$  исходного изображения  $g$  величину  $\frac{\partial h(g|N=n)}{\partial g[x, y]}$ .
2. Сформировать восстановленное изображение  $\hat{f}$ :  $\hat{f}[x, y] = g[x, y] - \lambda \cdot \frac{\partial h}{\partial g[x, y]}$  на основе алгоритма градиентного спуска.
3.  $g = \hat{f}$ . Выполнять шаги 1 и 2.

Используя предложенную концепцию адаптивной модели многомасштабного марковского случайного поля [2], можно модифицировать предложенный в [1] подход для восстановления изображений.

Предлагаемая модификация заключается в использовании вместо модели марковского случайного поля адаптивной модели многомасштабного марковского случайного поля. Адаптивное многомасштабное представление рассчитывается на основе одного из алгоритмов, предложенных в [3], а конфигурация локальной области вычисляется по критерию взаимной информации [4]. Предполагается, что использование описанной модификации позволит улучшить качество восстановления изображений.

Таким образом, предлагаемый алгоритм восстановления изображений состоит из следующих шагов:

1. Построить адаптивную последовательность приближений  $L_a$ .
2. Восстановить последний элемент последовательности приближений на основе адаптивной модели марковского случайного поля:  $\hat{L}^N = REC[L^N]$ .
3. Восстановить остальные элементы последовательности приближений с применением адаптивной модели многомасштабного марковского случайного поля и рассмотренного алгоритма.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Awate, S. P. Unsupervised, information-theoretic, adaptive image filtering for image restoration [Text] / S. P. Awate, R. T. Whitaker // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2006. Vol. 28. № 3. P. 1-13.
2. Гай, В. Е. Разработка математических моделей многомасштабного представления цифровых изображений [Текст] / В.Е. Гай // Системы управления и информационные технологии. 2007. N4.1 (30). С. 136-140.
3. Гай, В. Е. Адаптивный многомасштабный подход к представлению изображения [Текст] / В.Е. Гай // Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции студентов: Новые информационные технологии в научных исследованиях и образовании. Рязань: РГРУ, 2007. С. 161 – 163.

4. Гай, В. Е. Использование критерия взаимной информации в локальных алгоритмах обработки вейвлет – коэффициентов [Текст] / В.Е. Гай, А.Л. Жизняков // Инфокоммуникационные технологии. 2007. Т. 5. № 1. С. 12–17.

УДК 612.84

***С.М. Гвоздев, С.С. Гордюхина, А.А. Ливенцова***

GvozdevSM@mpei.ru, Anna\_alexh@mail.ru

*Московский энергетический институт (Технический университет)  
ООО «АЗ», ООО «ВНИСИ»*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ Пороговых характеристик органа зрения**

Зрительная информация или воспринимаемое изображение – это поток энергии, который дает нам световая среда. Пространственное и цветовое распределение яркости адаптируют человека на то или иное психофизиологическое состояние, что может благотворно влиять на здоровье человека. Новые светодиодные технологии позволяют путем регулирования яркости и цветности источника восстанавливать психофизиологическое состояние человека, создавая комфортную световую среду, что наиболее актуально для медицинских учреждений.

В настоящее время проектирование осветительных установок для медицинских учреждений в большинстве случаев ведётся с точки зрения удовлетворения нормируемым по ГОСТам показателям, а именно: минимальной горизонтальной освещенности, показателю дискомфорта и коэффициенту пульсации. Для проектирования освещения необходимо учитывать влияние цветности на психофизиологическое состояние человека. Разнообразные исследования влияния цветосветовой среды на здоровье показали, что восприятие цвета можно оценить по трем основным факторам: биологическим, психофизиологическим и культурологическим.

Количественной оценкой, характеризующей цветное освещение, могут быть яркость адаптации и цветность и соответствующая им реакция органа зрения, определяемая цветовой контрастной чувствительностью. Следовательно, перед тем, как использовать цветное освещение, необходимо учесть психофизиологические и другие параметры восприятия цвета методом визуального тестирования.

Для решения этой задачи осветительные установки должны иметь регулировку цветности излучения (координат цвета) в пределах треугольника, вершинами которого являются основные цвета: красный, зелёный и синий. Необходи-

мо, чтобы характеристики световых приборов удовлетворяли нормируемым значениям. Источники света выбираются таким образом, чтобы в точности воспроизводить заданные координаты цветности и яркости в зависимости от результатов психофизиологического тестирования.

Результаты тестирования используются для проектирования и расчёта в программных средствах значений освещенности в помещениях медицинских палат, с учетом регулирования значения светового потока в зависимости от цветности освещения и получаемой яркости окружающих поверхностей помещения (рис.).

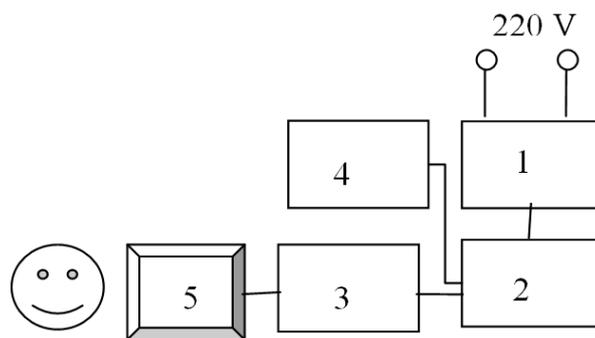


Рис. Блок-схема системы установки регулируемого освещения:  
1 – вторичный источник питания; 2 – кросс-плата с 10-ю управляемыми внутренними источниками питания, каждый из которых может управлять 36 светодиодами; 3 – вычислительный блок; 4 – светодиодный светильник; 5 – монитор

Перед регулированием освещения наблюдателю предлагаются психофизиологические тесты или тест, в одном из которых наблюдателю предлагают установить яркость в пяти квадратах так, что бы она равноступенчато по светлоте увеличивалась от первого квадрата к последнему. Данный эксперимент проводится при разных угловых размерах наблюдаемых объектов (в виде квадратов), цветах и яркостях фона.

Тестирование проводится при темновой адаптации, на фиксированном расстоянии от экрана, и наблюдатель находится в удобном положении.

Отличия полученных результатов от среднестатистических на определенных пространственных частотах при заданной яркости фона и его цветности определяют численный критерий, указывающий на физиологические отклонения.

Данные результаты тестирования обрабатываются, исходя из того, что орган зрения человека адаптируется на суммарную яркость и цветность. Затем находится различие между восприятием установленных параметров излучения: цветности и яркости, создаваемой источником, по сравнению со среднестатистическим здоровым человеком и человеком, у которого выявле-

ны отклонения цветовой контрастной чувствительности, определяющей психофизиологические отклонения:

$$\Delta S_R \cdot \Delta L_{ad\_R} + \Delta S_G \cdot \Delta L_{ad\_G} + \Delta S_B \cdot \Delta L_{ad\_B} = 0$$
$$\sum_n (L_R + L_B + L_G) = L_{\text{светильников}} = \text{const},$$

где  $\Delta L_{ad\_R}$ ,  $\Delta L_{ad\_G}$ ,  $\Delta L_{ad\_B}$  – пороговая разность яркости на заданной яркости адаптации для различных цветов;  $\Delta S_R$ ,  $\Delta S_G$ ,  $\Delta S_B$  – чувствительность на различных цветах;  $L_R, L_B, L_G$  – яркость светодиодов;  $n$  – количество светильников.

Устанавливая полученные значения регулировки яркости и цветности светодиодов для данного пациента на регулируемых светильниках, создаем ему наилучшие комфортные условия, что определяет саморегуляцию психофизиологического состояния организма человека.

УДК 612.84

**С.М. Гвоздев**

GvozdevSM@mpei.ru, Natacad@yandex.ru

*Московский энергетический институт (Технический университет)*

**Н.Д. Садовникова**

ООО «ВНИСИ»

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЦВЕТОВОГО ПРОСТРАНСТВЕННО-ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА ИЗОБРАЖЕНИЯ**

Для моделирования распознавания человеком-оператором зрительных образов необходимо знать характеристики органа зрения. Знание физиологии зрительной системы приводит к установлению численных критериев качества изображения, необходимого для распознавания. Одной из функций, позволяющей описывать восприятия изображения, является пространственно-частотная характеристика зрительной системы (зависимость контрастной чувствительности от пространственной частоты спектра изображения).

Для расчета преобразования визуальной информации оптической средой, оптико-электронными системами широко используется пространственно-частотный Фурье-анализ изображения. Психофизиологические исследования показывают, что зрительная система также может быть представлена как узкополосный фильтр пространственных частот, пространственно-частотная характеристика которого позволяет судить о возможностях получения визуальной информации человеком в заданных условиях. Для расчета

восприятия цветного изображения необходимо знать цветовую пространственно-частотную характеристику зрительной системы.

Для исследования цветовых пространственно-частотных характеристик был создан компьютерный тест, позволяющий определять цветовую контрастную чувствительность органа зрения на заданной пространственной частоте при необходимом уровне яркости адаптации. Для этого наблюдателю предъявлялся тест-объект с синусоидальным распределением яркости на одноцветном фоне заданной яркости. Методом пределов определялась яркость обнаружения объекта. Величина контрастной чувствительности рассчитывалась как обратный пороговый контраст обнаружения объекта на фоне. Цвет тест-объекта и фона задавался стандартной палитрой программы Corel Draw. Для определения яркости и координат цвета изображения проводилась предварительная градуировка мониторов компьютеров.

В результате проведенных исследований были получены кривые зависимости пороговой контрастной чувствительности органа зрения от пространственной частоты для трех одноцветных изображений с определенными координатами цветности. Измерения проводились в диапазоне частот 0,2-17,5 цикл/град. Максимальная контрастная чувствительность была получена при наблюдении красного изображения, минимальная – для синего изображения. Максимум чувствительности на всех цветах наблюдался в районе 1,5 цикл/град.

Так как пороговый контраст обнаружения зависит от цвета наблюдаемого объекта, то возникает необходимость установления величины порогового контраста для любого одноцветного изображения.

На основе полученных данных разработан метод расчета порогового контраста обнаружения одноцветного объекта с произвольными координатами цвета. Из значений пороговой яркости ( $L'_{nK}$ ,  $L'_{n3}$ ,  $L'_{nC}$ ) и удельных координат цветности ( $k_k, z_k, c_k$ ,  $k_3, z_3, c_3$ ,  $k_c, z_c, c_c$  соответственно) для трех цветов (определенных экспериментальным путем), при определенной яркости фона для выбранной пространственной частоты ( $\nu_1$ ), решая систему уравнений, получают значения пороговой яркости для основных цветов системы КЗС ( $L_{nK}$ ,  $L_{n3}$ ,  $L_{nC}$ )

$$\begin{cases} L'_{nK} = k_k L_{nK} + z_k L_{n3} + c_k L_{nC}, \\ L'_{n3} = k_3 L_{nK} + z_3 L_{n3} + c_3 L_{nC}, \\ L'_{nC} = k_c L_{nK} + z_c L_{n3} + c_c L_{nC}. \end{cases} \quad (1)$$

Рассчитав величину пороговой разности яркости изображения с произвольными координатами цветности ( $k, z, c$ ) для пространственной частоты  $\nu_1$  по формуле (2) получают значение порогового контраста на определенной пространственной частоте и яркости объекта.

$$\Delta L_{пор}(\nu_1) = kL_{nK} + zL_{n3} + cL_{nC}. \quad (2)$$

Человек может обнаружить объект только тогда, когда его видимый контраст больше или равен пороговому. Чтобы определить степень визуаль-

ного восприятия человеком изображения, предъявляемого на экране устройства визуализации, например мониторе компьютера, необходимо разложить это изображение в спектр с помощью прямого преобразования Фурье и сравнить видимый контраст на каждой пространственной частоте с пороговым для данного цвета. Объекты или детали, чей контраст меньше порогового, человек не увидит. Таким образом, можно, установив детали, которые необходимо увидеть для распознавания образа, увеличивать их контраст на экране устройства визуализации до необходимого уровня.

Использование цветовых пространственно-частотных характеристик зрительной системы и Фурье – преобразования изображения позволяют оценивать восприятие одноцветных объектов любой формы и цвета.

УДК 621.376 + 621.396.94

***С.И. Егоров, И.Н. Глухарев***

sie58@mail.ru, igvt@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **МЕТОД РАЗРЕШЕНИЯ ФАЗОВОЙ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ В ПРИЕМНИКЕ СИСТЕМЫ DVB-DSNG**

Предлагаемый РТСМ-декодер (Pragmatic Trellis Coded Modulation – практическая решетчатая кодовая модуляция) относится к системам телекоммуникаций и может найти применение в приемниках цифровой информации для исправления ошибок, возникающих в спутниковых каналах передачи информации, например, в системе DVB-DSNG (Digital Video Broadcasting – Digital Satellite News Gathering). Функциональная схема РТСМ-декодера приведена на рисунке.

В данной работе предлагается следующий метод разрешения фазовой неоднозначности в приемнике системы DVB-DSNG. Разрешение фазовой неоднозначности I,Q-сигнала на выходе I,Q-демодулятора приемника осуществляется в РТСМ-декодере в процессе его синхронизации с использованием свойств внутреннего (сверточного) кода, последовательности синхробайт и свойств внешнего (блочного) кода Рида-Соломона. Компенсация возможного фазового сдвига I,Q-сигнала осуществляется распределенно различными блоками устройства. Фазовый сдвиг для бит данных, закодированных сверточным кодом, компенсируется в блоке перестановки с инверсией мягких решений 2 и блоке кадровой синхронизации 9. Компенсация фазового сдвига для бит данных, не кодированных сверточным кодом, осуществляется компенсатором фазового сдвига в режимах 8PSK 12 или компенсатором фазового сдвига в режимах 16QAM 13 с использованием результатов работы декодера Витерби 3, блока синхронизации декодера Витерби 8 и блока кадровой синхронизации 9.

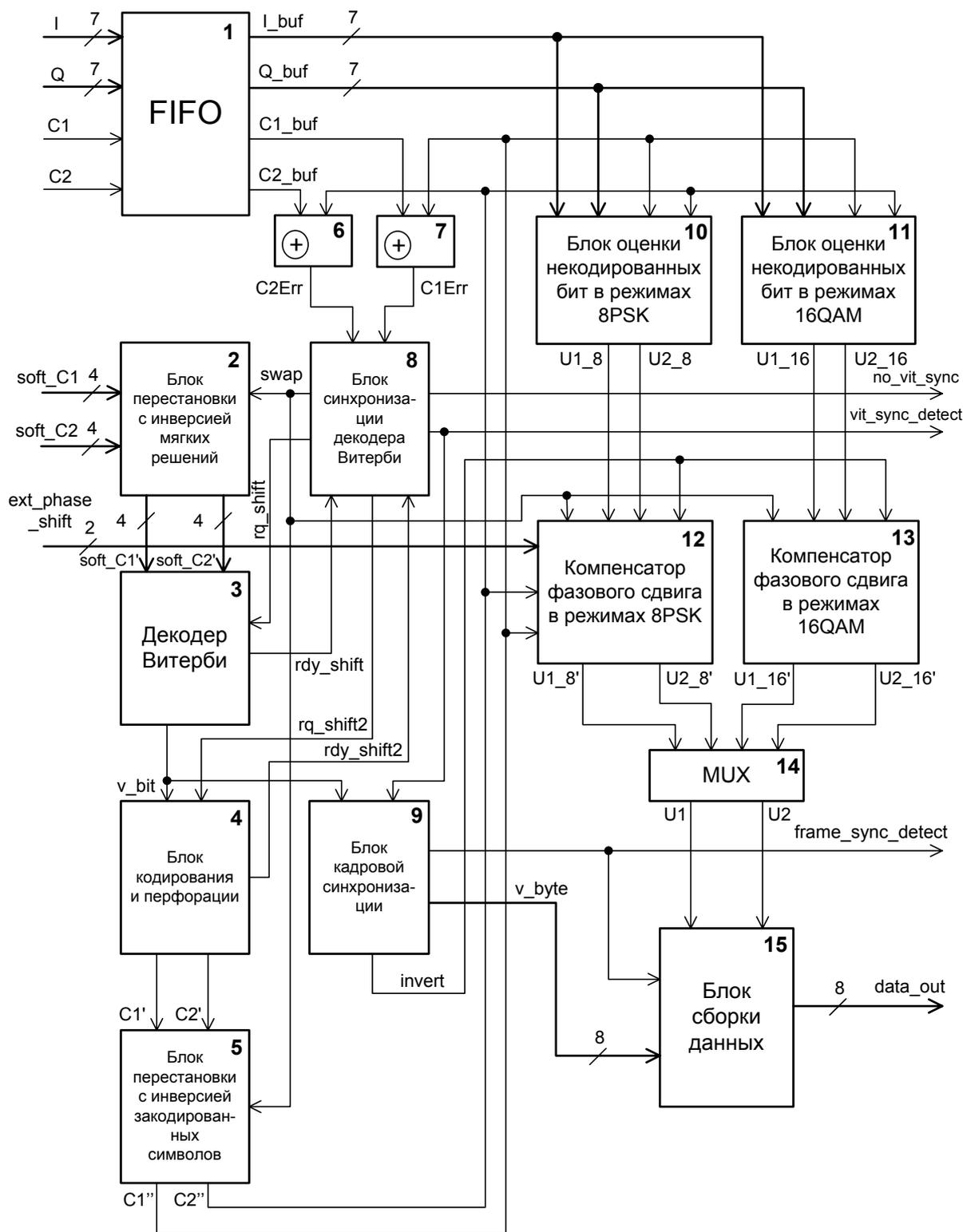


Рис. Функциональная схема RTCM-декодера

Предлагаемый RTCM-декодер по сравнению с известными устройствами обладает преимуществами, заключающимися в меньшей аппаратной сложности и меньшем времени установления синхронизации при инициализации устройства, а также при переключении потоков данных или режимов

кодирования и модуляции в условиях фазовой неопределенности I,Q-сигнала демодулятора.

УДК 681.518.5

**Е.В. Головенков, А.В. Медведев**

theaswert@yandex.ru

*Курский государственный технический университет*

## **СТЕНД ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО БОРТОВОГО КОМПЬЮТЕРА**

Автомобильные бортовые компьютеры (АБК) – устройства, которые позволяют обрабатывать сигналы, поступающие с различных датчиков и электронной системы управления двигателем (ЭСУД) автомобиля, и индцировать параметры движения автомобиля и ряд другой информации. На предприятии контроль работоспособности АБК проводится чаще всего с помощью специального стенда контроля, обеспечивающего формирование сигналов, аналогичных сигналам, получаемым от датчиков и ЭСУД.

Основной недостаток описанной системы диагностирования АБК – отсутствие автоматизации процесса контроля показаний прибора, так как выполнение всех операций от формирования тестовых воздействий и установления режима индикации до снятия показаний и оценки их правильности целиком ложится на плечи рабочего персонала. Данного недостатка лишен разработанный стенд для диагностирования автомобильного бортового компьютера (СД АБК), схема которого показана на рисунке 1.

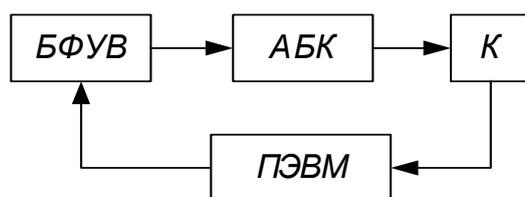


Рис. 1. Схема стенда для диагностирования автомобильного бортового компьютера

В состав СД АБК входит камера (К), персональная ЭВМ (ПЭВМ) и блок формирования управляющих воздействий (БФУВ).

Камера передает в персональную ЭВМ видеoinформацию в виде последовательности кадров изображения дисплея АБК. ПЭВМ по заранее определенному алгоритму распознает кадры изображения и принимает решение о правильности показаний АБК. БФУВ соединен с ПЭВМ по параллельному интерфейсу и предназначен для генерации сигналов, аналогичных сигналам, формируемым датчиками и ЭСУД автомобиля, для подачи их по от-

дельным линиям на входы внешнего разъема АБК. В функции БФУВ также входит выбор с помощью управляющих сигналов, подаваемых на АБК, требуемого режима индикации бортового компьютера для возможности снятия показаний с дисплея.

Алгоритм процедуры диагностирования АБК с помощью описанного стенда представлен на рис. 2.

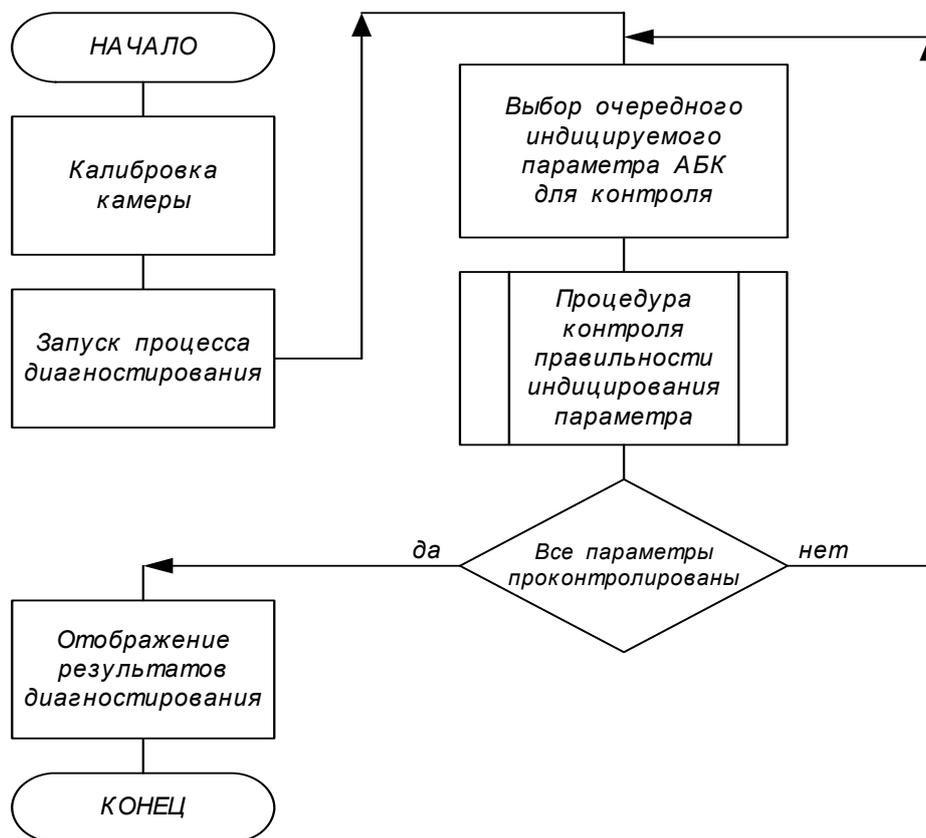


Рис. 2. Алгоритм процедуры диагностирования автомобильного бортового компьютера

Процедуры контроля правильности каждого индицируемого параметра АБК и отображения результатов диагностирования прибора выполняются программно с помощью ПЭВМ. Применение ПЭВМ в составе стенда позволяет последовательно проверить правильность индицирования всех параметров АБК, например, временных параметров, средней скорости поездки, пробега поездки, текущего расхода топлива, среднего расхода топлива, среднего расхода топлива за поездку, общего расхода топлива за поездку, уровня топлива в баке, температуры за бортом и т.п.

Достоинствами рассмотренного СД АБК являются высокая степень автоматизации процесса диагностирования устройства, возможность быстрого изменения и дополнения программы диагностирования в условиях совершенствования АБК, отображение процесса диагностирования в режиме реального времени на мониторе ПЭВМ с возможностью контроля со стороны оператора.

УДК 621.382(06)

**Д.А. Голубов, В.И. Иванов**

*Курский государственный технический университет*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РАДАРНОГО УРОВНЕМЕРА НА ОСНОВЕ ЛЧМ-СИГНАЛА**

Радарные измерения позволяют получить более высокую точность по сравнению с другими методами. В задачах дальнометрии, где требуется получить высокое разрешение, используются «сложные» сигналы, т. е. сигналы с комбинированной модуляцией. В работе исследованы условия для повышения точности измерения уровня жидкости с помощью радарных измерений.

В настоящее время в радарных системах контроля уровня применяется преимущественно непрерывное частотно-модулированное излучение (ЛЧМ). Эта технология реализует косвенный метод измерения расстояния до поверхности контролируемой среды (жидкости, сыпучего материала и т. п.). Уровнемер излучает микроволновый ЛЧМ-сигнал, частота которого с периодом  $T$  изменяется непрерывно по линейному закону между двумя значениями  $f_1$  и  $f_2$  (сплошная линия на рис. 1). Частота эхо-сигнала (пунктирная линия на рис. 1), сравнивается с частотой сигнала, излучаемого в данный момент времени. Значение разности частот прямо пропорционально времени задержки  $t_3$  эхо-сигнала, т. е. расстоянию до контролируемой поверхности. Для обработки эхо-сигналов применяется алгоритм преобразования Фурье. Результатом преобразования является низкочастотная часть спектра сигнала биений (СБ), в котором величина частотного сдвига пика пропорциональна расстоянию до источника эхо-сигнала от излучателя.

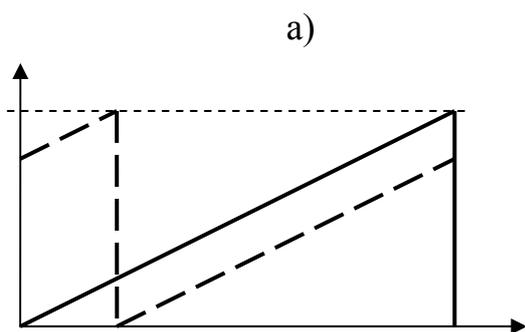


Рис. 1. Временная диаграмма частоты ЛЧМ-сигнала

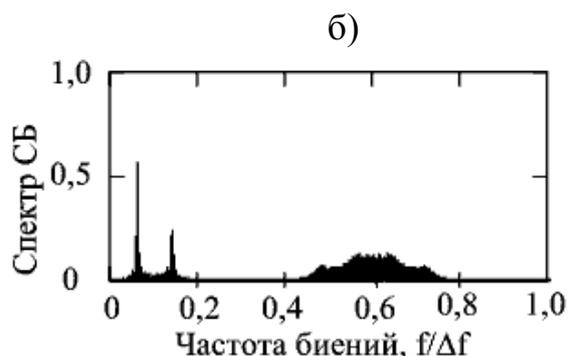


Рис. 2. Спектр сигнала биений без ограничения интервала измерений

Анализ эхо-сигнала на протяжении всего периода от 0 до  $T$  приводит к появлению ложного пика в спектре СБ, обусловленного наличием участка времени от 0 до  $t_3$ , на котором разность частот не соответствует расстоянию до отражающей поверхности (рис. 2). Чтобы устранить данный источник по-

грешности измерения, следует исключить из Фурье-анализа указанный интервал эхо-сигнала и использовать только отрезок  $t_3 \dots T$ . Для этого необходимо знать хотя бы приближенное значение  $t_3$ . Величину  $t_3$  можно оценить с помощью функции взаимной корреляции зондирующего и отраженного сигналов. Корреляционным устройством служат перемножитель, на который подаются принимаемый и опорный сигналы, и интегратор. Решение принимается по максимуму корреляционной функции (рис. 3).

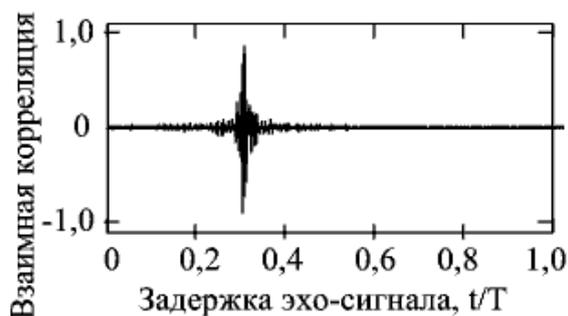


Рис. 3. Выходной сигнал коррелятора

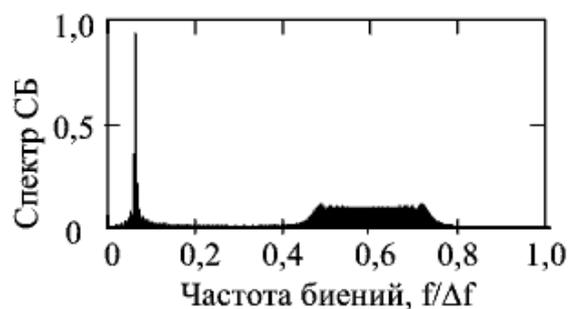


Рис. 4. Спектр СБ при ограничении интервала измерений

Как видно из рис. 4 в низкочастотном спектре СБ отсутствует ложный пик, что уменьшает вероятность появления больших ошибок при измерении уровня контролируемой поверхности.

Моделирование работы уровнемера проводилось с помощью программы Mathcad с применением методов цифровой обработки сигналов [1].

---

1. Иванов, В.И. Введение в цифровую обработку сигналов [Текст] / В.И. Иванов, В.С. Титов, А.С. Ястребов. Курск, 2007. 255 с.

УДК 37.01

**И.А. Гордеев**

*Курский государственный технический университет*

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ  
ВОЕННОСЛУЖАЩИХ, ПОДЛЕЖАЩИХ УВОЛЬНЕНИЮ  
С ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ**

В настоящее время переподготовка данной категории граждан России осуществляется в соответствии с положениями закона РФ «О статусе военнослужащих», постановлениями Правительства РФ (от 23.08.1993 г. № 844, от 23.10.1993 г. № 1081, от 25.11.1994 г. № 1300 и 22 01 1997 № 65, 5.06.1997 г. № 674, 3.02.1998 г. № 153), приказами по отдельным министерствам и ведомствам (Минобороны, Минздравсоцразвития, Минобразования).

Созданная в 90-е годы система переподготовки военнослужащих является одним из важнейших достижений не только в сфере социальной защиты уволенных из армии в период военной реформы и массового сокращения Вооруженных Сил, но и в социальной сфере общероссийского уровня.

К числу преимуществ созданной системы дополнительного обучения военнослужащих можно отнести:

1. Широкий диапазон предлагаемых вариантов переподготовки – от получения высшей квалификации в государственных образовательных учреждениях со сроком обучения 5-6 лет до краткосрочной переподготовки в течение 2-3 месяцев по рабочей специальности или использования еще более коротких курсов, семинаров и консультаций теми, кто готовится организовать или уже ведет собственное дело.

2. Создание, в конечном итоге, гибкой, социально ориентированной системы профессионального обучения, потенциально способной учитывать, с одной стороны, запросы самых различных категорий военнослужащих и членов их семей, с другой – потребности местных рынков труда.

3. Хорошая оснащенность региональных учебных центров. Наличие у них современной учебно-материальной базы, способной обеспечить проведение различных обучающих мероприятий с применением новых эффективных методик и технологий обучения.

Переподготовка и повышение квалификации военнослужащих может осуществляться в рамках лекционных и семинарских занятий, лабораторных практикумов, тренингов, стажировок на предприятиях, дистанционного обучения, а также при комбинировании вышеперечисленных технологий обучения.

Дистанционное обучение как вид открытого образования предусматривает, как известно, профессиональное обучение на расстоянии с использованием информационно-коммуникационных средств доставки к обучаемым учебных материалов.

Для России с ее территорией и, в частности, для российских военнослужащих, проходящих службу или проживающих после увольнения в запас в самых отдаленных местах за сотни километров от крупных образовательных центров, такой вид обучения особенно актуален. Потенциально он способен предоставить возможность любому военнослужащему независимо от места проживания, без отрыва от службы и работы, получить профессиональное образование с помощью ведущих университетов и институтов страны.

Постановлением Правительства РФ от 3.02.1997 г. № 153 определен ряд мер по использованию данной формы обучения в интересах профессиональной переподготовки военнослужащих, граждан, уволенных с военной службы, и членов их семей.

Практическая реализация проекта требует определенной насыщенности средствами информатики и телекоммуникации, включая компьютерные сети, Интернет, космическую связь.

Сегодня даже в самых крупных городах России не более 50 % военнослужащих имеют дома компьютеры, еще меньшая часть их подключена к Интернету. Одна из причин – низкий уровень материального обеспечения офицеров.

Необходимо считаться и с психологической проблемой. Офицеры запаса – это не дети, которые способны очень быстро усвоить все новое. Им необходимо перестроиться на новые формы общения с преподавателем, представления учебного материала, отчетности за его усвоение, привыкнуть к новым терминам типа «тьютер», «сайт», «вебстраничка» и т.п.

В этом направлении требуются глубокие исследования и большая подготовительная работа. Несомненно, дистанционное обучение уже через несколько лет станет обычной формой профессионального образования.

УДК 519.92

***И.М. Гостев, А.Г. Подгорбунский***

*Московский институт электроники и математики*

**МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО ПОТОКА  
МЕЖДУ ОБРАБАТЫВАЮЩИМИ УЗЛАМИ  
В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ  
СИСТЕМЕ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ**

При обработке непрерывного видеопотока графической информации необходимо решать несколько проблем. Во-первых, оценить быстродействие вычислительной системы, на которой производится такая обработка. Во-вторых, разработать специальные методы, которые обеспечат работу в реальном времени при непрерывном видеопотоке.

Интуитивно понятно, что при высоких скоростях графического потока с несколькими этапами его обработки невозможно обеспечить выполнение всех операций на одном компьютере. Необходимо строить процесс на основе распределенной вычислительной системы. В такой среде каждый из ее элементов будет выполнять свою операцию по обработке изображения и распознаванию образов. Управление всего процесса по обработке и распознаванию должно осуществляться одним контроллером, который будет распределять задания по вычислительным узлам системы, осуществлять контроль и синхронизацию их выполнения.

В такой системе каждый метод по обработке и распознаванию необходимо строить так, чтобы обеспечить выполнение операции при однократном проходе по изображению. Кроме того, методы (по возможности) не должны иметь параметров настройки процесса на изображение.

В известных работах была предложена идея построения распределенной системы обработки и распознавания изображений в реальном времени, основанной на принципах конвейера и нарезки потока на участки. При проведении последующих исследований возникла проблема распределения отдельных фрагментов потока по процессорам, на которых он должен обрабатываться. В теории параллельных вычислений известны несколько способов моделирования параллельных вычислений. Одним из них является представление процесса при помощи сетей Петри. В настоящей работе рассматривается еще один метод, основанный на применении ориентированных графов.

Методы распределения потока можно разделить на статические и динамические. В первом случае разбиение потока определяется на этапе начальной инициализации системы и далее остается неизменным. Для любого фрагмента потока можно заранее сказать, по какому маршруту он пройдет, и какими экземплярами каждого метода будет обработан. При динамическом способе расчета это определяется на стадии обработки. Статический подход имеет два основных преимущества и позволяет:

- снять с вычислительных узлов нагрузку по расчету маршрутизации фрагментов изображения на стадии выполнения;
- построить гораздо более эффективную и простую структуру для хранения фрагментов изображения в памяти каждого вычислительного узла.

Рассмотрим односвязный, ориентированный, ациклический граф, имеющий один исток и один сток, вершинами которого являются *экземпляры метода* или *узлы вычислительной сети методов*, а дугами – *каналы передачи потока*.

Вычислительная сеть методов будет удовлетворять следующим ограничениям:

- Каждому элементу *последовательности методов* соответствует один или несколько узлов, являющихся экземплярами этого метода. Совокупность этих узлов образует *ярус* сети, соответствующий данному методу цепочки.

- Все входные каналы данного узла соединяют его только с узлами яруса, соответствующего предыдущему методу цепочки. Все выходные каналы узла соединяют его только с узлами яруса, соответствующего следующему методу в цепочке.

- Первый ярус содержит единственный узел, соответствующий первому методу цепочки методов – методу загрузки (считывания) изображения, и не имеет входных каналов.

- Последний ярус содержит единственный узел, соответствующий последнему методу цепочки – методу сохранения (выдачи) результирующего изображения, и не имеет исходящих каналов.

Каждый метод имеет набор характеристик:

- Относительная вычислительная сложность процедуры

• Смещения по высоте ( $y^-, y^+$ ) означают, что для вычисления фрагмента  $I'[s_1, s_2]$  необходим фрагмент  $I[s_1 - y^-, s_2 + y^+]$ .

Рассмотрим алгоритм статического распределения потока. Пусть исходный поток представляет собой одно длинное изображение – «ленту». Фрагмент потока – непрерывный участок изображения, содержащий целое число строк. Промежуточные потоки состоят из последовательности фрагментов. Если поток состоит из фрагментов одинаковой длины, следующих через равные промежутки, то он может быть описан схемой потока.

Схема потока представляет собой тройку  $\langle S, L, P \rangle$ , где  $S$  – начальная строка первого фрагмента.  $L$  – длина каждого фрагмента в строках;  $P$  – промежуток от конца предыдущего фрагмента до начала следующего. Т. о.  $\langle S, L, P \rangle$  задает последовательность фрагментов

$$[S + (L + P) * i, S + (L + P) * i + L], i \in N_0.$$

Две схемы называются *смежными*, если поток, полученный слиянием двух потоков (состоящий из всех фрагментов первого и второго потока) также может быть задан схемой потока (такая схема называется *объединенной*).

Символом  $\aleph_i(\langle S, L, P \rangle)$  обозначается схема потока, скорректированная в соответствии со смещениями по  $y$  для  $i$ -ого метода (необходимого методу на входе, чтобы производить поток  $\langle S, L, P \rangle$  на выходе):  $\aleph_i(\langle S, L, P \rangle) = \langle S - y_i^-, L + y_i^- + y_i^+, P - y_i^- - y_i^+ \rangle$ .

### Простой равномерный алгоритм построения вычислительной сети методов

**Вход:** цепочка методов  $\langle M_1, \dots, M_N \rangle$ , относительные вычислительные сложности  $c_1, \dots, c_N$ , пропускная способность эталонного метода  $q_e$ , требуемая пропускная способность цепочки  $q$ .

**Выход:** Построенный граф вычислительной сети  $G = \{V, E\}$ , ребра и вершины которого размечены схемами потоков  $M \rightarrow \{\langle S, L, P \rangle\}$ ,  $M' \rightarrow \{\langle S, L, P \rangle\}$ .

**Шаг 1.** Для каждого  $i \in [1, N]$  определить ярус  $G_i = \{V_i, \emptyset\}$ , где  $V_i = \left\{ v_i^k \mid k = 1.. \left\lceil \frac{q_e}{q} c \right\rceil \right\}$  – набор упорядоченных узлов методов, являющихся экземплярами метода  $M_i$ . Положить  $V = \bigcup_{i \in [1, n]} V_i$ ;  $E = \emptyset$ . Приписать истоку схему потока  $\langle 0, L, 0 \rangle$ , где  $L$  – исходная длина блока, задаваемая контроллером потока на этапе конфигурации. Положить разметку  $M = \emptyset, M' = \{(v_1^1, \langle 0, L, 0 \rangle)\}$ ,

Для каждого узла  $v_i^k$  разметить его схемой

$$\left\langle \left[ \frac{k-1}{|V_i|} \right], \left[ \frac{k}{|V_i|} \right] - \left[ \frac{k+1}{|V_i|} \right], L - \left[ \frac{k}{|V_i|} \right] + \left[ \frac{k+1}{|V_i|} \right] \right\rangle$$

Для каждой пары узлов  $v_i^k$  и  $v_{i+1}^{k'}$ ,  $i \in [1, N-1]$ ,  $k \in [1, |V_i|]$ ,  $k' \in [1, |V_{i+1}|]$  в случае если  $M'(v_i^k) \cap \mathfrak{N}_i(M'(v_{i+1}^{k'})) \neq \emptyset$  добавить дугу между узлами:  $E = E \cup (v_i^k, v_{i+1}^{k'})$  и пометить ее схемой-пересечением:  $M = M \cup \{(v_i^k, v_{i+1}^{k'}), M'(v_i^k) \cap \mathfrak{N}_i(M'(v_{i+1}^{k'}))\}$ .

**Шаг 2.** Для каждого яруса  $V_i$ ,  $i = N, \dots, 2$  для каждого узла  $v_i^k \in V_i$ ,  $k \in [1, |V_i|]$

а) проверить, что объединенная схема выходов совпадает со схемой узла:  $\bigcup_{(v_i^k, v) \in E} \{M(v_i^k, v)\} = M'(v_i^k)$ . В случае, если это не так и объединенная схема *включает* схему узла, то вычислить множество недостающих схем  $\bigcup_{(v_i^k, v) \in E} \{M(v_i^k, v)\} \setminus \mathfrak{N}_i(M'(v_i^k))$ ;

б) удалить входные дуги, длина схемы которых меньше определенного порога и схемы этих дуг приписать дугам наибольшей длины, имеющим смежные схемы.

УДК 681.391

**О.Б. Графов**

olegraf@gmail.com

Курский государственный технический университет

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДЕКОДЕРА LDPC-КОДОВ

В разработанном ассоциацией IEEE стандарте IEEE 802.16e, рассчитанном на внедрение в городских распределенных (региональных) беспроводных сетях (WirelessMAN), используются короткие структурированные LDPC-коды.

Вычислительный алгоритм для коротких структурированных LDPC-кодов основан на одной из модификаций стандартного TPMP (Two-phase message-passing) алгоритма, в котором вычисления обеих фаз алгоритма слиты в одну фазу, что позволяет снизить расходы на память, и уменьшить аппаратную сложность LDPC-декодера. Алгоритм был модифицирован, учитывая структуру LDPC-кодов стандарта IEEE 802.16e, проверочная матрица которых состоит из единичных и нулевых матриц перестановки размерности  $Z \times Z$ . Приведем псевдокод алгоритма:

```

For j=1 to Nb do
    For j_z=1 to Z do
        Qj,j_z = Pj,j_z = λj,j_z
    For i=1 to Mb do

```

```

For i_z=1 to Z do
    For all k ∈ r[i,i_z] do
        Ri,i_z,k = 0
While k_iter < maxiter do
    For i=1 to Mb do
        For i_z=1 to Z do
            For all k ∈ r[i] do
                Ri,i_z,k = φ [ ∑ k ≠ k' ∈ r[i,i_z] φ(Qi,i_z,k'-Ri,i_z,k')] δi,i_z,k
                Pj,j_z = Pj,j_z + Ri,i_z,k
For j=1 to Nb do
    For j_z=1 to Z do
        Qj,j_z = Pj,j_z
        Pj,j_z = λj,j_z
k = k+1
end while
For j=1 to Nb do
    For j_z=1 to Z do
        If (Qj,j_z > 0) Δj,j_z = 1
    else Δj,j_z = 0

```

В псевдокоде используются следующие обозначения:

Nb – количество столбцов базовой проверочной матрицы кода [1];

Mb – количество строк базовой проверочной матрицы кода [1];

Z – размерность матриц перестановки (параметр масштабирования кода);

Q – память информационных сообщений;

P – буфер информационных сообщений;

R – память проверочных сообщений;

$\lambda_{j,j_z}$  – LLR (Log likelihood ratio, логарифмическое отношение правдоподобия) бита  $[j,j_z]$ ;

$r[i,i_z]$  – множество информационных вершин, связанных с проверочной вершиной  $i,i_z$ ;

maxiter – число итераций декодера;

$\varphi$  – логарифм отношений правдоподобия:  $\varphi(x) = \ln \frac{1 - e^x}{1 + e^x}$ ;

$\delta_{i,i_z,k}$  – знак сообщения  $R_{i,i_z,k}$ ;

$\Delta_{j,j_z}$  – жесткое решение для бита  $j,j_z$ .

Алгоритм можно условно разделить на 3 этапа: инициализация памяти, формирование сообщений и формирование выходных данных декодера.

На первом этапе память информационных (bit-to-check) сообщений Q и буфер P инициализируется значениями LLR, а проверочные (check-to-bit) сообщения инициализируются нулями.

Далее следует этап непосредственно декодирования, т.е. формирование сообщений. Для каждой проверочной вершины обрабатываются все связанные с ней информационные вершины. Вычисляется значение функции  $\varphi$

от разности текущего информационного и проверочного сообщения. Эти значения суммируются для всех информационных вершин проверочного сообщения из множества  $r[i, i_z]$ . Затем от суммы вычитается значение текущего проверочного сообщения на предыдущей итерации (extrinsic) и вновь вызывается функция  $\varphi$  от модуля этой разности. Это значение сохраняется в проверочном сообщении на текущей итерации и накапливается в буфере  $P$ . После обработки всех проверочных вершин необходимо сохранить значения буфера  $P$  в информационную память  $Q$ , а в память  $P$  вновь записать значения вероятностей правдоподобия LLR.

На последнем этапе формируются выходные данные декодера – жесткие решения.

УДК 378 (075.8):351.746

**А.В. Гривачев, Е.О. Островский**

*ФГУП «Курский НИИ» МО РФ*

## **ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В докладе приводится описание состояний отдельных объектов, структурно сложных объектов (ССО) и сложных динамических систем (СДС) с помощью количественных значений их структурных, пространственных и функциональных характеристик, которые изменяются во времени при переходе в более высокое состояние. Раскрывается значение задачи определения состояний объектов и систем различной сложности и способы ее решения.

Состояние ССО представляет собой совокупность существенных свойств, которыми они обладают в данный момент. Количественно состояние измеряется значениями множества различных параметров.

Изменение состояний ССО происходит вследствие перевода СДС в более высокое состояние. Данный процесс проводится организованно, по заранее разработанным планам, в результате чего действия на каждом ССО взаимосвязаны и подчинены глобальной цели. При этом образуется целостный динамический процесс, который носит закономерный характер.

Состояние СДС определяется значениями параметров всех ССО, входящих в ее состав в любое время  $t$ . Так как отдельные события малозначительны для определения состояния СДС, то целесообразно проводить объединение ряда событий на некотором временном интервале.

Изменение состояний каждого ССО происходит согласованно с изменением состояния СДС в целом. В связи с этим, как правило, несколько состояний каждого ССО в отдельности совпадает с одним из состояний СДС в целом. Таким образом, необходимо разработать методы определения состояний объектов.



УДК 378 (075.8):351.746

**А.В. Гривачев, Е.О. Островский**

ФГУП «Курский НИИ» МО РФ

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ ПОЛОЖЕНИЯ СРЕДСТВА КОСМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Свойства модели движения SDP4 космических аппаратов, используемой при решении задач прогноза возможностей средств космического наблюдения, обуславливают следующие точностные характеристики:

- точность определения времени наблюдения заданного района;
- точность определения трассы полета, зоны обзора;
- точность определения полос с заданным уровнем линейного разрешения.

Для оценки качества прогнозной модели положения средства космического наблюдения предлагается выполнение следующей последовательности операций:

1. Выбор эталонной модели движения и разработка алгоритма расчета зон наблюдения на ее основе.
2. Расчет отклонений, вызванных методическими ошибками модели прогнозирования (в сравнении с эталонной орбитой).
3. Расчет отклонений, вызванных «устареванием» исходных данных и модели движения с течением времени.
4. Расчет показателей качества функционирования алгоритма.

При заданной эталонной модели движения расчет отклонений, вызванных методическими ошибками модели прогнозирования, предлагается свести к следующим операциям:

– синхронное прогнозирование положения одного и того же космического аппарата на заданные моменты времени с использованием эталонной орбиты и модели SDP4 по имеющимся исходным данным. Попутно определяются моменты входа (выхода) в зоны наблюдения. В результате вычисляются отклонения декартовых координат:

$$\Delta x = x_{\text{э}} - x ; \Delta y = y_{\text{э}} - y ; \Delta z = z_{\text{э}} - z ,$$

где  $x_{\text{э}}, y_{\text{э}}, z_{\text{э}}$  – координаты эталонной орбиты;  $x, y, z$  – координаты исследуемой орбиты модели SDP4, и ошибки определения времени наблюдения

$$\Delta t_{\text{вх}} = t_{\text{вх}_{\text{э}}} - t_{\text{вх}} ; \Delta t_{\text{вых}} = t_{\text{вых}_{\text{э}}} - t_{\text{вых}} ,$$

где  $t_{вх\ominus}$  – время входа в зону наблюдения, вычисленное по эталонной моде-

ли;  $t_{вх}$  – время входа в зону наблюдения, вычисленное по модели SDP4;

$t_{вых\ominus}$  – время выхода из зоны наблюдения, вычисленное по эталонной моде-

ли;  $t_{вых}$  – время выхода из зоны наблюдения, вычисленное по модели SDP4;

– расчет ошибки трассы полета, то есть отклонения вдоль орбиты  $\Delta s$ , отклонения по высоте полета  $\Delta h$  и отклонения поперек плоскости орбиты  $\Delta z$  по полученным отклонениям координат  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ ;

– вычисление размеров эталонной  $\varphi_{3\ominus}$  и исследуемой  $\varphi_3$  зон обзора по формуле

$$\varphi_{si} = 90^\circ - \gamma_i - \arccos\left(\frac{r}{R_3} \cdot \sin \gamma_i\right);$$

– вычисление ошибки определения зоны обзора по формуле

$$\Delta\varphi = \varphi_{3\ominus} - \varphi_3;$$

– вычисление эталонной  $D_{\ominus}$  и исследуемой  $D$  дальности до объекта наблюдения;

– вычисление уровней линейного разрешения  $L_{\ominus}$  и  $L$  на местности;

– вычисление ошибки определения рабочих зон аппаратуры наблюдения по формуле

$$\Delta L_l = L_{\ominus} - L.$$

Основной трудностью для реализации приведенного алгоритма является выбор согласованных по времени начальных условий для эталонной модели движения и эпохи исходных данных для модели SDP4. Поэтому для повышения достоверности получаемых результатов желательно использовать исходные данные для обеих моделей с одинаковыми датами.

Расчет отклонений, вызванных «устареванием» исходных данных и модели движения с течением времени, позволят определить временной интервал «доверия» к результатам прогнозирования и вычислить соответствующие ошибки определения границ полосы обзора. Этот интервал можно определить опосредованно по интервалам обновления исходных данных в соответствующих источниках, поскольку они регламентированы технологическим циклом надежного сопровождения космических аппаратов наземными станциями слежения.

Для расчета требуются, как минимум, два последовательных набора исходных данных (двухстрочных элементов), определенных, соответственно, на моменты  $t_1$  и  $t_2$ , причем  $t_1 < t_2$ .

Тогда для расчета отклонений, вызванных «устареванием» исходных данных и модели движения, необходимо выполнить следующие операции:

– выполнение синхронного прогнозирования положения космического аппарата, начиная с момента  $t_3$  ( $t_2 < t_3$ ), по модели SDP4 с разными исходными данными и вычисление отклонения текущих координат  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ ;

– вычисление ошибок рабочих зон аппаратуры наблюдения  $\Delta L_2$  по аналогии с вышеописанным вариантом вычисления величины  $\Delta L_1$ .

Показателем качества функционирования алгоритма расчета зон наблюдения является максимальное отклонение рассчитанных значений линейного разрешения на местности от эталонных.

УДК 621.391.266

**Р.Г. Хафизов, Е.А. Григорьевых**

rts@marstu.mari.ru

*Марийский государственный технический университет*

## **СИНТЕЗ КВАТЕРНИОННЫХ КОДОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С РАВНОМЕРНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СПЕКТРОМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

При проектировании систем многоканальной передачи данных одной из важнейших задач является обеспечение исключения взаимного влияния между каналами, что может быть получено в том случае, когда сигнал на выходе разделяющего устройства приемника имеет достаточно узкий отклик или, в идеале, только один отсчет. Теоретически это достижимо при условии, когда энергетический спектр канальных сигналов является строго равномерным [1]. В работе [1] показано, что сигнал с равномерным энергетическим спектром в общем случае является комплекснозначным, и предложен подход к его синтезу, основанный на использовании композиционных комплекснозначных сигналов, то есть сигналов, полученных конкатенацией других сигналов. В данной работе предложен алгоритм формирования кватернионных кодовых последовательностей.

Пусть  $A_d = \{\alpha_d(r)\}_{0,s-1}$ ,  $d = 0, 1, \dots, s-1$ , – произвольные кодовые последовательности, входящие в состав композиционной кодовой последовательности  $Q_{A_0, A_1, \dots, A_{s-1}} = \{A_d\}_{0,s-1} = \{\alpha(n)\}_{0,s^2-1}$ , где  $\alpha_d(r)$  – элементы последо-

вательностей  $A_d$ , а  $\alpha(n)$  – эти же элементы, но уже в составе композиционной последовательности. Пусть последовательности  $A_d$  образуют алфавит сигналов, спектры которых не пересекаются, а объем алфавита составляет  $s$ . Данному условию отвечают кватернионные последовательности в виде элементарных кватернионных сигналов (ЭКТС), образующие ортогональный базис в  $s$ -мерном кватернионном пространстве

$$Q_m = \{q_m(n)\}_{0,s-1} = \left\{ \exp\left\{i \frac{2\pi}{s} mn\right\} (1+j) \right\}_{0,s-1}, \quad m = 0, 1, \dots, s-1.$$

Эти ЭКТС обладают следующими свойствами:

- 1) периодичности:  $Q_m = Q_{m \pm \alpha s}$ ,  $\alpha$ -целое число;
- 2) частичной сопряженности  $Q_m = Q_{s-m}^{(i^*, k^*)}$ ,  $m = 0, 1, \dots, s-1$ ;
- 3) эргодичности:  $\gamma_m(n) = \gamma_n(m)$ ,  $n, m = 0, 1, \dots, s-1$ .

Автокорреляционная функция ЭКТС есть также ЭКТС, а взаимно-корреляционная функция двух ЭКТС  $Q_m$  и  $Q_l$  везде равна нулю. Спектр  $P_m = \{\rho_m(n)\}_{0,s-1}$  элементарного КТС  $Q_m$  состоит из одной ненулевой составляющей, т.е.  $\rho_m(n) = s$  при  $n = m$  и  $\rho_m(n) = 0$  для всех остальных  $n$ .

Спектр композиционного КТС, полученного конкатенацией элементарных КТС с последовательным возрастанием индексов примет следующий вид:

$$\rho_{Q_0, Q_1, \dots, Q_{s-1}}(m) = \rho_{\delta_1}(m) = s \exp\left\{-i \frac{2\pi}{s^2} (m)_s m\right\} (1+j), \quad m = 0, 1, \dots, s^2 - 1.$$

Величина  $(m)_s$  равна тому значению  $n$ ,  $n = 0, 1, \dots, s-1$ , при котором составляющая  $\rho_m(m)$  ЭКТС  $Q_m$  не равна нулю. Из последнего выражения следует, что при  $m = 0, s, 2s, \dots, (s-1)s$  компонента спектра базового КТС строго вещественна и равна  $s$ . Отсюда же следует, что базовый КТС имеет равномерный энергетический спектр  $\left\{|\rho_{\delta_1}(m)|^2\right\}_{0,s^2-1} = \{s^2\}_{0,s^2-1}$ .

Композиционные КТС на основе базовых можно получить, проводя преобразования, не затрагивающие форму их энергетических спектров. Показано, что алфавит содержит  $\varphi(s)s$  композиционных КТС из полного семейства элементарных КТС с равномерным энергетическим спектром.

Композиционные КТС, имея дельтовидную циклическую АКФ и являясь оптимальными для решения задачи разрешения, не являются таковыми для задачи распознавания. Решение данной задачи возможно, например, при использовании структурного анализа композиционных КТС, основанного на свойстве ортогональности составляющих композиционные КТС элементарных КТС.

**Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 07-01-00058а).**

1. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов [Текст] / под ред. Я.А. Фурмана. М.: Физматлит, 2002.

УДК 621.375.8

**Н.С. Грушко, А.П. Солонин**

hatabovich@mail.ru

Ульяновский государственный университет

## ОСОБЕННОСТИ ПРЫЖКОВОЙ ПРОВОДИМОСТИ В НИТРИДГАЛЛИЕВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

Исследовались светодиоды (СД) InGaN/AlGaIn/GaN на стандартной подложке SiC [КРТ-1608 PBC(SMD)] с двумя квантовыми ямами (КЯ) и активным слоем  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  с  $x=0,2$ . Эксперименты показали выполнение закона Мотта в СД, созданных на основе гетероструктур InGaN/GaN, что говорит о наличии прыжковой проводимости:  $\sigma \sim \exp[-(T_0/T)^{1/4}]$ ,  $g(\mu) = \beta / kT_0 a^3$ ,  $T_0 = [\ln(I_1/I_2) / \Delta(1/T)^{1/4}]^4$ , где  $T_0$  – постоянная;  $g(\mu)=f(U)$  – плотность состояний вблизи уровня Ферми (рис. 1.);  $k$  – постоянная Больцмана,  $a$  (27.7Å для GaN) – радиус локализации,  $\beta=23$ .

Средняя длина прыжка (рис. 2) определяется по формуле  $R(T)=3/8 \cdot a(T_0/T)^{1/4}$ .

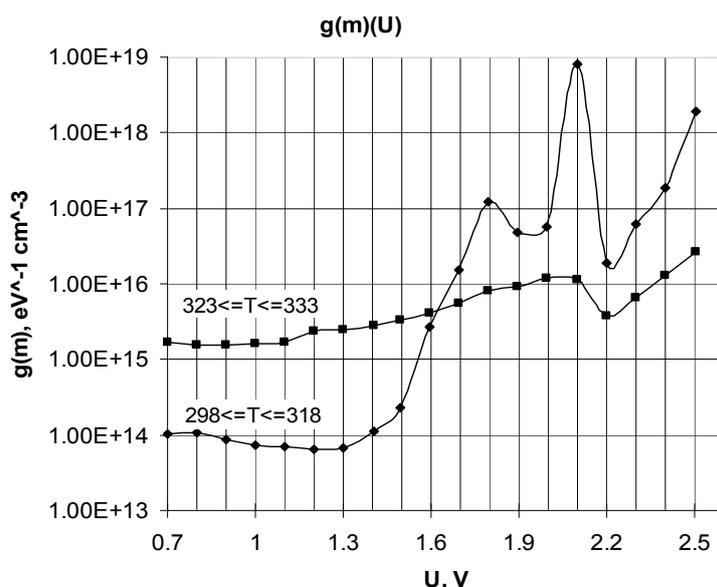


Рис. 1. Зависимость плотности локализованных состояний от напряжения

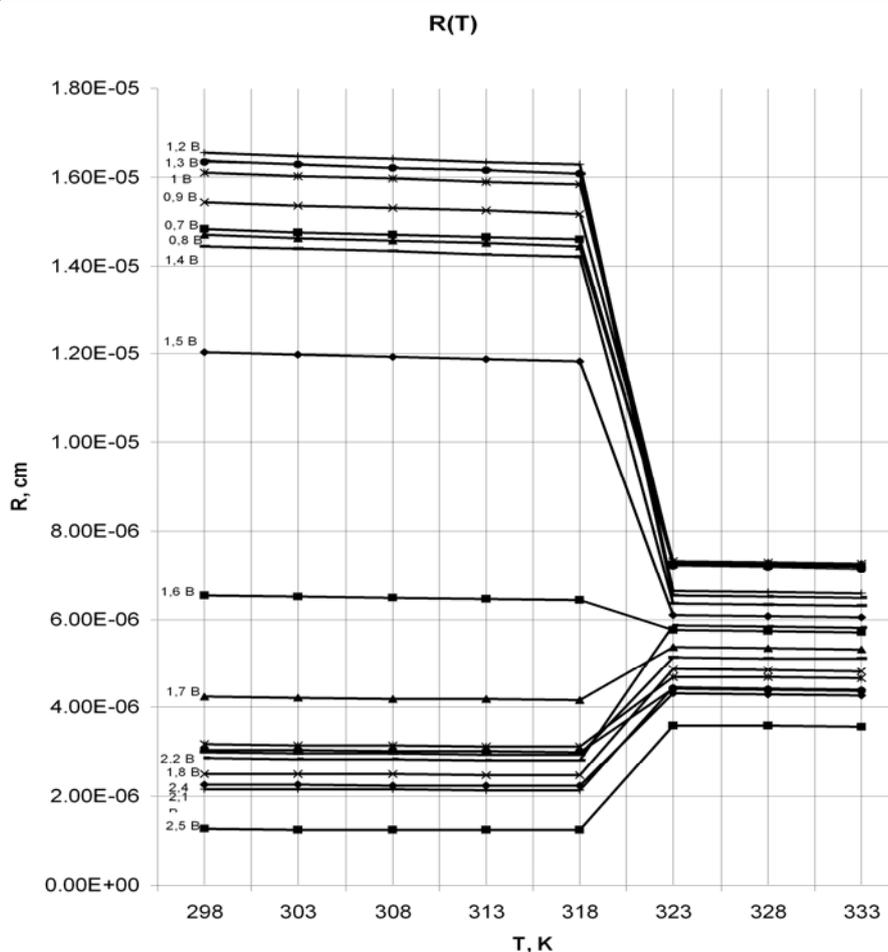


Рис. 2. Зависимость средней длины прыжка от температуры

Из зависимости  $J=f(T^{-1/4})$  выявлено наличие двух плотностей состояний  $g_1(\mu)$  ( $10^{14} \div 2 \cdot 10^{18} \text{ эВ}^{-1} \text{ см}^{-3}$ ) в области температур  $298 \div 318 \text{ K}$  (низкотемпературная область (НТ)) и  $g_2(\mu)$  ( $2 \cdot 10^{15} \div 2 \cdot 10^{16} \text{ эВ}^{-1} \text{ см}^{-3}$ ) при температурах  $323 \div 333 \text{ K}$  – высокотемпературная область (ВТ), которая изменяется слабее, чем НТ. При  $U = 1,6 \text{ В}$  значение НТ и ВТ плотностей равны по величине.

Прыжковая проводимость осуществляется по этим двум плотностям. Длина прыжка  $R(U)$  с ростом  $U$  падает при увеличении  $g(\mu)$  и растет при уменьшении.

При  $T = 298 \div 318 \text{ K}$  перенос происходит по НТ плотности. При  $U = 0,7 \div 2,5 \text{ В}$   $R$  уменьшается с увеличением напряжения, так как НТ  $g_1(\mu)$  растет. В области  $T = 318 \div 323 \text{ K}$  наблюдается скачок  $R$  с резким уменьшением его величины при  $U = 0,7 \div 1,6 \text{ В}$ , что связано с туннельным переходом носителей НТ  $\rightarrow$  ВТ плотность, по которой осуществляется прыжковая проводимость. В области скачка при  $U > 1,6 \text{ В}$   $R$  возрастает из-за туннельного перехода носителей НТ  $\rightarrow$  ВТ плотность, которая при этих напряжениях меньше, чем ВТ. Вероятно, коэффициент захвата больше в ВТ плотности.

УДК 654.02

**А.А. Гуламов**

gulamov@kursktelecom.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ЕДИНАЯ ОПТОВОЛОКОННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СЕТЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ВУЗОВ Г. КУРСКА**

В 2004 году начаты работы по проекту «Создание единой междуниверситетской информационной сети с высокоскоростным доступом в Интернет в Курске (Россия)». Финансирование проекта ведется по гранту научного комитета НАТО CN.NIG 980522.

Цель проекта – развитие инфраструктуры информационного обмена университетов Курского региона России и расширение доступа к международным информационным ресурсам для повышения эффективности научных исследований и совершенствования учебного процесса.

Участники проекта – Курский государственный технический университет (КГТУ, KSTU), Курский государственный университет (КГУ, KSU), Курский государственный медицинский университет (КГМУ, KSMU), Курская государственная сельскохозяйственная академия (КГСХА, KSAA).

Проект разбит на два этапа.

1. Прокладка оптоволоконных кабелей между университетами, участвующими в проекте. Приобретение, установка и настройка сетевого оборудования для запуска в работу междуниверситетской сети. Приобретение и наладка оборудования для подключения междуниверситетской сети к каналу доступа в Интернет.

2. Прокладка оптоволоконных кабелей между отдельно стоящими зданиями университетов, участвующих в проекте. Приобретение, установка и настройка коммуникационного оборудования для подключения к междуниверситетской сети и каналу доступа в Интернет, модернизация сетевой инфраструктуры каждого учреждения-участника. Развитие сети удаленного доступа к ресурсам общеуниверситетской сети и сети Интернет для профессорско-преподавательского состава.

В настоящее время успешно выполнены работы по первому и второму этапам проекта. Проложены оптоволоконные линии связи. Протяженность университетских линий связи составила примерно 25 км. В 2005 году была запущена в работу первая очередь проекта и проведено подключение по оптоволоконной линии к каналу доступа в Интернет. В 2007 году запущена в работу вторая очередь проекта. Ведется совершенствование сети. Схема сети представлена на рисунке.



УДК 621.382.001.63

**Н.Т. Гурин, С.Г. Новиков, И.В. Корнеев, А.Г. Новикова**

K\_ivan\_v@mail.ru

*Ульяновский государственный университет*

## **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРИБОР С ПЕРЕДАТОЧНОЙ N-ОБРАЗНОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ**

Полупроводниковые приборы с отрицательной проводимостью в настоящее время находят широкое применения в качестве различных датчиков полей и излучений, коммутирующих и защитных элементов в цепях постоянного и переменного тока, а также в качестве моностабильных и бистабильных элементов в узлах современной вычислительной техники.

Широкое применение таких приборов обусловлено наличием в них положительной обратной связи по напряжению, приводящей к возникновению отрицательной проводимости либо на входной, либо на выходной вольт-амперной характеристике (ВАХ).

В работе проведено исследование схмотехнического аналога полупроводникового прибора с участком отрицательной проводимости, который возникает на передаточной вольт-амперной характеристике (ВАХ) (при изменении входного напряжения исследуется ток в выходной цепи).

Схема является модификацией схемы замещения N-прибора с модуляцией базового тока биполярного транзистора с дополнительным биполярным транзистором, шунтирующим база-эмиттерный переход основного транзистора. В база-эмиттерную цепь основного биполярного транзистора включен шунтирующий биполярный транзистор, база которого соединяется с подложкой полевого транзистора с изолированным затвором. Затвор, в свою очередь, соединен с коллектором основного транзистора, база основного транзистора соединена со стоком полевого транзистора, на исток которого подается управляющее напряжение.

Рассмотренная схема отличается тем, что при фиксированном питающем напряжении зависимость выходного тока от входного напряжения имеет N-образный вид, кроме того, на выходной ВАХ также присутствует участок N-типа.

На выходной ВАХ присутствие участка отрицательной проводимости обусловлено классической схемой модуляции базового тока биполярного транзистора при помощи полевого транзистора.

Схема работает следующим образом. При увеличении напряжения на коллекторе основного транзистора происходит увеличение рабочего тока до максимального значения насыщения основного транзистора до напряжения порядка 0,2 В. При данном напряжении начинается процесс перекрывания канала МДП транзистора, что ведет к уменьшению тока управления для ос-

новного транзистора, протекающего через его базу. В результате чего происходит уменьшение тока, протекающего через основной транзистор.

Передаточная характеристика представляет собой изменение выходного тока в обеих полярностях в зависимости от однополярного входного напряжения.

Появление N-образной передаточной характеристики обусловлено тем, что при увеличении входного напряжения происходит сначала рост тока пика при практически неизменных напряжениях пика, затем, при дальнейшем увеличении входного напряжения ток пика начинает уменьшаться вплоть до спрямления характеристики. Уменьшение тока наблюдается при значениях входного напряжения, близких к напряжению питания схемы, и объясняется открыванием дополнительного шунтирующего транзистора и соответственно протеканием части базового тока через его коллектор-эмиттерный переход.

Таким образом, при превышении некоторого значения входного напряжения схема переходит в высокоомное состояние, т.е. ограничивается ток в выходной цепи. Этот эффект можно рассматривать как дополнительную встроенную защиту выходной цепи от перенапряжений вне зависимости от перегрузок во входной цепи управления.

Схемное моделирование осуществлялось в программе Design Lab 8. Использовались стандартные элементы без изменения их параметров.

Наиболее интересная область применения таких схем – коммутирующие элементы с защитой от пробоя и самовосстанавливающие предохранители. Кроме того, эта схема может легко перестраиваться для работы в генераторном режиме, когда линия нагрузки пересекает участок отрицательной проводимости.

Также такие схемы могут найти применение в качестве коммутирующих и защитных элементов в цепях постоянного и переменного тока, а также в качестве элементов в узлах вычислительной техники.

УДК 621.397.01

***О.Г. Диев, И.В. Марченко, Е.С. Романов***

*Курский государственный технический университет,  
Курский государственный университет*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА И ДИЗАЙНА**

Одним из этапов в становлении профессиональной подготовки студентов этих специальностей является развитие умений и навыков компьютерного графического моделирования графической и шрифтовой композиции, по-

строения формы того или иного объекта, его цветового решения, орнамента и фактуры соответствующих поверхностей и т.д. При этом у студента необходимо сформировать умение использовать возможности графических редакторов для создания творческих и технических эскизов методами свободного рисования и комбинаторного синтеза.

В системе подготовки специалистов в области изобразительного искусства стандартом высшего профессионального образования предусмотрен курс «Математика и информатика», а в области дизайна – курс «Информационные технологии в дизайне». Следует отметить, что эти курсы недостаточно интегрированы в общую систему подготовки. Не в полной мере учитывается роль и место современных информационных технологий при решении задач творческого характера, не выделена содержательная и общеобразовательная линия информатики в плане применения к изучению специальных дисциплин профессиональной подготовки. Так, например, некоторые инструменты, применяемые при разработке систем искусственного интеллекта и объединившие в себе результаты теоретических исследований и накопленный практический опыт работы с различного рода информацией, могут быть интересны широкому кругу специалистов, сталкивающихся в своей профессиональной деятельности с неструктурированной информацией. Подготовка специалистов творческих направлений отличается обилием слабодокументированных, а часто и вовсе недокументированных (экспертных) знаний. Знания и умения по извлечению, формализации и структурированию подобных знаний является необходимым условием успешной учебной и профессиональной деятельности будущих художников и дизайнеров. Поэтому возникает необходимость устранения противоречия между возрастающей ролью современных информационных технологий, потребностью в структурировании и формализации информации в учебной и профессиональной деятельности и традиционной системой подготовки студентов художественных специальностей в области информатики.

При проведении занятий по компьютерной графике прежде всего изучаются основные свойства векторной и растровой графики. Это необходимо для того, чтобы студент имел четкое представление о том, какие возможности предоставляет тот или иной редактор при решении задач, стоящих перед ним в его дальнейшей профессиональной деятельности. Занятия по компьютерной графике проводятся с применением так называемых иллюстративно-пояснительных карточек заданий. Благодаря их применению студенты могут самостоятельно осваивать те или иные инструменты и эффекты графических редакторов. Творческие задания в иллюстративно-пояснительных карточках-заданиях тесно связаны с их будущей профессиональной деятельностью. Получив практические навыки применения графических редакторов студенты специальности «Изобразительное искусство» приступают к изучению таких редакторов, как AutoCAD и Flash. Это им необходимо в их будущей

профессиональной деятельности как при преподавании черчения, так и при создании электронных учебно-методических материалов. Знание редактора Flash позволяет им создавать электронный учебный материал с применением эффектов анимации, что делает этот материал легко доступным для понимания. Студенты специальности «Дизайн костюма» изучают систему автоматизированного проектирования одежды (САПР одежды). Информатизация процессов проектирования, производства и управления является сегодня условием конкурентоспособности предприятия легкой промышленности. Качество моделирования и конструирования одежды – один из наиболее важных факторов быстрой реализации и высокого спроса на продукцию швейного предприятия. Автоматизация конструкторской и технологической подготовки производства одежды позволяет ускорить разработку новых моделей, сократить число рутинных операций, повысить качество посадки, соответствие размерным признакам и является необходимым элементом САПР современного швейного предприятия. Успешное решение большинства профессиональных задач специалиста в области индустрии моды зависит от умения оперативно применять системы автоматизированного проектирования в своей деятельности. Важно у студентов сформировать знания о принципах и методах построения и эксплуатации систем автоматизированного проектирования в сфере легкой промышленности. САПР швейной промышленности представляет собой комплекс программ и технических средств, предназначенных для автоматизации работ по художественному проектированию моделей одежды, построению базовых и модельных конструкций, размножению лекал по размерам и ростам, изготовлению раскладки лекал и ее зарисовки, составлению технологических схем обработки изделий и т.д.

УДК 621.397.01

**О.Г. Диев, И.О. Диев**

*Курский государственный технический университет*

## **ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВЕБ-ДИЗАЙНЕРА**

В современном мире развитие новейших технологий дает благодатную почву для появления концептуально новых специальностей и профессий. Тем не менее не всегда система образования успевает за современными тенденциями и технологиями, примером чего является подготовка по новой, стремительно развивающейся профессии – специалист в области Веб-дизайна.

В настоящее время трудно найти человека, который бы не пользовался сетью Интернет. Сотни крупных порталов обеспечивают нас любой свежей информацией о политике, погоде, спорте, позволяют заводить новые знаком-

ства и искать работу, совершать сделки с недвижимостью, проводить денежные трансферты, оплачивать услуги сотовых операторов.

Заходя на крупный информационный ресурс для того, чтобы посмотреть схему метро, или узнать о погоде, мы даже не задумываемся о том, почему именно таким образом удобнее всего получать нужную информацию.

А ответ прост – грамотный функциональный дизайн страниц, логичная структура, правильная компоновка элементов и качественная типографика создают все необходимые условия для общения с интерфейсом портала, и, следовательно, для быстрого и комфортного поиска необходимой информации. За это все отвечает Веб-дизайн.

Вообще, сам термин «Веб-дизайн» достаточно абстрактен. В узком смысле под Веб-дизайном понимается визуальное оформление веб-страниц, то есть он аналогичен верстке и дизайну в полиграфии. Но на самом деле в настоящее время под термином «веб-дизайн» понимают нечто большее, а именно: проектирование структуры, идейной целостности Интернет-ресурса, обеспечение максимального удобства и комфорта при работе с сайтом.

С недавних пор Интернет стал приравняться к СМИ, аудитория многих порталов достигает миллиона человек в день. Интернет-ресурсы являются мощными рекламными и PR-площадками, выполняют функции новостных и информационных сервисов, служат для воздействия на общественное мнение.

Таким образом, Веб-технология является молодой, но престижной и перспективной нишей на современном рынке труда. Тем удивительнее, что об этой отрасли так мало известно, и так мало уделяется внимания со стороны образовательных учреждений.

Нельзя забывать о том, что общий термин «дизайн» означает эстетику утилитарности, поэтому любой Интернет-ресурс должен соответствовать не только функциональным требованиям, но и оформительским. Задачей дизайнера является не только размещение необходимого объема информации и создание удобной навигации, но и расстановка логичных акцентов, управление вниманием пользователя.

Очевидно, что для этого специалисту необходимы художественные навыки, знание теории композиции, цветоведения, типографики.

Профессия Веб-дизайнера находится на стыке нескольких специальностей. Помимо художественных знаний, специалист должен обладать базовыми навыками программирования, особенно программирования на языках разметки. Конечным продуктом, который выдает Веб-дизайнер, является макет будущего сайта. Обычно это иллюстрация, которую в дальнейшем используют для создания внешнего вида полнофункционального Веб-сайта. Не представляя, каким именно образом будет производиться верстка страниц на языках разметки, невозможно создать макет, удобный для дальнейшего преобразования в Веб-страницу.

Необходимость следования специфичным требованиям к композиции и структуре создаваемого макета накладывает на дизайн ряд ограничений и условий, поэтому многие полиграфические дизайнеры сталкиваются с непреодолимыми трудностями при попытке переключиться на данный род деятельности.

Веб-дизайнер должен четко представлять себе, как обеспечить максимальное удобство пользования его ресурсом. Каким бы красивым и графически качественным не был бы сайт, неудобная система навигации между страницами отпугнет любого посетителя, поэтому важно создавать макет, в расчете на то, что готовый сайт будет «работать», что также требует определенных навыков и специфичных знаний.

Трудно говорить, на базе каких специальностей должен получать образование будущий Веб-дизайнер. Невозможно, например, готовить дизайнеров-модельеров костюма без художественного образования.

Тем не менее очевидным является тот факт, что люди, не имеющие художественного образования, но освоившие профессиональные программы имеют больше шансов получить работу в данной сфере, и выдавать более качественный результат, чем профессиональные художники без соответствующих навыков работы с компьютером.

Отсюда можно сделать выводы, что работая на стыке нескольких специальностей, важным пунктом в подготовке специалистов в области Веб-дизайна является обучение навыкам работы с современной компьютерной техникой, определенным программным обеспечением, не забывая при этом о художественных навыках, о знаниях в области теории композиции, цветопедения, типографики.

УДК 681.3

***В.Ю. Дисюк, Г.С. Глушков, В.И. Сырямкин***

D01-s@yandex.ru

*Учебно-научно-производственный центр «Технологический менеджмент» Томского государственного университета*

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АКУСТО-ТЕЛЕВИЗИОННЫХ МИКРОСКОПОВ**

Современное состояние диагностического оборудования не обеспечивает высокую точность автоматической диагностики сложных систем – материалов (органических, неорганических) и ответственного оборудования; также невозможно достоверно предсказать ресурс работы материала. Указанные недостатки обусловлены тем, что не используются методы и алгоритмы, воспринимающие достоверную информацию о состоянии объекта

исследования и осуществляющие автоматическую диагностику, адаптирующуюся к изменяющимся условиям работы и объектам диагностики.

Создание оборудования для технической диагностики крайне важно для предотвращения техногенных катастроф и аварий на крупных предприятиях нефтегазовой и транспортной сфер, а также на предприятиях атомной энергетики.

Условия эксплуатации многих конструкций и деталей машин, их геометрические особенности определяют развитие в них процессов пластической деформации с самого начала нагружения. Экспериментальные изучения данных процессов на мезомасштабном уровне позволяют выявить закономерности их развития и использовать полученные результаты для неразрушающего контроля и диагностики материалов и конструкций.

Проведение таких исследований невозможно без специальных программно-аппаратных средств, в качестве которых могут выступать средства и методы технического зрения, представляющие собой автоматизированные измерительные комплексы, способные оперативно выполнять обработку больших объёмов видео и акустической информации, производить высокоточные измерения, качественно и наглядно представлять полученные результаты.

Первые шаги на пути создания оборудования для исследования механических свойств материала были сделаны в Институте машиноведения АН СССР, где была разработана серия испытательных машин типа «ИМАШ». Эти машины использовались для изучения развития процессов пластической деформации нагруженных образцов путём регистрации экспериментальных данных на видео- и фотоплёнке. Однако точных измерений, происходящих на поверхности деформируемого материала, не выполнялось. Проведение таких измерений стало возможным благодаря созданному в Томском государственном университете (ТГУ) семейству акусто-телевизионных измерительных систем для неразрушающего контроля материалов и конструкций.

В основе работы акусто-телевизионных микроскопов лежат основные положения физической мезомеханики материалов, рассматривающей нагруженное твердое тело как многоуровневую самоорганизующуюся систему, в которой микро, мезо- и макромасштабный уровни органически взаимосвязаны. На мезоуровне носителями деформации являются объёмные структурные элементы – мезообъёмы. Их перемещение в процессе нагружения материала обуславливает развитие пластической деформации по схеме «сдвиг + поворот», что является причиной возникновения многочисленных эффектов кривизны поверхности материала. Как следствие, на поверхности нагруженного материала (или конструкции) возникает сложный деформационный рельеф, который отражает состояние не только приповерхностного слоя, но и внутреннего механического состояния материала.

Данное обстоятельство является физическим обоснованием применения средств технического зрения при изучении механизмов деформации и разрушения на мезоуровне, а также использования акусто-телевизионных микроскопов для неразрушающего контроля и диагностики материалов и конструкций.

Акустический анализ состояния материалов. Данный вид анализа базируется на следующих положениях (при воздействии на исследуемый объект однократными импульсными нагрузками с равной энергией удара):

- все параметры возникающего акустического сигнала при появлении дефектов изменяются;
- в изделии с дефектами время затухания сигнала уменьшается, а логарифмический декремент затухания возрастает;
- при увеличении числа и размеров дефектов процессы затухания акустического сигнала интенсифицируются;
- максимальная амплитуда сигнала с возрастанием дефектности изделия, как правило, уменьшается, однако в некоторых случаях, зависящих от взаимного расположения датчика, дефекта, места ударного воздействия и путей прохождения ударной волны, максимальная амплитуда может значительно возрасть;
- с появлением дефектов спектр частот изменяется; происходит смещение отдельных линий спектра, как правило, в сторону меньших частот, уменьшение отдельных частот или их полное исчезновение; появляются колебания с такими частотами, которых не было в бездефектном изделии;
- спектр частот изменяется и в том случае, если изделие остаётся бездефектным, но его размеры уменьшаются;
- энергетический спектр также зависит от дефектности изделий; как правило, с возникновением дефектов и их ростом энергетический спектр размывается, а область частот с максимальной энергией смещается.

Для реализации акустического метода диагностики предлагаются следующие критерии степени накопления повреждений и состояния предразрушения:

- качественная оценка дефектности материала проводится на основе измерения времени затухания акустического сигнала (либо логарифмического декремента затухания);
- количественная оценка размеров трещин на этапе их докритического (хрупко-пластического) роста проводится на основе анализа смещения спектральной линии, соответствующей исходной собственной частоте колебаний;
- количественная оценка размеров трещин на стадии их магистрального развития проводится на основе анализа смещения спектральной линии, соответствующей исходной собственной частоте колебаний;
- диагностика состояния предразрушения нагруженного материала осуществляется на базе одновременного наличия двух признаков: резкого

ослабления энергии спектральной линии с исходной частотой колебаний (вплоть до полного её исчезновения) и нарастания скорости смещения спектральной линии с исходной частотой в область меньших частот.

Преимуществом использования акусто-телевизионных измерительных систем по сравнению с существующими (лазерными, голографическими и т.д.) является возможность предсказания областей разрушения материала и использования их для оперативного контроля.

Обработка результатов проводится с помощью специальной компьютерной программы. При повторных обследованиях может быть дан прогноз развития дефектов.

УДК 621.396.96

**О.Г. Добросердов**

*Курский государственный технический университет*

## **СПОСОБ ОБРАБОТКИ ИЗБЫТОЧНОЙ КООРДИНАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В МНОГОПОЗИЦИОННЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Одним из приоритетных направлений развития радиотехнических систем различного назначения является переход к многопозиционным принципам определения координат объектов. В рамках данного направления дальнейшее повышение точности местоопределения может быть достигнуто за счет измерения параметров и комплексирования различных видов линий положения (ЛП) и реализации на этой основе угломерно-временных методов координатометрии.

В докладе рассматривается способ обработки координатной информации, основанный на измерении параметров таких ЛП, как прямая, окружность, гипербола, эллипс и парабола. В соответствии с данным способом оценка координат объектов по методу максимального правдоподобия находится как

$$\hat{X}_o = -\frac{AE + CD}{BC - A^2}; \quad \hat{Y}_o = -\frac{BE + CD}{BC - A^2}.$$

Дисперсия оценки координат, полученная с использованием матрицы информации по Фишеру, имеет вид

$$\sigma_M^2 = \frac{B + C}{BC - A^2},$$

где 
$$A = \sum_{m=1}^u \sum_{s=n}^v (K_{ms}^2 a_{ms} + L_{ms}^2 b_{ms}); \quad B = \sum_{m=1}^u \sum_{s=n}^v (K_{ms}^2 a_{ms}^2 + L_{ms}^2 b_{ms}^2);$$

$$C = \sum_{m=1}^u \sum_{s=n}^v (K_{ms}^2 + L_{ms}^2); \quad D = \sum_{m=1}^u \sum_{s=n}^v [(K_{ms}^2 a_{ms} + L_{ms}^2 b_{ms}) Y_{ms} - (K_{ms}^2 a_{ms}^2 + L_{ms}^2 b_{ms}^2) X_{ms}];$$

$$E = \sum_{m=1}^u \sum_{s=n}^v [(K_{ms}^2 a_{ms} + L_{ms}^2 b_{ms}) X_{ms} - (K_{ms}^2 + L_{ms}^2) Y_{ms}].$$

В этих выражениях

$$K_{ms} = \frac{A_{4ms}}{\sigma_{\xi_n} (A_{1ms} A_{4ms} - A_{2ms} A_{3ms})};$$

$$L_{ms} = \frac{A_{3ms}}{\sigma_{\xi_s} (A_{1ms} A_{4ms} - A_{2ms} A_{3ms})};$$

$$a_{ms} = \frac{A_{2ms}}{A_{4ms}}; \quad b_{ms} = \frac{A_{1ms}}{A_{3ms}},$$

где  $\sigma_{\xi_m}, \sigma_{\xi_s}$  – средние квадратические ошибки измерения параметров ЛП  $m$ -й и  $s$ -й позициями (парами позиций) соответственно;  $X_{ms}, Y_{ms}$  – координаты частной точки «засечки», образованной пересечением  $m$ -й и  $s$ -й ЛП;  $n, u$  и  $v$  – переменные, зависящие от количества частных точек «засечек», образуемых при реализации конкретного метода местоопределения.

Коэффициенты  $A_{1ms} - A_{4ms}$  имеют вид

$$A_{1ms} = \frac{\partial Y_{ms}}{\partial \xi_m}; \quad A_{2ms} = \frac{\partial Y_{ms}}{\partial \xi_s};$$

$$A_{3ms} = \frac{\partial X_{ms}}{\partial \xi_m}; \quad A_{4ms} = \frac{\partial X_{ms}}{\partial \xi_s}.$$

Таким образом, для нахождения оптимальных оценок координат объектов и точности этих оценок в зависимости от вида измеряемых ЛП необходимо получить соответствующие выражения для координат частных точек «засечек»  $X_{ms}, Y_{ms}$  и найти значения коэффициентов  $A_{1ms} - A_{4ms}$ . В докладе приведены результаты численного расчета оценок координат объектов и точности этих оценок рассматриваемым способом при реализации угломерно-временных методов. Показано, что получаемые оценки являются асимптотически эффективными, состоятельными и несмещенными.

УДК 621.397.01

**А.П. Долженков, А.Ф. Рыбочкин**

*Курский государственный технический университет*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПЧЕЛИНОМ УЛЬЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

При управлении параметрами среды обитания живых существ сталкиваются с проблемой отсутствия четких обратных связей. Исследователи не

располагают полной априорной информацией о поведении биологического объекта, необходимой для синтеза корректной системы управления. В отношении пчел можно сказать, что есть временные периоды, где с большой степенью уверенности можно определить, что необходим дополнительный подогрев или охлаждение на основании данных об их летной активности и распределении клуба внутри улья.

Применение стохастических методов для контроля и управления параметрами оказывается затруднительным из-за отсутствия вероятностных распределений поведения пчел. В случае неполноты информации о сложном процессе удобнее представлять неточно заданные параметры в виде нечетких величин, т.е. когда имеется информация, что некие значения коэффициентов более допустимы, чем другие, описание этих коэффициентов в виде нечетких множеств является более удачным. В этом случае на интервале задается функция принадлежности. Т.к нет статистической информации о влиянии различных промежуточных значений параметров, то эта функция не может быть определена объективно. Она определяется экспертом-биологом на основании имеющегося у него неформализованного представления о поведении пчел.

Структурная схема системы автоматизированного управления (САУ) температурой на базе информации о летной активности, построенная с использованием нечеткой логики, представлена на рис. 1.

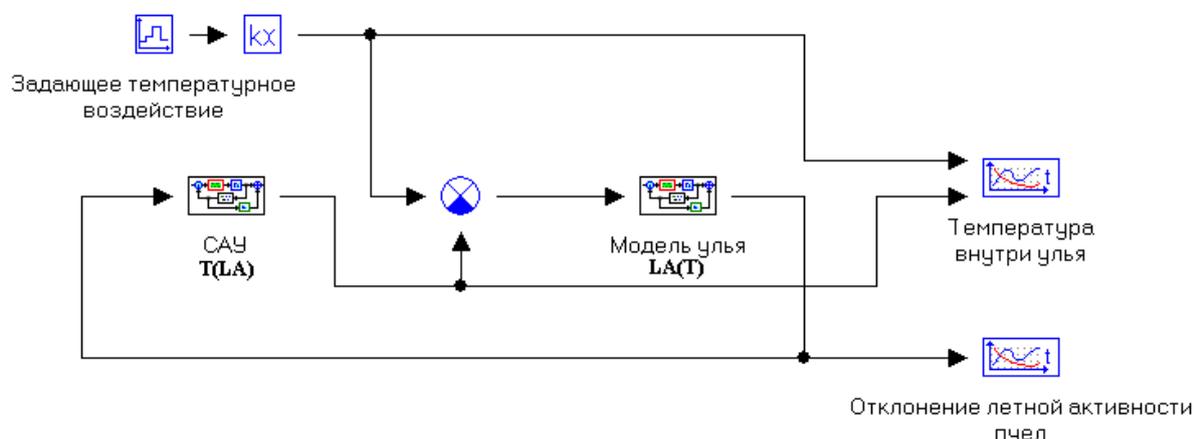


Рис. 1. Структурная схема моделируемой системы

Для лингвистической переменной «летная активность» использовано три терма: слабо, нормально, сильно. В качестве функций принадлежности выбрано нормальное гауссовское распределение. Выходная переменная рассчитана с помощью алгоритма Мамдани. Активизация заключений нечетких правил для каждого терма проводилась методом *proB*. После аккумуляции выходное воздействие рассчитывалось с помощью формулы центра масс. Модель улья состоит из интегрирующего звена (показывает инерционность процесса), линейного усилительного звена (предполагается, что зависимость летной активности (диапазон изменений -1..1) от температуры линейная) и

временной задержки. Исследование проводилось в программе MBTU. На вход модели улья подаются перепады температуры (нормальное значение – 0). Результирующие временные диаграммы показаны на рис. 2. После САУ видно, как система стремится вернуть его к нормальному значению.

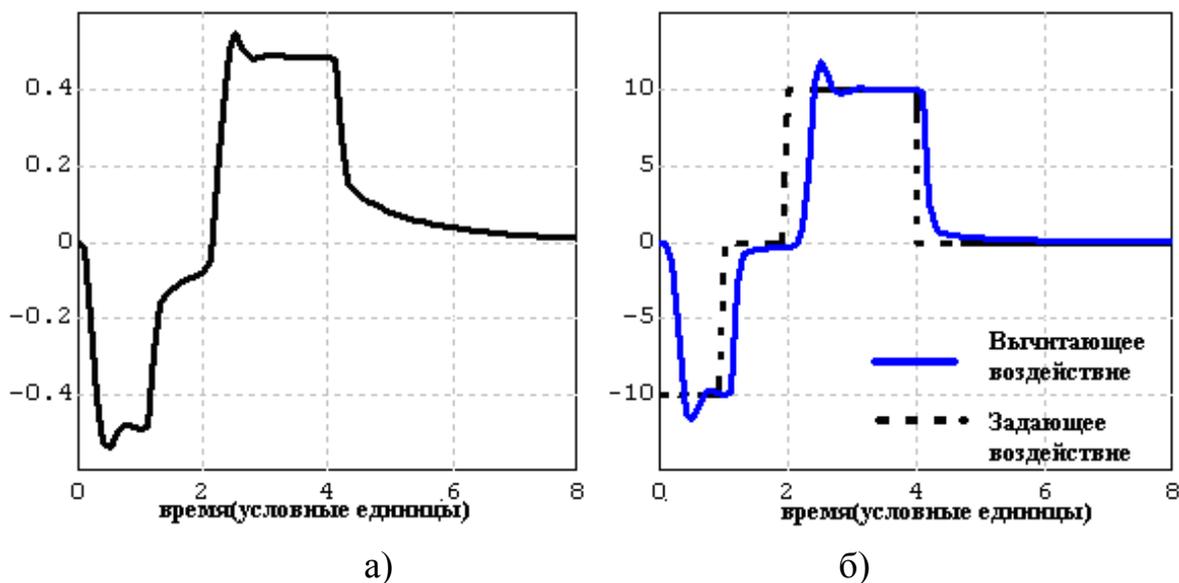


Рис. 2. Временные диаграммы: а – изменение летной активности; б – температура (в градусах ): заданная (черная); после САУ(синяя)

Упрощенная модель улья не позволяет рассчитывать на соответствие результатов моделирования реальным процессам. Более того, такое управление может оказаться неустойчивым, поэтому его необходимо дополнить контроллером с алгоритмом предупреждения ошибок регулирования. Однако продемонстрирована теоретическая возможность применения такого метода регулирования. Показан способ нахождения климатических параметров на основании информации, полученной от самих пчел. В зимний период можно использовать данные о диаметре клуба пчелиного роя.

УДК 621.397.01

**А.П. Долженков**

*Курский государственный технический университет*

## **О ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО БПФ НА ВОСЬМИРАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ**

В [1] показано, что если не применять нормализацию на этапах проведения целочисленного БПФ, может возникнуть проблема переполнения вычислительных регистров. Нормализацию удобно выполнять с помощью операции сдвига данных вправо на 1 разряд (деление на два). Однако это приво-

дит к ошибкам усечения, сводящимся к тому, что любое дробное число округляется в меньшую сторону.

Существуют приложения, где не нужна высокая точность, но критично быстрое действие. Например, при вычислении БПФ на восьмиразрядных микроконтроллерах, где производительность невысока. В таком случае, чтобы сократить количество операций и сэкономить время на каждое преобразование, целесообразно использовать восьмиразрядный вычислитель (накопительная часть при выполнении операции «бабочка»).

В качестве примера рассмотрим 16-точечное БПФ по основанию 2. Частота выборки 40кГц, частота входного сигнала 5кГц, окно взвешивания – Хэмминга. Исходные данные разрядностью 7 бит (один разряд показывает знак). Разрядность выходного спектра 5бит (для обеспечения разрядности дополнительное масштабирование 3/8). Используются табулированные значения тригонометрических функций. При использовании восьмиразрядного вычислителя необходимо следить за размерностью входных данных в «бабочку», чтобы исключить перенос разрядов в старший регистр. Т.к. значение максимума входного сигнала 127 максимум после первого шага преобразования (не считая перекомбинацию) может составить не более 71,438 (влияние взвешивания окном), что может привести к переполнению ( $71 \cdot 2 > 127$ ). Исходные данные для «бабочки» по модулю не должны превышать 63, что достигается сдвигом данных после взвешивания.

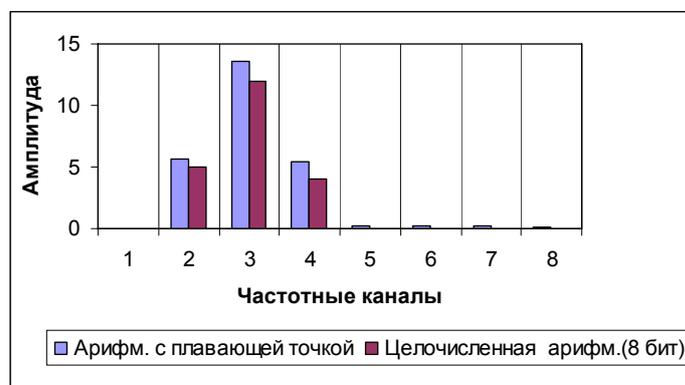


Рис. Спектр для целочисленного(8 бит) и дробного преобразования

В этом случае максимальное число при вычислении будет 35. Проверим как это скажется на точности. Проведем вычисление с плавающей точкой и целочисленной арифметикой (8- и 16-битный вычислитель). На рисунке показан результирующий спектр для случая целочисленного (8бит) и дробного преобразования

Количество операций сложения и умножения для вычисления одного преобразования (без вычисления модуля комплексного числа) при использовании 8-битного преобразователя составляет около 200 (всего операций порядка 400). При использовании 16 разрядного вычислителя это число возрастет в 2 раза, т.к. на восьмиразрядном АЛУ понадобится отдельно обрабатывать старшую и младшую составляющую 16-битного числа.

Для оценки точности вычисления БПФ воспользуемся критерием, предложенным в [2]. Используется степень соответствия модуля проверяемого спектра ( $F_{int}(x)$ ) модулю спектра, полученному при использовании арифметики с плавающей запятой ( $F_{float}(x)$ ) на интервале значимых частотных каналов (a..b) анализируемого сигнала:

$$\overline{\Delta F(x)} = \frac{100 \cdot \sum_{i=a}^b \frac{|F_{int}(x)_i - F_{float}(x)_i|}{F_{float}(x)_i}}{b-a}$$

Результирующие данные сведены в таблицу.

**Значение частотных каналов в области пика анализируемого сигнала  
и относительная ошибка вычислений**

Способ вычисления:	Столбцы спектрограммы:			Ошибка, %
	2	3	4	
Арифм. с плавающей точкой	5,677	13,619	5,455	-
Целочисленная арифм.(16 бит)	5	13	5	8.27
Целочисленная арифм.(8 бит)	5	12	4	16.829

Из нее видно, что использование 8-разрядного вычислителя дает ошибку в ~8% по сравнению с 16-разрядным вычислением. Что может быть выгодней, чем потеря быстродействия в полтора раза.

1. Ричард, Л. Цифровая обработка сигналов [Текст] / Лайонс Ричард; пер. с англ. М.:ООО «Бином-Пресс», 2007. 656 с.

2. Аксенов, О.Ю. К разрядности вычислителя БПФ при его реализации на процессоре L1879BM1(NM6403) [Текст] / О.Ю. Аксенов, Ю.И. Борисов // Цифровая обработка сигналов. 2004. № 2. С. 18-27.

УДК 681.7.069.3

**В.В. Дороган, Т.С. Виеру, С.Ф. Виеру, А.В. Дороган**

optolab@mail.ru

*Технический университет Молдовы*

**ПРИБОРЫ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ РЕГИСТРАЦИИ  
УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Измерение интенсивности ультрафиолетового (УФ) излучения является одной из актуальных проблем оптоэлектронных преобразователей. Изготов-

ление сенсоров УФ на основе классических полупроводников (Si, GaAs, GaP) не дает возможности исключить влияние видимой части спектра на фототок, поскольку ширина запрещенной зоны этих полупроводников лежит в инфракрасной или видимой части спектра. Сенсоры на основе широкозонных материалов (SiC, GaN, diamond) на сегодняшний день являются дорогими и имеют сложную технологию изготовления.

Данная работа посвящена разработке и изготовлению новых конструкций сенсоров УФ излучения на основе соединений  $A^3B^5$  и монокристаллического кремния, с минимальной или нулевой чувствительностью к видимой и ИК области спектра.

Для достижения поставленной цели были использованы три вида конструкций: сенсоры с двойным поверхностным барьером, сенсоры с дефектным слоем в области поглощения видимого излучения и дифференциальные сенсоры УФ. На рисунке 1 представлена энергетическая диаграмма сенсора УФ с двойным поверхностным барьером на основе гетероструктур GaAs-AlGaAs-SnO<sub>2</sub>. Поверхностный слой SnO<sub>2</sub> является широкозонным оптическим окном и служит также для образования внутреннего электрического поля, разделяющего носители генерированные в результате поглощения излучения в слое AlGaAs. Поскольку коэффициенты поглощения УФ и видимого излучения отличаются на 1-2 порядка и благодаря тому, что слой AlGaAs имеет толщину менее 0,1 мкм, УФ излучение полностью поглощается в слое AlGaAs, а видимая часть спектра – в слое GaAs. Барьер в валентной зоне, образованный между слоями GaAs-AlGaAs, препятствует процессу разделения носителей, генерированных в слое GaAs. Таким образом, внутреннее поле контакта AlGaAs-SnO<sub>2</sub> разделяет носители, генерированные в поверхностном слое УФ излучением, а носители, генерированные видимым излучением в слое GaAs, рекомбинируют, не влияя на фототок.

Уменьшения вклада в фототок видимого излучения также можно достичь, заменив потенциальный барьер в валентной зоне, образованный между слоями GaAs-AlGaAs, дефектным слоем, сформированным ионной имплантацией на глубине больше, чем толщина поглощения УФ излучения.

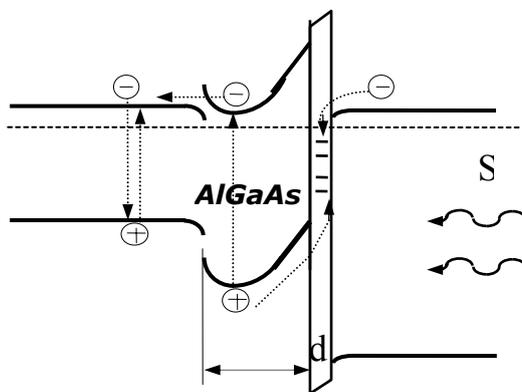


Рис. 1. Энергетическая диаграмма структуры с двойным гетеробарьером

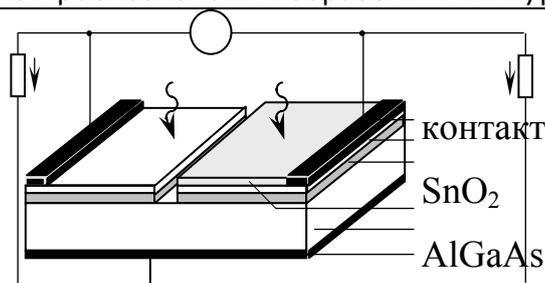


Рис. 2. Конструкция дифференциального сенсора УФ

Дифференциальный сенсор УФ излучения, конструкция которого представлена на рисунке 2, позволяет не только уменьшить влияние видимого и ИК излучения, но и практически исключить его вклад в фототок. Фотоприемная поверхность сенсора разделена на два одинаковых фотоземельных элемента, электрически изолированных один от другого и дифференциально соединенных на нагрузочное сопротивление. Один из элементов покрыт слоем ZnS, прозрачным для видимого и ИК излучения и непрозрачным для УФ. Фототок первого элемента формируется всем спектром падающего излучения, а фототок второго элемента – только видимым и ИК излучением, поскольку УФ часть спектра поглощается в фронтальном слое ZnS. Дифференциальное соединение элементов исключает из фотоответа вклад видимого и ИК излучения, одинаковый для обоих элементов. В результате фотоответ пропорционален только интенсивности УФ излучения.

Такая конструкция позволяет изготовить фотоприемник УФ излучения даже на основе Si. Использование в такой конструкции более широкозонного материала и гетероструктур с двойным поверхностным барьером, типа GaAs-AlGaAs-SnO<sub>2</sub>, существенно увеличивает эффективность.

УДК 538.971

**В.В. Дороган, Т.С. Виеру, С.Ф. Виеру**

optolab@mail.ru

*Технический университет Молдовы*

## **ОПТИЧЕСКИЕ КЛЮЧИ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

В работе представлены результаты исследования фотоэлектрических свойств пористых пленок GaP и рассмотрена возможность их применения для изготовления оптических ключей.

Пористые пленки GaP формировались селективным электрохимическим травлением подложки n-GaP с концентрацией основных носителей заряда  $3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  и отделялись от нее химическим травлением. Толщина пористой пленки составляла ~10 мкм, длина и ширина – 15 и 5 мм, средний диаметр пор и расстояние между ними ~100 нм.

Проведенные исследования позволили нам разработать физическую модель процессов, происходящих в пористой пленке. На рисунке 1 представлены ВАХ такой структуры, измеренные при различных условиях освещения. У наноструктурированной пленки области объемного заряда ( $W_0$ ) потенциального барьера «воздух-полупроводник», окружающие каждую пору, перекрываются, закрывая каналы протекания тока, и темновой ток отсутствует до напряжений  $>300$  В (рис. 1, кривая 1).

Потенциальный барьер  $\phi_b$  и область объемного заряда

$$W_0 = (2\varepsilon_0\varepsilon_s\phi_b/q^2N_D)^{1/2}$$

могут быть изменены внешними факторами, наиболее значимый из которых – оптическое излучение. Излучение с энергией фотонов больше ширины запрещенной зоны поглощается в материале, генерируя электрон-дырочные пары. Фотогенерированные неосновные носители заряда разделяются потенциальным барьером  $\phi_b$ , при этом уменьшается ширина области объемного заряда  $W_0$  до значений

$$W = [2\varepsilon_0\varepsilon_s(\phi_b - U_{ph})/q^2N_D]^{1/2}.$$

Таким образом, с увеличением мощности падающего оптического излучения ширина области объемного заряда вокруг пор уменьшается, и, при определенном значении падающей оптической мощности между порами появляются каналы для протекания тока. В этот момент напряжение, приложенное к контактам, перераспределяется вдоль каналов в соответствии с их сопротивлением, и потенциальный барьер исчезает. Далее, пористая пленка ведет себя как классический резистор (рис. 1, кривая 2).

При освещении пленки излучением с большой оптической мощностью эффект «открывания» происходит практически сразу, при малых напряжениях (рис. 1, кривая 3).

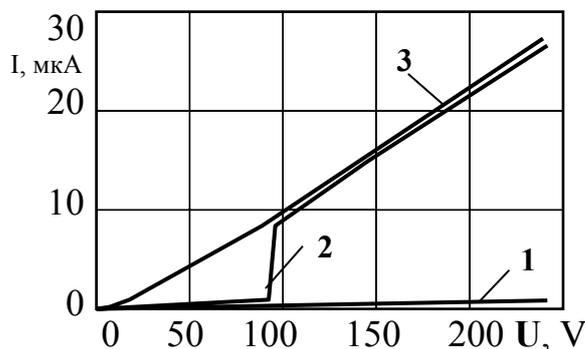


Рис. 1. ВАХ при различных условиях освещения: 1 –  $P_0=0$  мВт/см<sup>2</sup>; 2 –  $P_0=0,05$  мВт/см<sup>2</sup>; 3 –  $P_0=2,5$  мВт/см<sup>2</sup>

Измеренные энергетические характеристики для такой структуры представлены на рисунке 2. Чем большее напряжение приложено к контактам, тем меньшая оптическая мощность требуется для «открытия» структуры.

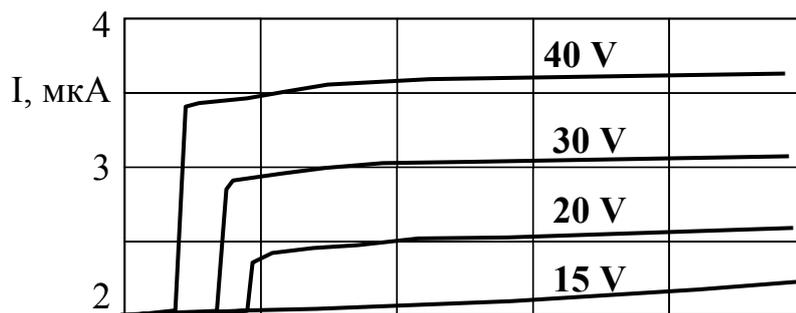


Рис. 2. Энергетические характеристики при различных напряжениях питания

Пористые пленки могут использоваться для изготовления оптических детекторов и ключей. Основное преимущество таких детекторов, что рабочий ток формируется основными носителями заряда, инжектированными приложенным напряжением, а фотогенерированные неосновные носители заряда влияют только на формирование каналов проводимости между порами.

УДК 681.518

**С.А. Дюбрюкс, Д.Б. Борзов, В.С. Титов**

borzovdb@kursknet.ru

*Курский государственный технический университет*

### **МЕТОДИКА ПЕРЕНАЗНАЧЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ВНУТРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ**

Разработчики компьютеров часто прибегают к методам проектирования, известным под общим названием «совмещение операций», при котором многопроцессорная система с разделенной памятью в любой момент времени параллельно выполняет несколько операций. При этом известно, что операторы могут выполняться параллельно, если между ними нет информационной зависимости. В докладе предлагается методика уменьшения информационной зависимости путем переназначения переменных.

Данная работа является развитием идей, предложенных в [1]. Исходными данными для организации распараллеливания линейных участков являются матрица входных  $M_{in}$  и матрица выходных  $M_{out}$  переменных.

В качестве примера возьмем следующий фрагмент программы, представленный на рис. 1а, соответствующую матрицу входных переменных (рис. 1б) и матрицу выходных переменных (рис. 1в).

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	
1. $a=b+d$	1	0	1	0	1	0	0		1	1	0	0	0	0	0	
2. $c=a+e$	2	1	0	0	0	1	0		2	0	0	1	0	0	0	
3. $g=a+c$	3	1	0	1	0	0	0		3	0	0	0	0	0	1	
4. $b=f+d$	<i>Min</i> =	4	0	0	0	1	0	1	<i>Mout</i> =	4	0	1	0	0	0	0
5. $d=g+c$		5	0	0	1	0	0	0		1	0	0	0	0	0	
6. $c=e+b$	6	0	1	0	0	1	0		6	0	0	1	0	0	0	
7. $f=a+c$	7	1	0	1	0	0	0		7	0	0	0	0	0	1	
a)	б)							в)								

Рис. 1. Исходные данные: а – исходный фрагмент программы; б – матрица входных переменных; в – матрица выходных переменных

Алгоритм уменьшения информационной зависимости при помощи переназначения переменных с последующим распараллеливанием состоит из следующей последовательности шагов:

1.  $I=1$ ;
2.  $K=1$ ;
3. ЕСЛИ  $Mout_{ik} = 1$ , ТО П.4, ИНАЧЕ П.10;
4.  $P=I+1$ ;
5. ЕСЛИ  $Min_{pk} = 1$ , ТО П.6, ИНАЧЕ П.8;
6. ЕСЛИ  $(Min_i \cdot Min_p) + (Min_i \cdot Mout_p) = 1$ , ТО П.12, ИНАЧЕ П.7
7.  $Min_p = ((Min_i + Min_p) \oplus Mout_i)$ ;  $OP(I)=P$ ; П.12;
8.  $P = P + 1$ ;
9. ЕСЛИ  $P > M$ , ТО П.10, ИНАЧЕ П.4;
10.  $K = K + 1$ ;
11. ЕСЛИ  $K > N$ , ТО П.12, ИНАЧЕ П.2;
12.  $I = I + 1$ ;
13. ЕСЛИ  $I = M$ , ТО КОНЕЦ, ИНАЧЕ П.2;

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	
	1	0	1	0	1	0	0	1. $a=b+d$
	2	0	1	0	1	1	0	3. $c=b+d+e$
	3	1	1	0	1	1	0	3. $g=a+b+d+e$
<i>Min</i> =	4	0	0	0	1	0	1	4. $b=f+d$
	5	0	0	1	0	0	0	5. $d=g+c$
	6	0	1	0	0	1	0	7. $c=e+b$
	7	1	1	0	0	1	0	7. $c=e+b+a$
a)	б)							

Рис. 2. Модифицированная матрица входных переменных и соответствующий фрагмент параллельной программы

Как видно из рис. 2, фрагмент, приведённый на рис. 1а, после применения предлагаемой методики можно разбить на две параллельные ветви

(рис. 2,б), каждая из которых будет выполняться на отдельном процессоре. При этом оператор с большим номером не должен выполняться раньше оператора с меньшим номером. Т.е. сначала должен быть выполнен оператор 1, затем параллельно два оператора 3, после этого последовательно – 4 и 5, и в конце – параллельно операторы 7. При этом будет исключена возможность одновременной записи данных в одну ячейку памяти, а также вероятность одновременного инициирования операций записи и чтения данных из какой-либо ячейки.

В дальнейших исследованиях планируется применение данного подхода для распараллеливания циклических участков последовательных наследуемых программ.

---

1. Дюбрюкс, С.А. Выявление параллелизма внутри линейных участков последовательных программ со связями по управлению [Текст] / С.А. Дюбрюкс, Д.Б. Борзов, В.С. Титов // Сб. тр. XIV междунар. науч.-техн. конф. «Машиностроение и техносфера XXI века». Т. 2. Донецк, 2007. С. 26-30.

УДК 519.725

**С.И. Егоров, Д.Г. Барышок**

sie58@mail.ru, vindoo@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

**ОБНАРУЖЕНИЕ ОШИБОК СИНХРОНИЗАЦИИ  
В ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛАХ  
СО ВСТАВКАМИ/ВЫПАДЕНИЯМИ СИМВОЛОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ КОДОВ  
РИДА-СОЛОМОНА**

В ряде каналов передачи и хранения информации, кроме аддитивных ошибок, могут возникать также и ошибки типа вставок и выпадений символов. К таким каналам можно отнести каналы воспроизведения информации накопителей с оптическими и магнитными носителями, в которых основными причинами этих ошибок являются дефекты носителя.

Вставки и выпадения символов приводят к потере ранее достигнутой синхронизации между передатчиком и приемником и неправильной интерпретации элементов сообщения. Системы FEC (Forward Error Correction) для вышеупомянутых каналов должны не только исправлять аддитивные ошибки, но также обнаруживать ошибки синхронизации.

В системах FEC для коррекции ошибок широко используют помехоустойчивые коды Рида-Соломона (РС), которые могут гарантированно исправлять любой набор из  $t$  ошибочных символов, если выполняется условие  $2t+1 \leq d$  ( $d$  – минимальное кодовое расстояние). В [1] показано, что корректирующие свойства РС-кодов не исчерпываются исправлением  $t$  ошибочных символов – во многих случаях можно исправить большее число ошибок. В представленной работе исследуется другое возможное использование дополнительной избыточности РС-кодов – обнаружение с ее помощью ошибок синхронизации.

Известно, что декодирование по ограниченному расстоянию слова РС-кода с ошибками может закончиться следующими результатами:

- 1) восстановлено исходное кодовое слово (верная коррекция);
- 2) получено другое кодовое слово (ложная коррекция);
- 3) декодер не может завершить процедуру декодирования получением какого-либо кодового слова (неудачное декодирование).

В случае появления в кодовом слове РС-кода вставок или выпадений символов классические алгоритмы декодирования, как правило, не могут восстановить исходное кодовое слово. В этом случае важно избежать ложной коррекции. Малая величина вероятности ложной коррекции  $P_{fc}$  слова РС-кода в случае наличия в нем вставок или выпадений символов будет говорить о хорошей обнаруживающей способности данного РС-кода применительно к ошибкам синхронизации.

В представленной работе вероятность ложной коррекции  $P_{fc}$  оценивалась путем имитационного моделирования. Исследовались РС-коды, определенные над конечным полем  $GF(2^8)$ , с  $d = 9, 13, 17$ . В качестве алгоритма декодирования по ограниченному расстоянию использовался алгоритм Берлекэмп-Месси. В каждом кодовом слове случайным образом вносилось фиксированное количество ошибок опознания, затем на случайным образом выбранной позиции удалялся один символ.

Зависимость вероятности ложной коррекции  $P_{fc}$  от длины кодового слова  $n$  РС-кода в случае отсутствия ошибок опознания приведена на рисунке. На рисунке не показаны два набора особых точек: для кодов с одним информационным символом  $P_{fc} = 0$ , для неукороченных кодов (255,247), (255,243), (255,239) вероятности  $P_{fc}$  соответственно равны  $5,4 \cdot 10^{-2}$ ,  $2,5 \cdot 10^{-2}$ ,  $3,1 \cdot 10^{-2}$ . При увеличении числа ошибок опознания вероятности  $P_{fc}$  уменьшаются.

Приведенный график показывает малую величину  $P_{fc}$  для широкого диапазона параметров РС-кодов, что говорит о возможности эффективного использования их дополнительной избыточности для обнаружения синхронизационных ошибок.

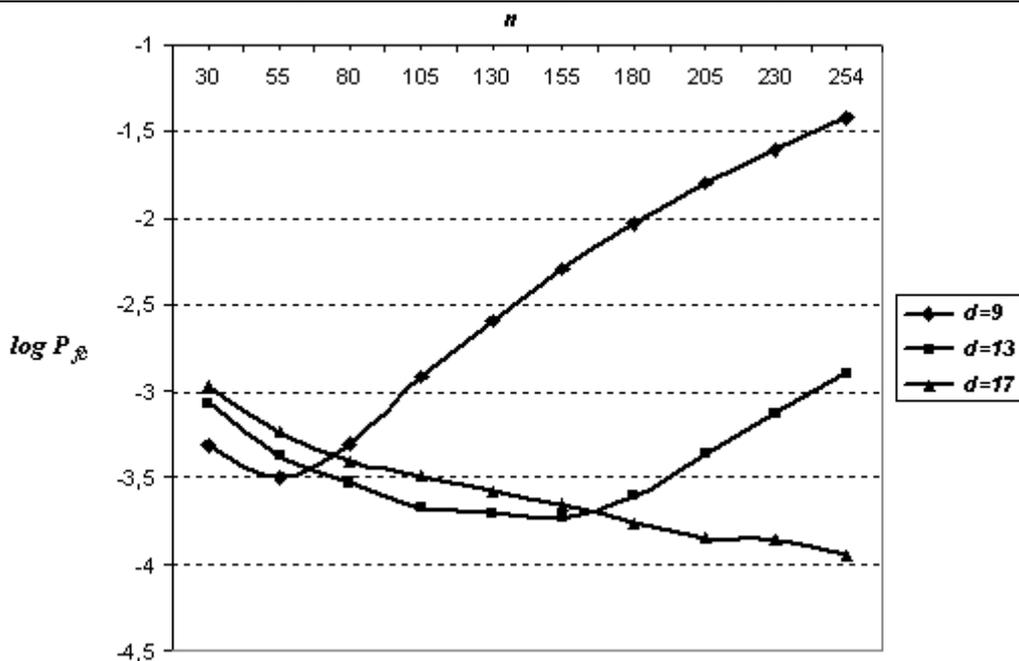


Рис.

1. Егоров, С.И. Повышение эффективности исправления ошибок помехоустойчивыми кодами Рида-Соломона в цифровых телекоммуникационных каналах [Текст] / С.И. Егоров, Г. Маркарян // Телекоммуникации. 2005. № 10. С. 2-8.

УДК 519.725

**С.И. Егоров, С.Р. Ломтадзе**

sie58@mail.ru, sergo-lomtadze@rambler.ru

*Курский государственный технический университет*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЯГКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ДЕКОДИРОВАНИИ КОДОВ РИДА-СОЛОМОНА ЗА ГРАНИЦЕЙ ПОЛОВИНЫ МИНИМАЛЬНОГО КОДОВОГО РАССТОЯНИЯ**

Известно, что помехоустойчивые коды Рида-Соломона (РС) могут гарантированно исправлять любой набор из  $t$  ошибочных символов, тогда и только тогда, когда выполняется условие  $2t+1 \leq d$  ( $d$  – минимальное кодовое расстояние). В [1] предложен простой декодер РС-кодов, исправляющий во многих случаях  $t+1$  ошибочных символов. Применение декодера для декодирования многих РС-кодов, используемых на практике, дает значительное

уменьшение доли кодовых слов с неисправимыми ошибками FER (Frame Error Rate) по сравнению с традиционными декодерами РС-кодов.

Недостатком декодера [1] является относительно низкое быстродействие, обусловленное переборным характером поиска неизвестных невязок при исправлении  $t+1$  ошибок. В процессе перебора вычисляются множества последовательностей вида:

$$S_i = \{ \Delta_{2t+1}^{i,j} = \frac{\alpha^i - \alpha^j}{C_i - C_j}; j = i+1, \dots, n-1; P(\alpha^j) \neq 0 \}; i = 0, \dots, n-1-t; P(\alpha^i) \neq 0, (1)$$

или

$$S_i = \{ \Delta_{2t+1}^{i,j} = \frac{D_i - D_j}{\alpha^i - \alpha^j}; j = i+1, \dots, n-1; P(\alpha^j) \neq 0 \}; i = 0, \dots, n-1-t; P(\alpha^i) \neq 0, (2)$$

где  $\alpha$  – примитивный элемент поля  $GF(q)$ ;  $C(x)$ ,  $D(x)$ ,  $P(x)$  – вспомогательные многочлены, полученные из синдрома принятого из канала кодового слова;  $n$  – длина кодового слова в символах. Количество вычислений возможных значений невязки  $\Delta_{2t+1}^{i,j}$  равно  $n_S = (n-1+t)(n-t)/2$ .

Быстродействие декодера может быть увеличено за счет усреднения времени декодирования кодовых слов с различным числом ошибок.

Кроме того, значительное увеличение быстродействия может быть достигнуто путем управления перебором (1, 2) информацией о надежности принятых из канала символов. Модифицированные формулы (1, 2) показаны ниже:

$$S_i = \{ \Delta_{2t+1}^{L[i],L[j]} = \frac{\alpha^{L[i]} - \alpha^{L[j]}}{C_{L[i]} - C_{L[j]}}; j = i+1, \dots, n-1; P(\alpha^{L[j]}) \neq 0 \}; i = 0, \dots, n_c; P(\alpha^{L[i]}) \neq 0,$$

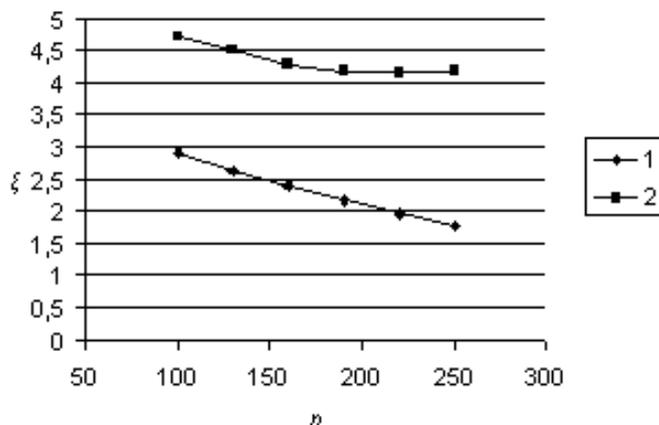
или

$$S_i = \{ \Delta_{2t+1}^{L[i],L[j]} = \frac{D_{L[i]} - D_{L[j]}}{\alpha^{L[i]} - \alpha^{L[j]}}; j = i+1, \dots, n-1; P(\alpha^{L[j]}) \neq 0 \}; i = 0, \dots, n_c; P(\alpha^{L[i]}) \neq 0,$$

где  $L$  – массив номеров позиций символов принятого кодового слова, упорядоченных по возрастанию надежности символов,  $n_c \leq n-1-t$ . При такой организации перебора неизвестная невязка  $\Delta_{2t+1}^{L[i],L[j]}$  находится при малых значениях  $i$ .

Результаты исследования усовершенствованного декодера в канале с аддитивным белым гауссовским шумом (AWGN) и модуляцией BPSK приведены на графике. Имитационным моделированием исследовались РС-коды с  $d=13$ , определенные над конечным полем  $GF(2^8)$ ,  $n_c = 30$ . Модель канала – BPSK, AWGN,  $E_b/N_0=7$  db. На графике  $\xi$  обозначает коэффициент повышения быстродействия поиска неизвестных невязок, равный отношению  $n_S \cdot n_w$  ( $n_w$  – число обработанных кодовых слов в процессе моделирования) к реальному числу вычислений  $\Delta_{2t+1}^{i,j}$  невязок декодером при исправлении  $t+1$  ошибок. Кривая 1 соответствует случаю декодирования кодовых слов с  $t+1$  ошибкой по алгоритму [1] (характеризует возможность повышения быстро-

действия декодера за счет усреднения времени декодирования), кривая 2 – случаю управления поиском невязок информацией о надежности принятых символов.



Использование информации о надежности принятых из канала символов кодового слова в процессе поиска неизвестных невязок позволяет значительно повысить быстродействие декодера.

---

1. Egorov, S. A Modified Blahut Algorithm for Decoding Reed-Solomon Codes Beyond Half the Minimum Distance [Text] / S. Egorov, G. Markarian, K. Pickavance // IEEE Trans. on Commun. December 2004. vol. 52. no. 12., P. 2052-2056.

УДК 621.397.01

**И.Л. Егошина**

*Межрегиональный открытый социальный институт,  
г. Йошкар-Ола*

## **ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩЕНИЯ КВАТЕРНИОННОГО СИГНАЛА**

При проектировании робототехнических систем, как и при синтезе алгоритмов обработки трехмерных сигнальных векторов, актуальной является обратная задача вращения векторов. При ее решении заданными считаются исходный и повернутый векторы, а необходимо найти ось и величину угла поворота исходного вектора. Рассмотрим один из подходов к решению обратной задачи для случая поливекторов, каждая компонента которого является трехмерным вектором. Именно в таком виде представляются трехмерные изображения.

Кватернионный сигнал (КТС)  $Q = \{q_n\}_{0,s-1}$  представляет собой пучок из  $s$  радиус-векторов  $q(n), n = 0, 1, \dots, s-1$ , каждый из которых выражен векторным кватернионом, т.е.  $q(n) = q_1(n)i + q_2(n)j + q_3(n)k, n = 0, 1, \dots, s-1$

Здесь  $q_1(n), q_2(n)$  и  $q_3(n)$  – вещественные числа, а  $i, j, k$  – мнимые единицы. Далее радиус-векторы  $q(n)$  будем называть элементарными векторами (ЭВ) сигнала. Поворот КТС является операцией, в результате которой каждый из его ЭВ вращается вокруг одной и той же оси на одинаковый угол.

Операция поворота КТС выполняется аналитическим путем следующим образом:  $P = bQb^{-1}$ , где  $b = b_0 + b_1 i + b_2 j + b_3 k, |b| = 1$  – вращающий кватернион, а  $b^{-1}$  – сопряженный с ним кватернион, причем  $bb^{-1} = 1$ . В тригонометрическом виде вращающий кватернион представляется как  $b = \cos\varphi + r\sin\varphi$ , где  $r = (b_1 i + b_2 j + b_3 k) / \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}, |r| = 1$  – направляющий вектор оси вращения, а  $2\varphi$  – величина угла поворота.

Решение обратной задачи заключается в определении параметров вращения  $2\varphi$  и  $r$ .

Было найдено достаточно простое решение обратной задачи вращения кватернионного сигнала вокруг произвольно ориентированной оси и на произвольную величину угла поворота. Важность этой операции при распознавании точечных пространственных изображений, заданных пучком векторов в кватернионном представлении объясняется необходимостью нормировки распознаваемых изображений по параметрам их поворота относительно эталонного изображения. Это связано с некоммутативным характером операции перемножения кватернионов. Подобная нормировка как раз и реализуется с помощью решения обратной задачи. Если эту задачу решать на основе системы нелинейных уравнений, то требуемая трудоемкость значительно превысила бы затраты на решения самой задачи распознавания.

Необходимо отметить, что решение обратной задачи не предполагает зашумление повернутого КТС  $P$ . Реально такая ситуация всегда имеет место при распознавании зашумленных изображений. Если  $Q$  – эталонный сигнал, то распознаваемый сигнал этого же класса масштабируется случайным образом, искажается шумами, поворачивается вокруг произвольно ориентированной оси на неизвестный угол:  $P = b(\mu Q + N)b^{-1}$ , где  $\mu$  – случайный масштабный коэффициент, а  $N$  – шумовой КТС. Полагая, что  $bN b^{-1}$  – по-прежнему шумовой КТС, распознаваемое изображение можно представить как

$$F\{= f(n)\}_{0,s-1} = bQb^{-1}.$$

Здесь  $F$  является искаженными шумами КТС  $P$ , и обратная задача переходит в задачу оценки параметров вращения зашумленного КТС. Такая за-

дача может быть решена путем усреднения полученных для каждой пары ЭВ  $q(n)$   $f(n)$ ,  $n = 0, 1, \dots, s - 1$ , вычисленных описанным выше способом значений  $2\varphi(n)$  и  $r(n)$ .

УДК 004.932.2

**В.В. Еремеев, В.А. Зенин**

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

## **ОЦЕНКА ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ СИСТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВИДЕОДАНЫХ**

Для любых изображений отношение сигнал/шум является важной характеристикой, обуславливающей качество видеоданных. Но вследствие неидеальности материалов, технологий и условий съемки, все изображения содержат шумовые компоненты.

Наиболее распространенным является аддитивный и независимый от видеоданных шум. В докладе рассматриваются подходы к оценке интенсивности такого шума на основе анализа автокорреляционных функций (АКФ) последовательности отсчетов  $b_m = x_m + \varepsilon_m$ , формируемых одним фотоприемником в виде суммы полезного сигнала и шума.

В силу своей независимости и аддитивности шум оказывает влияние только на значение АКФ  $\widehat{K}_{x,\tau}$  в точке  $\tau = 0$ . Оценка дисперсии шума сводится к получению прогнозного значения  $K_{x,0}$  по определяемым экспериментально  $\widehat{K}_{x,\tau}$ ,  $\tau = 1, 2, \dots$ . В качестве модели АКФ выбрана двухпараметрическая функция вида

$$K_{x,\tau} = ae^{-c\tau^2}. \quad (1)$$

Выбор объясняется тем, что (1) удовлетворяет необходимым свойствам, накладываемым природой АКФ, она четна, имеет максимум при  $\tau = 0$  и стремится к нулю при увеличении модуля  $\tau$ . Параметры  $a$  и  $c$  определяются по реальным значениям АКФ в точках 1 и 2:

$$c = \frac{1}{3} \ln \frac{\widehat{K}_1}{\widehat{K}_2}, \quad a = \sqrt[3]{\frac{\widehat{K}_1^4}{\widehat{K}_2}}. \quad (2)$$

Дисперсия шума определяется как

$$D[\varepsilon] = \widehat{K}_{x,0} - K_{x,0}. \quad (3)$$

Оценка случайной погрешности экстраполяции может быть проведена по группе фотоприемников. Для этого вычисляется СКО  $\sigma(K_3)$  разности реального и экстраполируемого по (1) значений АКФ при  $\tau = 3$ . Выбранная

модель определяет связь между погрешностями АКФ в точках  $\tau = 3$  и  $\tau = 0$  как  $\sigma(\Delta_0) \approx \frac{4K_1^3}{9K_2^3} \sigma(K_3)$ .

Недостаток такого подхода заключается в высокой относительной погрешности при оценке малого уровня шума и малом объеме статистической выборки, так как при  $|D[\varepsilon]| \ll |K_{x,0}|$  и равенстве абсолютных погрешностей ( $\Delta_{D[\varepsilon]} = \Delta_{K_{x,0}}$ ),  $\delta_{D[\varepsilon]} \gg \delta_{K_{x,0}}$ . Это требует для получения приемлемой точности использовать последовательности кодов яркости, длина которых имеет порядок миллионов отсчетов, что технически труднодостижимо.

Другой подход лишен указанного недостатка. Он заключается в замене исходной последовательности кодов яркости, формируемой фотоприемником, разностями её соседних отсчетов:  $z_m = b_m - b_{m-1} = (x_m - x_{m-1}) + (\varepsilon_m - \varepsilon_{m-1})$ . Здесь важно заметить, что слагаемые видеосигнала  $(x_m - x_{m-1})$  и шума  $(\varepsilon_m - \varepsilon_{m-1})$  сопоставимы по величине. При этом дисперсия шума соизмерима со значениями АКФ. Выражения, характеризующие связь отсчетов АКФ  $\widehat{K}_{x,\tau}$  исходной последовательности с отсчетами АКФ  $\widehat{K}_{z,\tau}$  новой последовательности, имеют вид:

$$\begin{aligned} K_{z,0} &= [-K_{x,-1} + 2K_{x,0} - K_{x,1}] + 2D[\varepsilon], & K_{z,1} &= [-K_{x,0} + 2K_{x,1} - K_{x,2}] - D[\varepsilon], \\ K_{z,2} &= [-K_{x,1} + 2K_{x,2} - K_{x,3}], & K_{z,3} &= [-K_{x,2} + 2K_{x,3} - K_{x,4}]. \end{aligned} \quad (4)$$

Как видно в данном случае шум влияет на значения АКФ в точках  $\tau = 0$  и  $\tau = 1$ . Следует заметить, что части, заключенные в квадратные скобки, являются дискретными аналогами второй производной автокорреляционной функции  $K_{x,\tau}$ . Поэтому в качестве модели поведения АКФ без шума можно использовать вторую производную зависимости (1):

$$K_{z,\tau} = \frac{d^2}{d\tau^2} K_{x,\tau} = \frac{d^2}{d\tau^2} (ae^{-c\tau^2}) = \frac{d}{d\tau} (-2ac\tau e^{-c\tau^2}) = 2ace^{-c\tau^2} (1 - 2c\tau^2). \quad (5)$$

Оценку дисперсии шума можно выполнить, решив систему нелинейных уравнений:

$$\begin{cases} 2ac + 2D[\varepsilon] = \widehat{K}_{z,0} & , \\ 2ac(1 - 2c)e^{-c} - D[\varepsilon] = \widehat{K}_{z,1} & , \\ 2ac(1 - 8c)e^{-4c} = \widehat{K}_{z,2} & . \end{cases} \quad (6)$$

Апробация описанных подходов выполнялась на космических снимках от аппаратов МЕТЕОСАТ-8 и Ресурс-4. Оценивалось присутствие шума на исходном изображении, а затем в него вносился случайный шум с нормальным распределением заданной интенсивности, и процедура оценки повторялась. Систематическая погрешность при этом вычислялась как средняя раз-

ность, а случайная – как СКО, регистрируемого изменения оценки шума и заданной дисперсии вносимого шума, отнесенные к дисперсии вносимого шума. При этом каждая из них не превысила 4%.

УДК 004.932.2

**В.В. Еремеев, П.А. Князьков**

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

## **ОЦЕНКА ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЯРКОСТНЫХ ПЕРЕПАДОВ**

Частотно-контрастная характеристика (ЧКХ) систем формирования изображений является важным показателем качества, характеризующего разрешающую способность. Классическим способом получения ЧКХ является анализ изображений систем периодических решеток (мир), полученных в лабораторных условиях. Оценка ЧКХ систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является возможной только на стадии предполетных испытаний, но на практике остро стоит проблема получения этой характеристики в процессе эксплуатации. В таких условиях единственным возможным способом получения ЧКХ является анализ видеоданных земной поверхности. В докладе рассматривается алгоритм получения ЧКХ систем ДЗЗ, основанный на анализе яркостных перепадов границ объектов изображений.

Разрешающая способность систем формирования изображений определяется функцией рассеивания точки (ФРТ). Искомая ЧКХ системы ДЗЗ получается посредством применения преобразования Фурье к ФРТ системы. В свою очередь, ФРТ представляет собой производную от функции рассеивания края (ФРК) системы. Таким образом, получение ЧКХ можно представить последовательностью следующих операций:

$$\text{ФРК} \longrightarrow \text{ФРТ} \longrightarrow \text{ЧКХ} .$$

1)

Определение ФРК выполняется посредством анализа прямых контрастных границ объектов изображений (границы дорог, набережных, полей, крупных зданий). Для определенности в дальнейшем определяется ЧКХ для строчного направления развертки. При несовпадении прямой границы объекта с направлением строчной и кадровой развертки на изображении наблюдаются пространственные смещения границы объекта сцены от одной строки или столбца к следующему. Очевидно, что пиксели области границы с яркостью  $I_c = (I_o + I_\phi) / 2$ , где  $I_o$  – яркость объекта;  $I_\phi$  – яркость фона, будут соответствовать попаданию границы объекта на середину апертуры видеодатчи-

ка. Задав две точки границы с яркостью  $I_2$  и используя уравнение прямой, проходящей через две точки, получается аналитическое описание границы объекта. Выполнение по граничной области для каждой строки пересчета координат пикселей относительно скорректированного аналитического описания границы для этой строки позволяет получить отсчеты ФРК.

Коррекция координаты положения границы осуществляется для компенсации угла наклона с учетом равномерной чувствительности видеодатчика по апертуре (рис.).

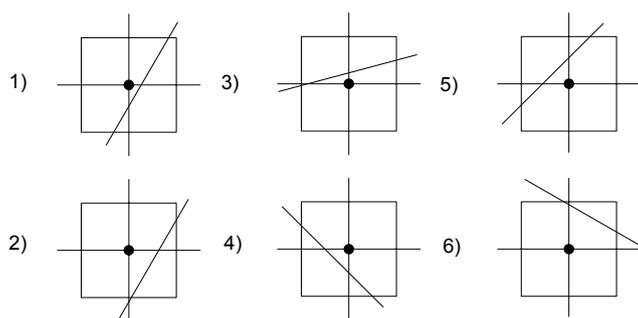


Рис. Варианты пересечения границы с пикселем

С учетом шести возможных вышеперечисленных вариантов пересечения границы с пикселем коррекция положения границы осуществляется соответственно следующим образом:

$$\begin{aligned}
 1) \quad \widehat{x}_i^* &= \text{ent}[x_{i+1}] - 0,5[[x_i + 0,5 - x(y_i - 0,5)] + [x_i + 0,5 - x(y_i + 0,5)]]; \\
 2) \quad \widehat{x}_i^* &= \text{ent}[x_{i+1}] - 0,5[[y(x_i + 0,5) - y_i - 0,5] * [x(y_i + 0,5) - x_i + 0,5]]; \\
 3) \quad \widehat{x}_i^* &= \text{ent}[x_i] + 0,5[[y_i + 0,5 - y(x_i - 0,5)] + [y_i + 0,5 - y(x_i + 0,5)]]; k > 0 \text{ и} \\
 \widehat{x}_i^* &= \text{ent}[x_{i+1}] - 0,5[[y_i + 0,5 - y(x_i - 0,5)] + [y_i + 0,5 - y(x_i + 0,5)]]; k < 0; \\
 4) \quad \widehat{x}_i^* &= \text{ent}[x_{i+1}] - 0,5[[y_i + 0,5 - y(x_i + 0,5)] * [x_i + 0,5 - x(y_i - 0,5)]]; \\
 5) \quad \widehat{x}_i^* &= \text{ent}[x_i] + 0,5[[y(x_i - 0,5) - y_i + 0,5] * [x(y_i + 0,5) - x_i + 0,5]]; \\
 6) \quad \widehat{x}_i^* &= \text{ent}[x_i] + 0,5[[y_i + 0,5 - y(x_i - 0,5)] * [x(y_i + 0,5) - x_i + 0,5]],
 \end{aligned} \tag{2}$$

где  $\widehat{x}_i^*$  – скорректированное положение границы для пикселя пересечения;  $x_i, y_i$  – координаты центра пикселя пересечения;  $k$  – коэффициент наклона границы.

Аналитическое значение ФРК получается аппроксимацией отсчетов  $I_i$  функцией

$$I(x) = 0,5(I_0 + I_\phi) + \frac{1}{\pi}(I_0 + I_\phi) \arctg(kx) = f(b, x), \tag{3}$$

где  $b$  – масштабный коэффициент вдоль оси  $x$ , при котором выполняется условие  $\sum_{i=1}^l (f(b, x) - I_i)^2 = \min$ ;  $I$  – количество отсчетов ФРК.

Полученные ЧКХ по предложенному алгоритму не зависят от наличия на изображении аддитивного шума. Для оценки точности алгоритма был проведен анализ идеальных границ, который показал, что относительная погрешность определения ЧКХ не превышает 10%.

УДК 621.82

**Е.Н. Бирюков, Е.В. Ершов**

enbr@mail.ru

*Череповецкий государственный университет*

## **ТОЧКИ БИФУРКАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО СИГНАЛА ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ОПОР СКОЛЬЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОРЕЗИСТИВНЫМ МЕТОДОМ**

При разработке методик диагностирования подшипниковых узлов электрорезистивным методом с целью упрощения обычно пренебрегают как полупроводниковыми свойствами смазочного слоя, так и его емкостной составляющей. На практике такое упрощение вызывает значительный рост погрешности оценки основного параметра метода – толщины смазочной пленки.

Обзор теоретических обоснований механизмов, которым объясняется возникновение вентильного эффекта, а также современное теоретическое обоснование оригинального механизма представлены в [1]. В работе указывается на значительное влияние полупроводниковых свойств, выражающееся в появлении в информационном сигнале дополнительной постоянной составляющей, при измерении электрического сопротивления с помощью источника переменного напряжения. В предельном случае при совпадении частот источника и собственной проводимости подшипника, обусловленной изменением силовых факторов, и вследствие этого флуктуации толщины смазочной пленки, значение выпрямленного тока  $I_0$  будет составлять

$$I_0 = \frac{U_m g_m}{2} \cos \Psi, \quad (1)$$

где  $U_m$  – амплитуда прикладываемого напряжения;  $g_m$  – переменная составляющая проводимости подшипника;  $\Psi$  – фазовый сдвиг между колебаниями напряжения источника и проводимости подшипника.

В настоящее время наиболее приемлемым является оценка электрического сопротивления зоны трения путем измерения падения напряжения на опоре, создаваемого источником постоянного тока. Однако если проанализировать типовую схему измерения сопротивления зон трения, (рис.) и учесть, что динамический диапазон изменения электрического сопротивле-

ния смазочного слоя подшипника обычно составляет от долей Ом до нескольких сотен МОм, то становится понятно, что при данных условиях любой реальный источник не может обеспечить высокостабильного значения тока. Фактически при использовании стандартной элементной базы флуктуации составляют около 5-10 % от номинального значения прикладываемого тока. Учитывая непосредственную корреляцию рассматриваемых колебаний, можно аналогично (1) получить значение постоянной составляющей напряжения  $U_0$  для схемы с токовой стабилизацией:

$$U_0 = \frac{I_m}{2g_m} \cos \Psi,$$

где  $I_m$  – амплитуда флуктуаций тока.

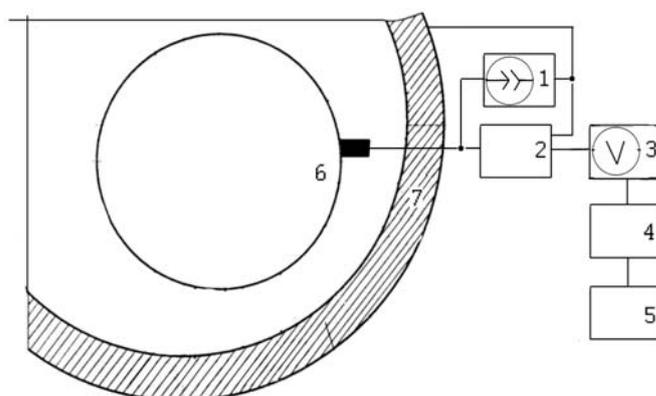


Рис. Типовая структурная схема средств измерения сопротивления зон трения; 1 – источник стабилизированного тока; 2 – преобразователь-фильтр; 3 – аналогово-цифровой преобразователь; 4 – вычислительное устройство; 5 – блок индикации; 6 – шейка вала подшипника скольжения; 7 – вкладыш подшипника скольжения

Значение фазового сдвига в этом случае будет характеризовать вид нагрузки источника тока (предельные значения  $\Psi=0$  – полностью активная,  $\Psi = \frac{\pi}{2}$  – индуктивная соответственно). Очевидно существование бифуркационных значений  $\Psi$  (точек бифуркации), в которых влияние индуктивной составляющей на формирование информационного сигнала делает невозможным использование диагностических параметров, выбранных без учета вышеизложенных допущений. Создание алгоритмов, позволяющих определять значение фазового сдвига, разрешит вопрос о границе применимости тех или иных параметров в конкретном случае и повысит точность диагностирования.

---

1. Варгашкин, В.Я. Модель вентильного эффекта смазочной пленки трибоузлов и ее использование в целях технического диагностирования [Текст] / В.Я. Варгашкин // Контроль. Диагностика. 2002. № 11. С. 54 - 61.

УДК 621.397

**Н.Е. Сивков, Е.В. Ершов**

*Череповецкий государственный университет*

## **АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ФОНЕМ ПРИ АНАЛИЗЕ ДЕТСКОЙ РЕЧИ**

В области систем распознавания речи можно обозначить два основных направления – синтез и анализ речи. К задачам анализа речи относятся: распознавание языков, оценка психофизического состояния человека, идентификация дикторов и другие. Автоматический анализ детской речи остается практически не затронутым и исследования ведутся, как правило, не для русского языка, а для таких языков, как английский, китайский, испанский.

Детскую речь в большей степени изучают такие специалисты, как лингвисты, психологи, филологи, логопеды. Автоматическое определение фонетического состава речи ребенка позволит упростить рутинный процесс прослушивания и выписывания специалистами способа произнесения того или иного слова для последующего их анализа.

В данной работе проведен анализ речи детей дошкольного возраста (4-7 лет), полученной в процессе чтения. Выявлены особенности чтения, характерные для ребят данного возраста. Показано, что речь ребенка обладает большими вариабельностью и диапазоном акустических параметров, по сравнению с речью взрослого человека, что требует построения специального алгоритма для выделения фонем.

Системы распознавания речи строятся преимущественно в виде многоуровневой модели восприятия (рис. 1).

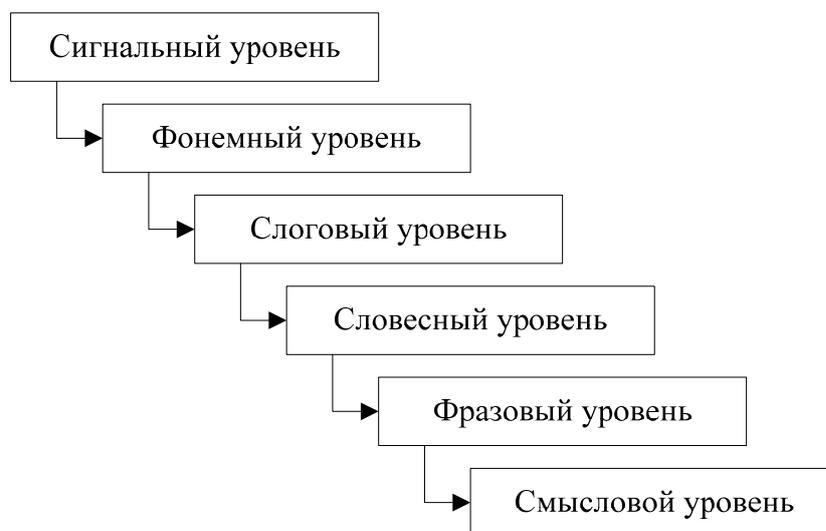


Рис. 1. Многоуровневая модель распознавания речи

Самый первый этап обработки речевого сигнала является некоторым базисом, от которого зависит дальнейший процесс обработки речи. Чем точнее производится фонемный анализ, тем корректнее информация на следующем уровне иерархии и тем меньшую ошибку удастся получить на выходе.

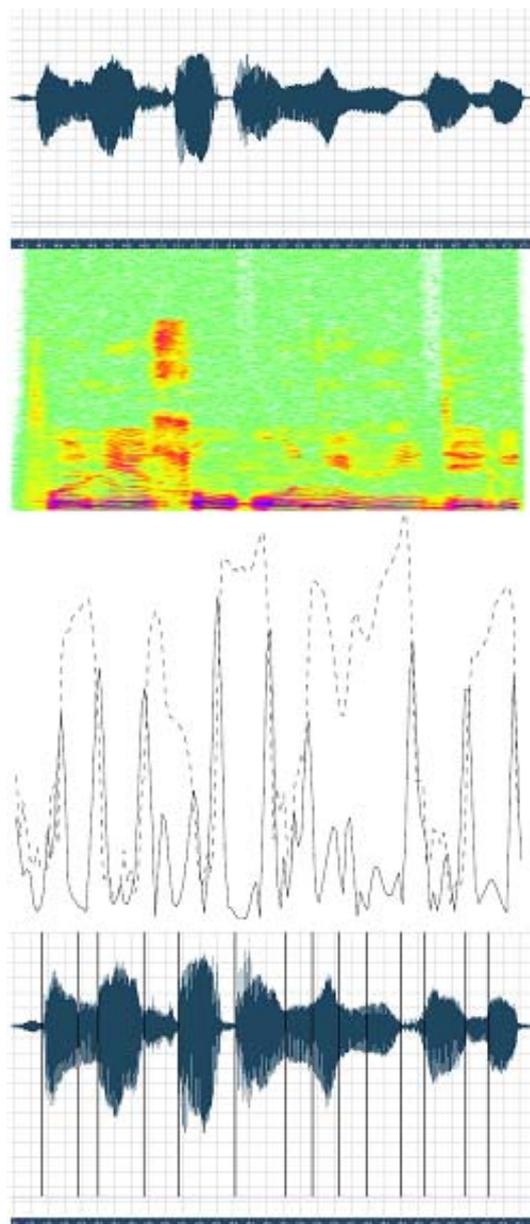


Рис. 2. Основные этапы обработки информационного сигнала следующие

Основные этапы обработки информационного сигнала следующие (рис. 2):

- 1) первоначально выполняется очистка сигнала от низкочастотных и высокочастотных шумов;
- 2) речевой звуковой сигнал переводится из амплитудного представления в частотное преобразованием Фурье;

3) сигнал разбивается на последовательность перекрывающихся фреймов одинаковой длины;

4) к каждому фрейму применяется сглаживающее окно Хэмминга для устранения спектральных искажений;

5) каждый фрейм разбивается на диапазоны частот, в которых выполняется алгебраическое суммирование групп по три дифференциальных признака, каждый дифференциальный признак определяет спектральную энергию, найденную в различных интервалах частот;

6) определяются точки сегментации, в которых наблюдается переход между двумя различными фонетическими единицами. Принцип работы алгоритма сегментации состоит в определении «скачков» во временной последовательности;

7) на основании пиковых значений «скачков» делается вывод о наличии в данном месте границы фонем.

УДК 681.3

***Е.В. Ершов, А.Н. Сухарев***

*Череповецкий государственный университет*

## **АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КЕРАТОТОПОГРАММЫ ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА**

Компьютерные карты (кератотопограммы) роговицы глаза человека находят широкое применение в лазерных технологиях при проведении персонализированной абляции. Существующие алгоритмы построения кератотопограммы в доступных по стоимости кератотопографах не позволяют анализировать поверхность роговицы около вершинной точки.

Было предложено разработать новый алгоритм обработки изображения, полученного с поверхности глаза человека с возможностью анализа центральной области роговицы с целью более точного определения оптического центра в программе расчета персонализированной абляции эксимер-лазерной установки.

Конструирование формы роговичной поверхности начинается с анализа изображения колец, полученных на роговице от проекции меток кератотопографа (мир). На изображение накладывается полярная система координат, и каждое кольцо разбивается на 256 точек, положение каждой из которых определяется ее меридианом и расстоянием от центра. Наиболее эффективным методом является метод Клайна, в котором роговичные точки соединяются гладкой непрерывной кривой, что более приближено к естественной модели роговичной поверхности. Поэтому именно этот метод был взят

за основу предлагаемого алгоритма. Цель разрабатываемого алгоритма обработки изображения состоит в том, чтобы, оценив местоположение каждой точки в двухмерном изображении, определить ее расположение в трехмерной системе координат с идентификацией точки оптической оси на роговице. Вычисления базируются на угловой высоте каждой точки отражения.

Разработанный алгоритм содержит следующие шаги (рис.):

- 1) точка вершины роговицы рассчитывается с помощью двух прямых, пересеченных внутри центрального круга;
- 2) берется начальная отраженная точка первого кольца, расположенная прямо над вершиной роговицы (точка *a*);
- 3) сравнивают угол падения с углом отражения в этой точке. Если угол падения получается больше, проекцию точки немного отодвигают по направлению отраженного луча (точка *b*);
- 4) рассчитывают полиномиальную кривую, соединяющую точку *b* с вершиной роговицы;
- 5) повторяют шаги 3 и 4 до тех пор, пока угол падения и угол отражения не будут равны в пределах заранее определенной погрешности;
- 6) используя координаты полученной точки, рассчитываются координаты последующих точек;
- 7) шаги 2-6 повторяются для каждого меридиана.

Известный алгоритм анализа изображения колец Плачидо не позволял прикреплять в файл кератотопограммы информацию об оптическом центре роговицы. Для оценки разброса установки центра пользователем была сделана генеральная выборка 50 результатов в доверительном интервале  $\pm 1$  мм. Дисперсия выборки равна 0,189, а среднее квадратичное отклонение – 0,435. Благодаря присутствию информации об оптическом центре в кератотопограмме после применения разработанного алгоритма, дисперсия полученной генеральной выборки 50 результатов в том же доверительном интервале составила 0,076, а среднее квадратичное отклонение – 0,276.

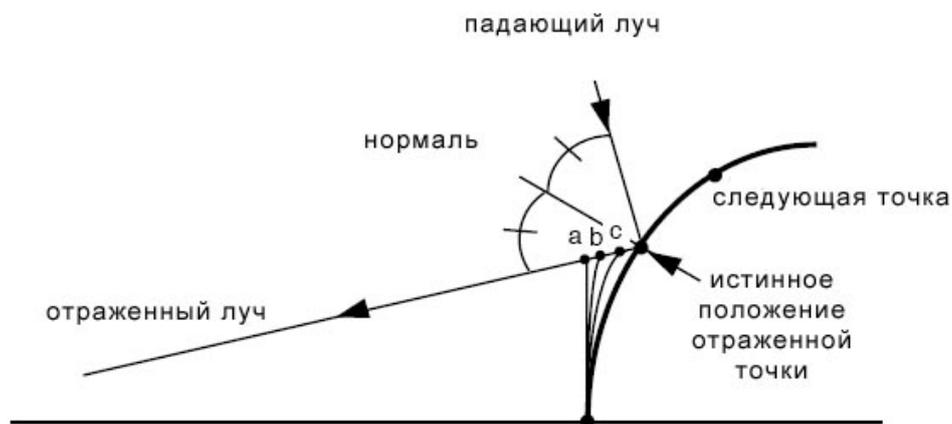


Рис. Оптическая схема получения изображения для анализа роговицы глаза человека

УДК 004.934.1.'1

**А.А. Жарких, И.А. Павлов**

zharkihaa@mstu.edu.ru, ilya.pavlov@list.ru

*Мурманский государственный технический университет*

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ**

Цель данной работы – представление результатов разработки программного модуля распознавания речевых сигналов. Программный модуль позволяет осуществлять дикторозависимое распознавание ограниченного набора речевых сигналов после предварительного обучения. Длина речевого сигнала – не более 2 секунд.

Программный модуль использует методы формирования признаков речевого сигнала на основе фильтрации и кодирования речевой волны. Распознавание речевых сигналов осуществляется на основе алгоритма динамического программирования.

Под признаком понимается некий параметр исходного сигнала, отражающий свойство, важное для распознавания. Для получения признаков, описывающих речевую волну, применялся алгоритм кодирования речевой волны (АКРВ), использующий временное представление речи. АКРВ осуществляет поиск глобальных экстремумов на интервалах постоянного знака речевой волны. Исходной информацией для алгоритма является массив дискретных значений речевого сигнала  $x = (x_0, x_1, \dots, x_n, \dots, x_{L-1})$  и количество отсчетов  $L$  в этом массиве. На выходе алгоритм формирует два результирующих вектора: вектор модулей ординат глобальных экстремумов  $y = (y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_J)$ , где  $y_j = \max |x_n|$  на  $j$ -ом интервале постоянного знака речевой волны; вектор разностей абсцисс соседних глобальных экстремумов  $t = (t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_J)$ , где  $t_j = \arg y_j - \arg y_{j-1}$ . Таким образом, для каждого речевого сигнала формируется вектор признаков (ВП):  $(y_1, y_2, \dots, y_J, t_1, t_2, \dots, t_J)$ , состоящий из  $2J$  компонент. Эти признаки в дальнейшем используются при распознавании сигналов.

Достоинством АКРВ является хорошая степень сжатия (примерно 4 – 5 раз) речевой волны. АКРВ применялся совместно с низкочастотной Фурье-фильтрацией, что позволило гибко управлять размером ВП.

Для распознавания речевых сигналов использовался метод сравнения с эталонами с последующим нахождением степени сходства с эталонами. Степень сходства между речевыми записями и эталонами рассчитывалась на основе алгоритма динамического программирования.

На вход алгоритма подавались входной и эталонный ВП:  $(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_M, t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_M)$ ,  $(Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_N, T_1, T_2, \dots, T_j, \dots, T_N)$ . Алгоритм дает возможность найти функции  $f_y$  и  $f_Y$ , позволяющие для любого элемента входного ВП найти соответствующий ему элемент эталонного ВП. На основе данного алгоритма определялась степень сходства входного и эталонного ВП.

Для проверки программного модуля использовались речевые сигналы, содержащие слова русского языка. Словарь состоял из 10 слов – числительных от 0 до 9 включительно. Для обучения и распознавания использовались речевые данные, наговоренные одним из авторов. Число уровней квантования – 16, частота дискретизации 22050 Гц. Каждое слово словаря было представлено 25 реализациями, 5 из которых использовались для обучения, а 20 – для тестирования.

При использовании программного модуля распознавания речевых сигналов можно выделить два основных этапа: обучение и распознавание. Этап обучения распознаванию речевого сигнала включает в себя следующие шаги: 1) считывание wave-файла; 2) получение ВП; 3) формирование эталона и сохранение в базе данных эталонов. Этап распознавания речевого сигнала включает в себя следующие шаги: 1) считывание wave-файла; 2) получение ВП; 3) для каждого эталона из базы данных эталонов вычисление степени сходства ВП этого эталона наблюдаемому ВП. Выбор эталона, имеющего наибольшую степень сходства. Результатом распознавания является слово, соответствующее этому эталону.

В результате проведенного тестирования средняя точность распознавания составила 97%. В перспективе возможно развитие представленного программного модуля для работы с более сложными словарями.

УДК 681.3

**Л.А. Желанова**

*Курский государственный технический университет*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМАЯ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В КЛАССЕ-ВУЗЕ ПРИ КурскГТУ**

Известно несколько поколений образовательных технологий: традиционные, модульно-блочные, цельноблочные, интегральные и др.

Технологии класса «традиционные методики» в большинстве своем являются специфическими, модульно-блочные технологии относятся к ограниченным, цельноблочные являются универсальными, то есть пригодны для преподавания почти любого предмета.

В цельноблочных технологиях в качестве минимальной единицы учебного процесса принимается блок уроков. В нашем случае блок содержит в

среднем 10 уроков. Структура блока формируется при анализе деятельности учащегося и преподавателя одновременно, так как «...именно деятельность выступает субстратом развития личности».

В начале блока учащимся выдается все содержание материала темы. Обычно это делается в форме лекции. В классе-вузе при КурскГТУ лекции по физике читаются в одном классе (в среднем 25 учащихся) в течение 2-х академических часов, то есть сдвоенными уроками. Затем на последующих уроках, которые чаще всего проводятся в форме беседы или практических занятий, закрепляется теоретический материал, отрабатываются решения задач.

Усвоение учебной программы в классе-вузе обеспечивается графиком контрольных мероприятий, а также текущими устными опросами, письменными зачетами по окончании изучения темы (тесты).

Наиболее распространенной формой контроля в лекционно-практической системе является зачет.

УДК 681.3.06

**А.Л. Жизняков, С.С. Садыков**

is@mivlgu.ru

*Муромский институт (филиал) Владимирского  
государственного университета*

## **НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Целью работы является построение подхода к описанию и анализу последовательностей цифровых изображений, основанного на введении понятий наследственности и изменчивости их признаков (особенностей).

Под изображением будем понимать функцию  $f(x,y)$ , определенную на подмножестве  $\mathbf{P}$  плоскости  $\mathbf{R}_2$  и принимающую действительные значения.

Будем считать, что каждому изображению  $f$  можно поставить в соответствие конечный набор признаков  $\mathbf{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , однозначно определяющий  $f$  среди множества других изображений, заданных на  $\mathbf{P}$ .

Последовательностью изображений  $\{f_n\}$  назовем каким-либо образом упорядоченное некоторое множество изображений  $\mathbf{f}$ , присвоив каждому его элементу индекс  $\{f_n\} = \{f_0, f_1, \dots, f_n\}$ . (1)

Так как каждое изображение из исходного множества  $\mathbf{f}$  однозначно характеризуется набором признаков  $\mathbf{X}$ , можно построить тождественную (1) последовательность  $\{X_n\} = \{X_0, X_1, X_2, \dots\}$ .

Будем считать, что если имеется некоторая последовательность изображений  $\{f_n\}$ , упорядоченная по какому-либо набору признаков  $\mathbf{X}$ , то соседние изображения в этой последовательности могут иметь некоторую сте-

пень сходства (подобия). Т.е. если некоторый признак  $x$  присутствует, на изображении  $f_k \in \{f_n\}$ , то весьма вероятно, что он проявится и на соседних изображениях  $f_{k-1} \in \{f_n\}$  и  $f_{k+1} \in \{f_n\}$ ,  $k = 1..N-2$ . Понятно, что чем сильнее связаны между собой изображения последовательности, тем длиннее (в среднем) оказывается подпоследовательность изображений

$$\{\dots f_{k-2}, f_{k-1}, f_k, f_{k+1}, f_{k+2}\dots\}, k = 1..N-2, \quad (2)$$

содержащих один и тот же признак (особенность).

Это позволяет говорить о наличии фактора *наследственности* признаков в последовательности изображений.

В то же время, очевидно, что, так как связь между изображениями последовательности будет уменьшаться по мере их удаления друг от друга (увеличения разности индексов изображений последовательности), то некоторые признаки, отчетливо проявляющиеся на одном изображении, могут быть менее заметны на другом или совсем исчезнуть.

Это можно охарактеризовать как *изменчивость* признаков в последовательности изображений.

Рассмотрим возможность формального введения понятий наследственности и изменчивости наборов признаков.

Рассмотрим последовательность, составленную из элементов  $\{X_n\}$ , определяющих один и тот же признак (например, какой-нибудь  $i$ -й признак) для всех изображений исходной последовательности

$$\{x_n^{(i)}\} = \{x_0^{(i)}, x_1^{(i)}, \dots, x_n^{(i)}\}.$$

Оператором принадлежности признака назовем оператор, определяющий уровень вхождения признака  $x^{(i)}$  в нечеткое множество  $X^{(i)}$ , то есть степень соответствия отдельной реализации признака на последовательности изображений его предельному (эталонному) значению

$$\mu_i: \mu_i[x_j^{(i)}] \rightarrow [0,1].$$

Тогда каждому набору признаков  $X_j$  изображения  $f_j \in \{f_n\}$  можно поставить в соответствие вектор  $\mu X_j = (\mu_1 x_1, \mu_2 x_2, \dots, \mu_k x_k)^T$ , где  $k$  – число признаков.

Для каждого признака введем пороговый оператор

$$\Gamma: \Gamma \mu_i[x_j^{(i)}] \rightarrow \{0,1\}. \quad (3)$$

В результате применения (3) к исходному вектору  $X_j$ , характеризующему изображение  $f_j$ , получим некоторый вектор  $\Omega_j$ , состоящий из нулей и единиц:

$$\Omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k)^T, \omega_i \in \{0,1\}, i = 1, 2, \dots, k.$$

Пусть имеются два соседних изображения  $f_m$  и  $f_{m+1}$  последовательности  $\{f_n\}$ . Им соответствуют вектора  $\Omega_m$  и  $\Omega_{m+1}$ . Рассмотрим пары элементов  $(\omega_i^m, \omega_i^{m+1})$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$ . Совпадение элементов в такой паре означает, что на обоих изображениях  $f_m$  и  $f_{m+1}$  либо присутствует один и тот-же признак, либо его нет на обоих изображениях.

Под изменчивостью последовательности изображений будем понимать процесс потери старых признаков или приобретения новых при переходе к каждому следующему изображению последовательности.

Для характеристики изменчивости можно, например, воспользоваться выражением

$$V_{\omega}(f_m, f_{m+1}) = \sum_{i=1}^k (\omega_i^m \oplus \omega_i^{m+1}) / k,$$

где  $\oplus$  – операция неравнозначности (сумма по модулю 2).

Под наследственностью последовательности изображений будем понимать процесс сохранения признаков при переходе к каждому следующему изображению последовательности.

Учитывая связь понятий наследственности и изменчивости, характеристику наследственности признаков можно ввести в следующем виде:

$$H_{\Omega}(f_m, f_{m+1}) = 1 - V_{\omega}(f_m, f_{m+1}).$$

УДК 004.932

**А.Л. Жизняков, А.А. Фомин**

*Муромский институт (филиал) Владимирского  
государственного университета*

## **МНОГОМАСШТАБНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ГРУППОВЫХ ОБЪЕКТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Одной из важных задач цифровой обработки и анализа изображений является фильтрация или обнаружение объектов. При этом в ряде случаев множество объектов на изображении требуется рассматривать как группу объектов или групповой объект. При такой постановке возникает задача фильтрации групповых объектов изображений.

Пусть  $f[x, y]$  – анализируемое изображение, содержащее множество  $\Lambda$  объектов  $\lambda_i$ , т.е.  $\Lambda = \{\lambda_i\}$ ,  $i = \overline{1, I}$ . Определяя множество  $R = \{r_i\}$  размеров объектов  $\lambda_i$  и множество  $D = \{d_{j,k}\}$  расстояний между  $j$ -м и  $k$ -м объектами множества  $\Lambda$ , групповым объектом  $\lambda^{gr}$  изображения назовем множество объектов  $\lambda_l$ , расположенных друг от друга на расстоянии, не превышающем некоторого порога  $\Delta d$ , т.е.  $\lambda^{gr} = \{\lambda_l\} : d_{m,n} \leq \Delta d$ ,  $l = \overline{1, L}$ ,  $m = \overline{1, L}$ ,  $n = \overline{1, L}$ ,  $m \neq n$ .

Для фильтрации объектов  $\lambda_l$  изображения  $f[x, y]$ , рассматриваемых в качестве локальных особенностей двумерного сигнала, используется непрерывное двумерное вейвлет-преобразование. Исходя из свойств этого преобразования, на наличие объекта в некоторой точке изображения указывают

экстремальные значения амплитуд вейвлет-коэффициентов, при этом значения вейвлет-коэффициентов тем выше, чем ближе размер используемого вейвлета  $\psi$  к размеру объекта.

Поскольку размер двумерного вейвлет-фильтра определяется масштабирующим коэффициентом  $s$ , то, очевидно, что при его увеличении максимальный отклик вейвлет-фильтра при выполнении условия вида  $r_\psi \approx r_m + r_n + d_{m,n}$ , где  $r_\psi$  – размер вейвлета, соответствует группе  $\lambda^{gr}$  объектов  $\lambda_m, \lambda_n$  изображения. Таким образом, изменяя значение  $s$ , обнаруживаются, как отдельные объекты, так и их группы на множестве  $p = \overline{1, P}$  уровней вейвлет-разложения, соответствующих масштабирующим коэффициентам  $s_p$ .

Каждый объект  $\lambda_l$  или группа объектов  $\lambda^{gr}$  на каждом уровне разложения  $p$  описывается множеством точек  $\lambda_{l,p} = \{[x, y]_{l,p,q}\}$ ,  $q = \overline{1, Q}$ . При этом предполагается, что объекты  $\lambda_{l,p}$ , выделенные на последнем уровне разложения  $P$ , являются групповыми, т.е.  $\lambda_{l,p} \equiv \lambda_{l,p}^{gr}$ .

В этом случае объединение отдельных объектов в группы осуществляется путем анализа координат точек этих объектов на всем множестве уровней разложения и проверки условия вида  $\lambda_{l,1} \in \lambda_{l,p}^{gr} : \forall p = \overline{1, P} : \{[x, y]_{l,1,q}\} \cap \{[x, y]_{l,p,q}\} \neq \emptyset$ . Другими словами, если множество точек  $\{[x, y]_{l,1,q}\}$  объекта  $\lambda_{l,1}$  с первого уровня разложения пересекается хотя бы с одним множеством точек  $\{[x, y]_{l,p,q}\}$  объектов  $\lambda_{l,p}$  со всех последующих уровней разложения, то объект  $\lambda_{l,1}$  входит в групповой объект  $\lambda_{l,p}^{gr}$  с  $P$ -го уровня разложения.

Для отображения групповых объектов предлагается использовать трехмерную модель, пример которой приведен на рисунке. Подобное представление позволяет визуальнo представить формирование группового объекта при переходе с одного уровня разложения на следующий.

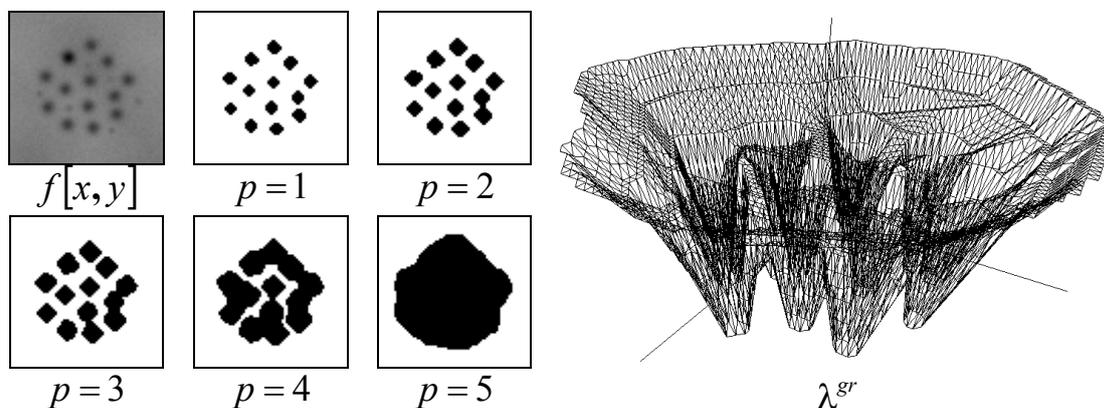


Рис. Результат обнаружения группового объекта

Кроме того, сохраняется возможность анализа топологических связей между объектами, а также определения геометрических характеристик как отдельных объектов, так и их групп, на всем множестве уровней разложения, что может оказаться весьма полезным при решении некоторых практических задач.

УДК 681.3

**Д.Л. Жиляев**

dimjan@inbox.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА ОТ РАСПОЗНАВАНИЯ**

Вопросы распознавания графической информации очень широко освещены в печати. Разработаны различные методы распознавания, предложены эффективные алгоритмы, однако вопрос защиты электронных документов от распознавания остался «за кадром».

Несмотря на кажущуюся нелепость формулировки («защита электронного документа от распознавания»), эта проблема довольно актуальна. В электронном виде сейчас хранится огромное количество информации и многие данные предназначены исключительно для просмотра. Многие авторы хотят защитить свой интеллектуальный труд от несанкционированного использования.

Целью настоящего доклада является рассмотрение вопросов, связанных с защитой целостности электронного документа от неправомерного доступа, в частности от распознавания.

Электронный документ в настоящее время перестал быть просто зафиксированной на материальном носителе информацией в виде набора символов, звукозаписью или изображением, предназначенной для передачи во времени и пространстве с использованием средств вычислительной техники. Сегодня электронный документ может быть юридически значимым, содержать конфиденциальную информацию, информацию, защищенную авторским правом, и прочее. Стало быть, у злоумышленников возрастает соблазн получить неправомерный доступ к информации, содержащейся в электронном документе, ведь с собственником (автором) они взаимодействуют лишь опосредованно через используемый документ.

Одним из самых популярных сегодня форматов электронного документа является формат PDF. PDF (аббревиатура от англ. *Portable Document Format*, произносится *пи-ди-эф*) – платформонезависимый формат электронных документов, созданный фирмой Adobe Systems с использованием ряда возможностей языка PostScript. В первую очередь он предназначен для представления в электронном виде полиграфической продукции, – значительное количество современного профессионального печатного оборудования может обрабатывать PDF непосредственно.

Авторы этого формата предусмотрели различные встроенные в документ механизмы защиты:

- защита от печати;
- защита от редактирования;
- защита от изменения прав доступа.

Однако ни для кого не секрет, что PDF документ можно распознать, используя популярную программу Abbyy FineReader. Даже при наличии в документе самой мощной встроенной в формат защиты, Abbyy FineReader легко может распознать документ (естественно, в зависимости от его качества).

В докладе рассмотрены механизмы защиты PDF документа, а также механизм электронных подписей для защиты и проверки подлинности электронных документов.

Формат документов PDF открыт для мирового сообщества, в связи с этим производители программного обеспечения могут проектировать программы чтения и редактирования документов. Именно так и работает программа Abbyy FineReader.

Язык PostScript является специализированным скриптовым языком, описывающим формат, структуру, механизм отображения информации, содержащейся в документе PDF. В связи с этим, в систему защиты документа можно встроить механизм неискажающего внедрения латентных синтаксических конструкций с целью затруднения процесса распознавания. Его суть в следующем. В блоки, описывающие структурные элементы документа, вносятся скрытые синтаксические конструкции, не влияющие на отображение информации, однако затрудняющие распознающей программе их идентификацию и анализ.

Исходя из приведенных данных, можно сделать следующие выводы:

- существующие механизмы защиты документов PDF неэффективны при распознавании;
- изменяя исходный код PDF документа можно добиться снижения эффективности распознавания документа соответствующими программами.

УДК 681.511.42

***Ж.Т. Жусубалиев, Д.В. Титов***

*Курский государственный технический университет*

## **МЕТОДИКА АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ**

Импульсные системы автоматического управления широко применяются в различных отраслях промышленности благодаря простоте реализации, малой энергоёмкости и высокой точности.

В докладе рассматривается методика анализа устойчивости периодических режимов системы автоматического управления с широтно-импульсной модуляцией первым методом Ляпунова с привлечением метода точечных отображений Пуанкаре, включающая:

1. Алгоритм поиска периодических режимов методом уравнений периодов, позволяющий находить как устойчивость, так и неустойчивость движения.

2. Численно-аналитический метод расчёта матрицы монодромии, основанный на линеаризации стробоскопического отображения в окрестности неподвижной точки и численном расчёте мультипликаторов Флоке, позволяющих с заданной точностью рассчитывать границы области устойчивости в пространстве параметров системы.

С использованием данной методики выполнен анализ устойчивости системы, модель которой можно записать в виде:

$$\begin{cases} x_k = e^{\lambda_1} x_{k-1} + e^{\lambda_1(1-z_k)} - e^{\lambda_1}; \\ y_k = e^{\lambda_2} y_{k-1} + e^{\lambda_1(1-z_k)} - e^{\lambda_2}, \\ z_k = \begin{cases} 0, & \varphi(0) \leq 0 \\ z_*, & \varphi(0) > 0, \quad \varphi(1) < 0; \\ 1, & \varphi(1) \geq 0, \end{cases} \end{cases}$$

где  $x, y$  – координаты неподвижной точки;  $k$  – номер тактового интервала,  $k=1, 2, \dots$ ;  $\lambda_1, \lambda_2, P, q, \Omega$  – собственные параметры системы;  $z_k$  – относительная длительность импульса (коэффициент заполнения);  $z_*$  – наименьший корень уравнения

$$\vartheta \frac{e^{\lambda_2 z_*} - e^{\lambda_2}}{1 - e^{\lambda_2}} - \frac{e^{\lambda_1 z_*} - e^{\lambda_1}}{1 - e^{\lambda_1}} - \frac{P}{\alpha \Omega} z + \frac{q}{\Omega} = 0,$$

где  $\vartheta = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ .

Установлены координаты неподвижной точки, определяющей устойчивость системы.

УДК 621.397.01

**Т.А. Заикина, О.С. Чернышова**

*Курский государственный технический университет*

## **К АНАЛИЗУ УСТОЙЧИВОСТИ НЕПОДВИЖНЫХ ТОЧЕК СВЯЗАННЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ**

Синхронизация автоколебаний – одно из фундаментальных нелинейных явлений в естествознании. Эффект синхронизации периодических автоколебаний был открыт Гюйгенсом еще в XVII веке. Классические представ-

ления о явлении синхронизации в теории колебаний включают понятие захвата разности фаз и, как следствие, захвата частот периодических колебаний взаимодействующих автоколебательных систем.

Различают внешнюю и взаимную синхронизацию периодических колебаний. В первом случае управляемый генератор находится под воздействием внешнего периодического сигнала, а во втором – эффект синхронизации реализуется при взаимной связи между генераторами.

В отсутствие синхронизации колебательный режим взаимодействующих автогенераторов является квазипериодическим. Фазовая траектория представляет собой эргодическую обмотку на поверхности двумерного тора. Синхронизации периодических колебаний с точки зрения теории динамических систем соответствует явление резонанса, когда фазовая траектория замыкается на поверхности тора.

К числу базовых моделей, описывающих явление синхронизации, относится двумерное отображение с линейной связью:

$$X_k = F(x_{k-1}), \quad k = 1, 2, \dots$$

или

$$\begin{cases} x_k = f(x_{k-1}) + \varepsilon(y_{k-1} - x_{k-1}); \\ y_k = f(y_{k-1}) + \varepsilon(x_{k-1} - y_{k-1}). \end{cases}$$

Здесь  $X = (x, y)^T$ ;  $F = (f_1, f_2)$ ,

где  $f_1 = f(x) + \varepsilon(y - x)$ ;  $f_2 = f(y) + \varepsilon(x - y)$ ;

$$f(x) = x \cdot (1 - x) \{a \cdot x^2 + (b^2 - d \cdot a) \cdot x + c\}; \quad f(y) = y \cdot (1 - y) \{a \cdot y^2 + (b^2 - d \cdot a) \cdot y + c\};$$

$a, b, c, d, \varepsilon$  – параметры.

Целью представленной работы является разработка алгоритма анализа устойчивости неподвижных точек связанных двумерных дискретных отображений.

Периодическому движению в этом отображении соответствует неподвижная точка  $X = (x, y)^T$ , удовлетворяющая уравнению

$$X = F(X). \tag{1}$$

Решение уравнения (1) можно найти только численно. В работе уравнение (1) решалось методом Ньютона:

$$X^{S+1} = X^S - [E - \frac{\partial F(X^S)}{\partial X}]^{-1} \cdot [X^S - F(X^S)], \quad S = 0, 1, 2, \dots$$

Здесь  $\frac{\partial F}{\partial X} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} & \frac{\partial \varphi_1}{\partial y} \\ \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} & \frac{\partial \varphi_2}{\partial y} \end{bmatrix}$  – матрица Якоби.

Устойчивость неподвижной точки  $X$  определяется собственными числами  $\rho_1, \rho_2$  матрицы Якоби, вычисленной в  $X$ . Неподвижная точка устойчива, если выполняется неравенство  $|\rho_i| < 1, \quad i = 1, 2$ .

УДК 621.397.01

**Т.А. Заикина, О.С. Чернышова**

*Курский государственный технический университет*

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ**

Основной режим работы нелинейных систем – режим периодических колебаний, которые поддерживаются внешним периодическим воздействием. Следствием этого является не только значительное увеличение динамических ошибок и ухудшение качественных показателей, но и внезапные отказы. Поэтому задача расчета области устойчивости периодических режимов является чрезвычайно важной.

В данной работе разрабатывается алгоритм анализа устойчивости периодических режимов системы управления с широтно-импульсной модуляцией.

Рассмотрим широтно-импульсную систему, уравнение движения которой в безразмерной форме имеет вид

$$\dot{x} = \lambda_1(x - K_F); \quad \dot{y} = \lambda_2(y - K_F), \quad K_F = \frac{1}{2}(1 + \text{sign}(\xi)), \quad (1)$$

$$\xi = x(\tau) - \mathcal{G}y(\tau) + \frac{q}{2\Omega} - \eta(t), \quad \eta(t) = \frac{q}{\alpha\Omega}(t - \tau).$$

Здесь  $x, y \in R$ ;  $\xi, K_F$  – сигналы на входе и выходе модулятора;  $\eta(t)$  – вынуждающее воздействие, представляющее собой периодическую последовательность импульсов пилообразной формы с периодом 1:  $\eta(t+1) \equiv \eta(t)$ ;  $\tau = [t] = k - 1$ ,  $k = 1, 2, \dots$  – дискретное время, где  $[\cdot]$  – функция, выделяющая целую часть аргумента;  $\lambda_{1,2}, q = \text{const}$ ,  $\lambda_{1,2} < 0$ ;  $\mathcal{G} = \lambda_1 / \lambda_2$ . Параметр  $\Omega$  характеризует внешнее воздействие,  $\alpha$  – коэффициент усиления.

Систему уравнений (1) можно свести к двумерному кусочно-гладкому стробоскопическому отображению

$$x_k = e^{\lambda_1} x_{k-1} + e^{\lambda_1(1-z_k)} - e^{\lambda_1}; \quad y_k = e^{\lambda_2} y_{k-1} + e^{\lambda_2(1-z_k)} - e^{\lambda_2}; \quad k = 1, 2, \dots; \quad (2)$$

$$z_k = \begin{cases} 0, & \varphi_{k-1} \leq 0; \\ \frac{\alpha\Omega}{q} \varphi_{k-1}, & 0 < \varphi_{k-1} < \frac{q}{\alpha\Omega}; \quad \varphi_{k-1} = x_{k-1} - \mathcal{G}y_{k-1} + \frac{q}{2\Omega}, \quad 0 \leq z_k \leq 1; \\ 1, & \varphi_{k-1} \geq \frac{q}{\alpha\Omega}. \end{cases}$$

Здесь  $z_k$  – относительная длительность импульсов  $z_k = t_k - k + 1$ ,  $k = 1, 2, \dots$  (коэффициент заполнения), где  $t_k$  – моменты переключения модулятора.

Рассмотрим периодическое движение динамической системы (1) с одним импульсом на периоде модуляции, которому соответствует неподвижная точка дискретного отображения (2).

Координаты неподвижной точки  $(x^+, y^+)$  могут быть найдены из системы уравнений

$$\begin{cases} x = e^{\lambda_1} x + e^{\lambda_1(1-z)} - e^{\lambda_1}; \\ y = e^{\lambda_2} y + e^{\lambda_2(1-z)} - e^{\lambda_2}; \\ x - \beta y + \frac{q}{2\Omega} - \frac{q}{\alpha\Omega} z = 0. \end{cases} \quad (3)$$

После исключения переменных  $x, y$  система (3) приводится к трансцендентному уравнению относительно коэффициента заполнения  $z$

$$\psi(z) = \frac{e^{\lambda_1(1-z)} - e^{\lambda_1}}{1 - e^{\lambda_1}} - \beta \frac{e^{\lambda_2(1-z)} - e^{\lambda_2}}{1 - e^{\lambda_2}} + \frac{q}{2\Omega} - \frac{q}{\alpha\Omega} z = 0, \quad 0 \leq z \leq 1. \quad (4)$$

Корни уравнения (4) могут быть найдены численно, например, методом Ньютона:

$$z^{s+1} = z^s - \frac{\psi(z^s)}{\psi'(z^s)}, \quad s = 0, 1, 2.$$

Тогда координаты неподвижной точки находятся по формулам:

$$x^+ = \frac{e^{\lambda_1(1-z)} - e^{\lambda_1}}{1 - e^{\lambda_1}}, \quad y^+ = \frac{e^{\lambda_2(1-z)} - e^{\lambda_2}}{1 - e^{\lambda_2}}.$$

Устойчивость неподвижной точки определяется собственными числами  $\rho_1, \rho_2$  матрицы Якоби  $F$ , т.е. корнями характеристического уравнения  $\det(F - \rho E) = 0$ .

Здесь  $E$  – единичная матрица;

$$F = \begin{bmatrix} e^{\lambda_1} - \frac{\alpha\Omega\lambda_1}{q} e^{\lambda_1(1-z)} & \frac{\alpha\Omega\lambda_1^2}{q\lambda_2} e^{\lambda_1(1-z)} \\ -\frac{\alpha\Omega\lambda_2}{q} e^{\lambda_2(1-z)} & e^{\lambda_2} + \frac{\alpha\Omega\lambda_1}{q} e^{\lambda_2(1-z)} \end{bmatrix}.$$

Условие устойчивости неподвижной точки записывается

$$\left\{ \det F < 1; \right. \quad \text{ИЛИ} \quad \left\{ \begin{array}{l} e^{\lambda_1+\lambda_2} + \frac{\lambda_1\alpha\Omega}{q} (e^{\lambda_2+\lambda_1(1-z)} - e^{\lambda_1+\lambda_2(1-z)}) < 1; \\ \frac{e^{\lambda_1(1-z)} - e^{\lambda_1}}{1 - e^{\lambda_1}} - \beta \frac{e^{\lambda_2(1-z)} - e^{\lambda_2}}{1 - e^{\lambda_2}} + \frac{q}{2\Omega} - \frac{q}{\alpha\Omega} z = 0. \end{array} \right.$$

УДК 621.384.3

**Т.В. Зашивайло, В.А. Рабышко, И.И. Гаранина**

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ СЕНСОРНЫХ СТРУКТУР**

Тепловые приемники находят широкое применение в разработке оптико-электронных приборов, регистрирующих излучение нагретых объектов. Важной составной частью таких устройств является чувствительный элемент преобразователя изображения. Использование системы формирования изображений в ИК-лучах дает возможность измерения температуры отдаленных предметов, а также контроля требуемого теплового режима в условиях невозможности использования контактных методов.

Разработка теоретических основ неохлаждаемых систем на новом классе чувствительных элементов – микроэлектромеханических сенсорах – позволяет создавать твердотельные многоэлементные структуры для приема и регистрации различного рода излучений.

В работе проведены исследования сенсорных систем нового типа, на основе которых получены многоэлементные неохлаждаемые структуры для создания качественно новых приборов широкого применения.

Термоэлектрические преобразователи сенсорных систем работают, как правило, при повышенных температурах. Временная стабильность в таких условиях – один из важных критериев при выборе материалов. Воспроизведение и временная стабильность были достигнуты с использованием тонкопленочного микроэлектронного приближения. Такое решение имеет следующие преимущества: относительно фиксированная временная характеристика (маленькие габариты) и простота производства в стандартном процессе.

Разработаны многоэлементные структуры на основе титанового болометра с толщиной пленки титана  $\sim 1000\text{Å}$ . Схема, считывающая сигналы с болометра, изготовлена на поверхности силиконовой подложки р-типа. В технологии изготовления микроэлектромеханических сенсоров применялись процессы фотолитографии и прецизионного травления для создания элементов с определенными конструктивными параметрами.

Представлены исследования по определению пороговых характеристик чувствительных элементов приемников излучения в температурном диапазоне 298–323К для различных конструктивных параметров. Даны

сравнительные характеристики приемников излучения и показаны преимущества неохлаждаемой болометрической матрицы, а также совместимость данной системы с процессом производства интегральных схем.

Разработана универсальная компьютерная система (УКС), которая позволяет осуществлять анализ и диагностику тепловых полей, формируемых многоэлементной структурой. Исследованы и разработаны алгоритмы и программы способов предварительной обработки тепловых изображений, а также программные способы технической диагностики, основанные на анализе изображений тепловых полей объектов. Для написания программы выбрана среда Borland Delphi. Система позволяет накапливать и сохранять до 32 изображений физических полей объектов, улучшить технические характеристики многоэлементных сенсорных структур с помощью цифровой обработки сигнала и функционировать в операционной среде Windows.

Аппаратные и программные средства УКС позволяют выполнять исследования при разработке микроэлектромеханических сенсоров, а также осуществлять диагностику физических полей объектов в различных средах.

УДК 681.5

***П.С. Зверев***

peterzverev@yandex.ru

*Курский государственный технический университет*

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ**

Решение сложных и разнообразных проблем, стоящих перед исследователями, зачастую требует достоверных опытных данных, для получения которых необходимы быстро работающие программно-аппаратные системы для автоматической локализации и идентификации объектов в изображениях.

Перед нами стояла цель создания программно-алгоритмических средств, расширяющих интеллектуальные возможности компьютеров и компьютерных систем машинного зрения, повышающих эффективность процессов обработки данных в вычислительных машинах и комплексах. Под данными здесь понимаются фотографические изображения и видеоинформация. Результатом работы является выделение движущихся объектов среди статических.

Процесс распознавания состоит из двух этапов – предварительной обработки и собственно поиска. На первом этапе происходит получение изображения на фотоматрице объекта, на котором расположена камера (далее по тексту – базовый объект), преобразование его к требуемому формату и

передача разработанному средству. На втором этапе программа распознает движущиеся объекты среди множества статических.

Следует обратить внимание на то, что сложность второго этапа заключается в наличии у базового объекта шести степеней свободы: 1) смещение вдоль осей X, Y и Z; 2) тангаж; 3) рысканье; 4) вращение.

Поэтому для базового объекта положение всех объектов будет изменяться, причем их траектории будут являться хаотическими. Для стабилизации траектории внешних статических объектов требуются сложные и дорогостоящие технические средства, но разработанное программно-алгоритмическое средство позволяет исключить их использование.

Программно-алгоритмическое средство включает в себя как модуль распознавания, так и модули, создающие входное изображение, т.е. программа может сама себя тестировать.

Для создания программного продукта необходимо было выполнить 4 основные задачи:

1. Создать модули программ для имитации изменения положения статических и динамических объектов на входном изображении.
2. Создать модули распознавания динамических объектов среди множества статических.
3. Создать модули программ для визуализации работы программы.
4. Провести экспериментальную проверку в схеме конкретного приложения.

Для получения входного изображения, максимально приближенного к изображению, которое формировалось бы на базовом объекте, необходимо при создании входного изображения учитывать все его степени свободы.

Входными данными для программно-алгоритмического средства являются изображения, сгенерированные программой или загруженные из файлов. Выходными данными – координаты найденных движущихся объектов.

Разработанный алгоритм распознавания выполняется в два этапа.

На первом этапе происходит обнаружение всех объектов на входном изображении. Для каждого объекта устанавливается определенное количество сопряженных связей (оно задается при начале работы) и рассчитываются метрики связей. В качестве метрики связи принято Евклидово расстояние между объектами, которые участвуют в сопряжении.

На втором этапе на входном изображении обнаруживаются уже найденные объекты. После чего для каждого объекта обновляются значения расстояний между всеми парами по всем связям. Если выявляется нарушение метрик всех связей, то объект считается искусственным, иначе – естественным.

Программно-алгоритмическое средство разработано с использованием Borland Delphi 6.0, тестировалось на компьютере с процессором Pentium IV 3 ГГц и с 1ГБ оперативной памяти. Проводились тестирования двух видов:

изображения генерировались программой и изображения загружались из заранее подготовленных файлов. В первом случае входные изображения генерировались программой в течение 10 часов. За это время ошибок распознавания не произошло. Во втором случае изображения были подготовлены таким образом, чтобы максимально покрыть область возможных значений. Ошибка распознавания происходила в том случае, когда положение и траектория внешнего статического и не статического объектов совпадали. В остальных случаях ошибки распознавания не наблюдались.

УДК 681.3

**И.С. Зерин, В.М. Довгаль**

*Курский государственный технический университет*

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ АКСЕЛЛЕРАЦИОННОЙ ФОРМЫ ПРОДУКЦИИ**

Основной операцией при обработке символьной информации является операция поиска и замены образца. Для выполнения данной операции оперируют понятием продукция.

Марковской продукцией называется слово вида [1]:

$$O \rightarrow M, \quad (1)$$

где  $\rightarrow$  – разделитель слов  $O$  и  $M$ ;  $O$  и  $M$  – любые слова, возможно в расширении заданного алфавита  $A$ .

Основная проблема заключается в том, что при работе текущей продукции при длинных обрабатываемых словах (порядка десятков и сотен мегабайт) и обнаруженной позиции вхождения образца, например, в конце слова, после выполнения отступа на первую букву обрабатываемого слова будет выполняться многошаговый и «холостой» просмотр для обнаружения очередной позиции вхождения образца.

Для акселерации работы канонической продукции Маркова выполним её структурно-лингвистический анализ. Для определения отношений пересечений образца и модификатора используется конструктивная дизъюнкция [2]:

$$(O_o = M_n)V(O_n = M_o)V(O_o = M)V(O_n = M)V(O = CMD), \quad (2)$$

где индексы «н» и «о» обозначают собственные начала и окончания слов соответственно;  $C, D$  – любые слова в заданном фиксированном алфавите.

Высказывание (2) является строгим индикатором распознавания классов продукции, поскольку своим ложным значением оно однозначно определяет несоответствующие продукции, а истинным значением – соответствующие.

Как было установлено [2] для класса продукций, у каждой из которых образцы и модификаторы не пересекаются, допускается использовать безотступную технологию сопоставления, являющуюся мощным источником сокращения затрат времени.

Для преобразования самоопределяющихся продукций введена [2] унифицированная операция итерации, которая используется для записи акселерационных форм представления продукций этого класса с целью обеспечения возможности выполнять безотступную технологию сопоставления. В результате получены три формы представления продукций:

$$\{O_n\}_k O_o \rightarrow M_n \{M_o\}_k \quad (3), \quad O_n \{O_o\}_k \rightarrow \{M_n\}_k M_o, \quad (4)$$

$$\{O_n\}_i M \{O_o\}_j \rightarrow M, \quad (5)$$

где индексы-счетчики  $i, j, k$  являются указателями числа вхождения соответствующих итерирующих фрагментов.

Для всех акселерационных форм представления продукций (3) – (5) введено [3] единое правило определения в обрабатываемом слове позиции начала очередного сопоставления: позиция начала очередного сопоставления при работе продукций с итерационными скобками однозначно определяется первой буквой правого крыла предшествующей позиции вхождения образца.

Центральная акселерационная форма продукции (5) является обобщенной формой двух предыдущих форм (3), (4), поэтому дальнейшее исследование проводится с использованием этой акселерационной формы.

Тестовая строка генерируется (10000 символов) с помощью хаотического генератора, затем осуществляются вставки образца в обрабатываемое слово с определенной частотной зависимостью: или образцы равномерно распределены по пространству слова, или образцы расположены в головной его части, или образцы расположены в центральной части, или образцы расположены в завершающей части.

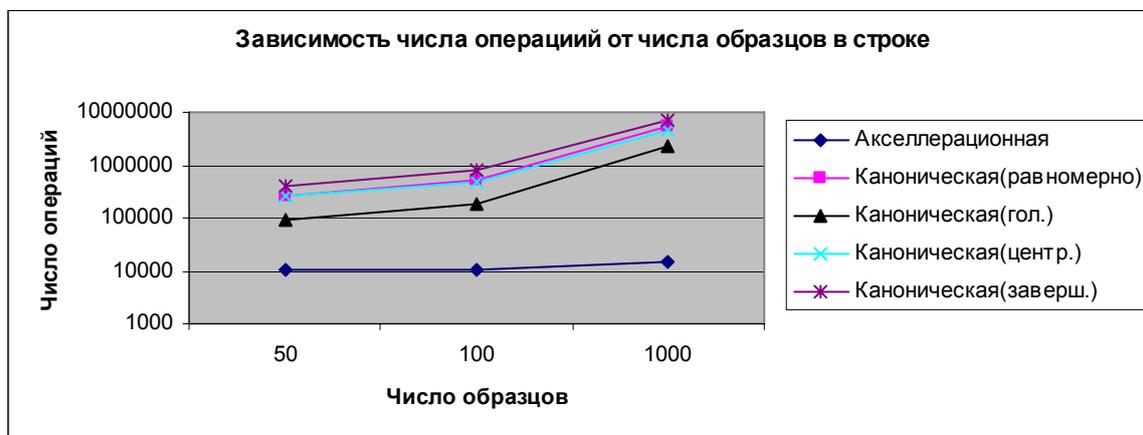


Рис. Зависимость числа итераций от числа образцов в строке

Резюме: Временные затраты на процедуру поиска остаются линейно изменяющейся величиной от числа вхождений образцов в обрабатываемом

слове. Выполнение операции поиска и замены классическим способом приводит к квадратичной зависимости. Поэтому разработанные средства акселерации целесообразно использовать в языках (Snobol-4<sup>+</sup>) и информационных системах для быстрых символьных вычислений.

---

1. Марков, А.А. Теория алгорифмов [Текст] / А.А. Марков, Н.М. Нагорный. М.: ФизМат, 1981. 432с.

2. Довгаль, В.М. Методы модификации формальных систем обработки символьной информации [Текст] / В.М. Довгаль. Курск, 1996. 115 с.

УДК 621.17:616-073.584

**Е.П. Зозуля**

alenska\_pz@mail.ru

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ленина «ЛЭТИ»*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ТРЕХМЕРНОЙ СКАТТЕРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ТИПОВ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ**

Фибрилляция предсердий – это один из наиболее часто встречающихся видов сердечных аритмий. Она вызывает опасные нарушения гемодинамики, вплоть до инфаркта миокарда, и резко снижает работоспособность человека. Существует классификация фибрилляции предсердий в зависимости от вида скаттерограммы. Выделяется 5 типов этого нарушения сердечного ритма: мономодальный симметричный, мономодальный асимметричный, амодальный, полимодальный и мономодальный инвертированный.

Тип фибрилляции предсердий отражает степень утраты регуляторных воздействий на ритм сердца: достаточное сохранение при первом, меньшее при втором, наименьшее при третьем типе. Переходной формой между трепетанием и мерцанием предсердий является четвертый тип. Выявление влияния синусового узла при фибрилляции предсердий – важный фактор в прогнозировании результатов дефибрилляции, а с помощью такой классификации можно выявлять тонкие нарушения активности синусового узла. Выделяемые типы отражают различные соотношения в системе синусовый узел – мерцающие предсердия – желудочки сердца. При фибрилляции предсердий первого и второго типов сохраняется влияние синусового узла на ритм желудочков; при третьем типе – такое влияние отсутствует.

Таким образом всё вышесказанное подтверждает важность разработки алгоритма автоматического обнаружения типов фибрилляции предсердий, различающихся видом скаттерограммы. В предыдущих исследованиях нами предлагался алгоритм автоматического распознавания различных типов фибрилляции предсердий, основанный на выделении детерминированных образов. Этот алгоритм имел небольшую ошибку, однако он не учитывал наличие одиночных экстрасистол. При появлении таких экстрасистол, а также фоновых помех метод выдавал неверный результат.

В данной работе предлагается алгоритм анализа трехмерной скаттерограммы структурными методами распознавания образов. Для фрагмента последовательности кардиоинтервалов строилась трехмерная скаттерограмма, где по оси  $OX$  откладывалось текущее значение кардиоинтервала, по оси  $OY$  – последующее и по оси  $OZ$  – общее количество точек, попавших в данную область скаттерограммы. Для того, чтобы избавиться от одиночных выбросов, к которым относятся экстрасистолии, а также от случайных помех, брался срез трехмерной скаттерограммы, находящийся на уровне, соответствующем многократному попаданию точки в каждую ячейку фазового пространства. Далее строился контур среза.

К полученной фигуре применялся структурный метод распознавания образов. Суть этого метода заключается в том, что сначала граница фигуры представляется с помощью цепных кодов в виде последовательности соединенных отрезков, для которых указаны длина и направление. Направление каждого отрезка кодировалось цифрой от 0 до 3. Далее из цепного кода получаем разность, а затем номер фигуры. Для каждого типа фибрилляции предсердий сформированы образцы, эталонные фигуры. Номер полученной фигуры сопоставлялся с номером эталонной фигуры и вычислялась степень сходства.

Были проведены исследования на модельных сигналах. Затем нами была сформирована база данных, содержащих достаточное количество ритмограмм с фибрилляцией предсердий различных типов, создана обучающая выборка.

Разработанный в данной работе алгоритм обработки трехмерной скаттерограммы, который основан на применении структурных методов распознавания образов, показывает довольно хорошие результаты.

Итак, предлагаемый в работе алгоритм анализа трехмерной скаттерограммы структурными методами распознавания образов является достаточно перспективным для применения при автоматическом обнаружении различных типов фибрилляции предсердий, которые различаются по виду скаттерограммы. Однако этот алгоритм нуждается в более детальном исследовании и в дальнейшей доработке.

УДК 681.51

**А.А. Ильин**

anatoliy\_ilyin@mail.ru

Тульский институт управления и бизнеса

## **БЫСТРЫЙ АЛГОРИТМ ДПФ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ БПФ КУЛИ – ТЬЮКИ ДЛЯ ОДНОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ**

Введем обозначения:  $x[l_y][l_x]$ ,  $l_y, l_x = 0, \dots, N - 1$  – входная последовательность двумерного сигнала;  $X_r[l_y][l_x]$ ,  $l_y, l_x = 0, \dots, N - 1$  – результирующая последовательность двумерного сигнала;  $X_k[l_y][l_x]$ ,  $l_y, l_x = 0, \dots, N - 1$ ,  $k = 0, \dots, m - 1$  – двумерный массив для обработки промежуточных результатов БПФ. Если размерность каждого измерения двумерного сигнала  $N = N_x = N_y$  представимо произведением натуральных чисел, превосходящих 1, то БПФ двумерных сигналов с прореживанием по частоте можно записать:

В выражении (1) показано присваивание элементов входного массива  $x$  временному массиву  $X_k$  с нижним индексом  $-1$ . Сам алгоритм представлен выражениями (2). Первое из выражений (2) представляет двумерное ДПФ ( $r_{k_y} \times r_{k_x}$ ) базовой операции алгоритма БПФ, второе – умножение результатов ДПФ на фазовые множители.

Выражение (3) показывает, что результатом БПФ (массив данных комплексного типа  $X_r[n_y][n_x]$ ;  $n_y, n_x = 0, \dots, N - 1$ ) является результат последнего ( $m - 1$ )-го этапа БПФ. Следует помнить, что результат БПФ в массиве  $X$  будет находиться в  $R$ -ично инверсном порядке (где массив  $R = (r_0, \dots, r_{m-1})$ ). Через  $\tilde{l}_z$  обозначена функция  $R$ -ичной инверсии значения индекса  $l_z$ . Алгоритм  $R$ -ичной инверсии для любых целых  $r_k > 1$ ,  $k = 0, \dots, m - 1$  представлен в работе.

Если при БПФ использовать различные основания, то возникает трудность при выполнении  $R$ -ично-инверсной перестановки выходных отсчетов в режиме замещения. Выполнять сам алгоритм (1) – (3) можно в режиме замещения данных в массиве  $X$ .

$$X_{-1}[l_y][l_x] := x[l_y][l_x], l_x = 0, \dots, N - 1, l_y = 0, \dots, N - 1. \quad (1)$$

Выражения (2) (базовые операции двумерных алгоритмов БПФ) выполняются в пяти вложенных циклах. Самым внешним обязательно должен быть цикл по переменной  $k$ . Порядок вложений по другим переменным ( $j_x, i_x, j_y, i_y$ ) значения не имеет.

Для уменьшения времени реализации представленных алгоритмов (1) – (3) следует выполнять рекомендации: 1) ДПФ в базовой операции двумерного алгоритма БПФ выполнять по быстрым алгоритмам ( $2 \times 2$  и  $4 \times 4$ -точечные ДПФ не содержат нетривиальных умножений. Можно использовать алгорит-

мы Винограда для  $x \times y$ -точечных ДПФ, где  $x, y \in [3, 4, 5, 7, 8, 9, 16, \dots]$ ); 2) если заранее известна схема алгоритма БПФ, то фазовые множители для базовых операций двумерного алгоритма БПФ можно вычислить заранее и сохранить в комплексном двумерном массиве, что значительно сократит количество операций умножений в алгоритме; 3) для ускорения процедуры  $R$ -ично-инверсной перестановки следует заранее вычислить массив  $R$ -ично-инверсных индексов.

$$\left. \begin{aligned} X_k[i_y, l_y, j_y][i_x, l_x, j_x] &:= \sum_{n_y=0}^{r_{k_y}-1} \sum_{n_x=0}^{r_{k_x}-1} X_{k-1}[i_y, n_y, j_y][i_x, n_x, j_x] W_{r_{k_x}}^{l_x \cdot n_x} W_{r_{k_y}}^{l_y \cdot n_y}, \\ l_x &= 0, \dots, r_{k_x} - 1, l_y = 0, \dots, r_{k_y} - 1; \\ X_k[i_y, l_y, j_y][i_x, l_x, j_x] &:= X_k[i_y, l_y, j_y][i_x, l_x, j_x] W_N^{l_x \cdot j_x \frac{\prod_{q=0}^k r_q}{r_{k_x}}} W_N^{l_y \cdot j_y \frac{\prod_{q=0}^k r_q}{r_{k_y}}}, \\ l_x &= 0, \dots, r_{k_x} - 1, l_y = 0, \dots, r_{k_y} - 1; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} j_x &= 0, \dots, \frac{N_x}{\prod_{q=0}^k r_q} - 1, i_x = 0, \dots, \frac{\prod_{q=0}^k r_q}{r_{k_x}} - 1, j_y = 0, \dots, \frac{N_y}{\prod_{q=0}^k r_q} - 1, i_y = 0, \dots, \frac{\prod_{q=0}^k r_q}{r_{k_y}} - 1, \\ k &= 0, \dots, m - 1; \\ X_r[\tilde{l}_y][\tilde{l}_x] &:= X_{m-1}[l_y][l_x], l_x = 0, \dots, N - 1, l_y = 0, \dots, N - 1. \end{aligned} \quad (3)$$

Вычислительная сложность рассмотренного алгоритма (в количествах операций умножения и сложения) легко оценивается по выражениям (2). Алгоритм легко программируется/микропрограммируется и может быть реализован в виде специализированного вычислителя.

УДК 681.3

**Р.А. Ильин**

tugarin\_05@mail.ru

Тульский институт управления и бизнеса

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ САЙТОВ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

В работе рассмотрены проблемы проектирования корпоративных сайтов на примере сайта Тульского института управления и бизнеса (ТИУБ). Основные идеи и необходимые для проектирования сайтов знания заимствованы из работ [1 – 4]. Поскольку на текущий момент Web-страницы сайта не содержат внешние ссылки (на документы, не относящиеся к ТИУБ), то реализована фреймовая модель сайта [1]. В случае появления внешних ссылок

соответствующие Web-страницы следует открывать не во фрейме, а в отдельном окне. Вид сайта с главной страницей и раскрытым меню представлен на рисунке.

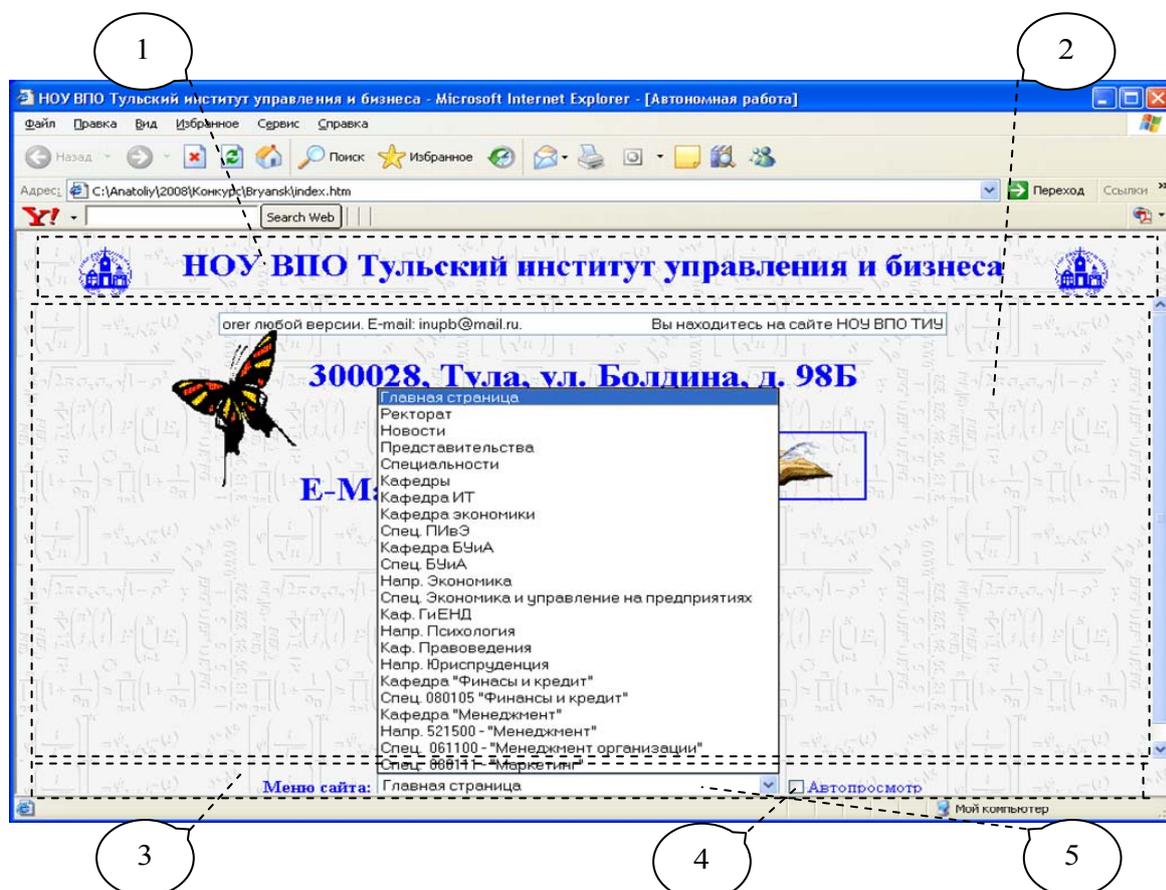


Рис. Сайт НОУ ВПО ТИУБ. Меню сайта

Прямоугольниками из пунктирных линий выделены фреймы сайта (1 – Title для отображения логотипа института; 2 – main для отображения основных Web-страниц сайта; 3 – menu для размещения меню сайта). Сноской 4 на рисунке отмечен переключатель типа checkbox, позволяющий реализовать режим автопросмотра при включенном переключателе. В этом режиме все Web-страницы сайта поочередно (в порядке, соответствующем списку меню на рисунке) с подобранным интервалом времени будут отображаться во фрейме main с активацией в элементе типа *список* (select) меню фрейма menu просматриваемой Web-страницы. При этом если Web-страница по высоте не помещается во фрейме main, то она отображается в режиме скроллинга по вертикали. При выключенном переключателе автопросмотра, просматривать Web-страницы сайта можно в обычном режиме, используя меню, реализованном на основе элемента типа *список* (select) (сноска 5) и ссылок.

Для «оживления» сайта на некоторых Web-страницах появляется «летающая» бабочка (линейно передвигающаяся и зеркально отражающаяся от границ фрейма main) и «бегущая строка» с требованиями к браузеру и информацией для контактов. «Летающая» бабочка на одном месте создана с

помощью утилиты PhotoShop'a ImageReady в виде анимационного gif-файла. Gif-файл состоит из двух кадров (основного и сжатого по оси  $x$ ), сменяющих друг друга через временной интервал 0,2 секунды.

Режим автопросмотра, перемещение бабочки во фрейме main, «бегущая строка» реализованы на основе скриптов на мультиплатформном языке JavaScript [2 и др.], что позволяет просматривать сайт не только в операционных системах MS Windows.

Сайт протестирован в операционных системах Windows NT/2000/XP и Linux для браузеров Netscape 4.1 – 4.7 и Internet Explorer 5.0 – 6.0 с пространственным разрешением дисплея не ниже 1024 × 768.

Замечания по реализации сайта просьба высылать по адресу: anatoliy\_ilyin@mail.ru автору работы.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Фролов, А.В. Сервер Web своими руками. Язык HTML, приложения CGI и ISAPI, установка сервера Web для Windows [Текст] / А.В. Фролов, Г.В. Фролов. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1997. 288 с.

2. Фролов, А.В. Сценарии JavaScript в активных страницах Web [Текст] / А.В. Фролов, Г.В. Фролов. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1998. 288 с.

3. Ильин, А.А. К вопросу разработки Web-страниц при изучении информатики в ВУЗе / А.А. Ильин, В.В. Евсюков // Педагогическая информатика. 2004. № 3. С. 49 – 58.

4. Ильин, А.А. Сбор статистики при организации автоматизированного обучения [Текст] / А.А. Ильин // Педагогическая информатика. 1999. № 3. С. 45 – 48.

УДК 616.2

***Н.А. Корневский***

*Курский государственный технический университет*

***И.Л. Гаврилов, А.С. Самофалов***

*Курский государственный медицинский университет*

## **РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ, ВЫЗЫВАЕМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ, ПО ДАННЫМ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА И РЕФЛЕКСОДИАГНОСТИКИ**

Известно, что изменение экологической обстановки существенно влияет на состояние здоровья биообъектов и, главным образом, человека как в локальных зонах, так и на планете в целом.

В решении вопроса оценки опасности загрязнения окружающей среды большая роль отводится исследованиям, связанным с объективной оценкой степени воздействия на организм различных соединений металлов.

Значительное количество работ в этом направлении посвящено разработке моделей и методов диагностики заболеваний организма по содержанию металлов и, в частности, микроэлементов во внешней среде, окружающей исследуемые биообъекты. Однако такой подход дает потенциально заниженные диагностические результаты, поскольку не учитывает индивидуальные накопительные свойства организма, начальное состояние здоровья и т.д. Гораздо перспективнее, на наш взгляд, использование методов диагностики на основе микроэлементного статуса самого исследуемого организма, в сочетании с другими высокоинформативными методами, например рефлексодиагностики.

В качестве основного метода изучения количественной топографии металлов в биообъектах, в соответствии с поставленной целью, выбран метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП), используемый при идентификации низких уровней металлов, особенно фоновых, а также физиологических параметров элементов в биоматериале. Для оценки энергетических характеристик БАТ измерялись электродвижущая сила и сопротивление БАТ на переменном токе.

Статистические нормы содержания микроэлементов определялись в волосах людей, проживающих в условно «чистых» зонах г. Курска и области по следующему списку микроэлементов: железо, свинец, кремний, кобальт, марганец, цинк, кальций, магний, молибден, медь.

В ходе исследований было установлено, что многообразие факторов, а также высокая сложность объектов исследования не позволяет строить достаточно точных математических моделей связи между концентрациями микроэлементов в органах и тканях организма и определенными типами заболеваний. Поэтому в качестве основного математического аппарата была выбрана теория нечетких множеств.

Для определения степени уверенности отнесения объекта исследования к тому или иному классу заболеваний нами использовались функции принадлежности  $\mu_{\omega_l}(C_S)$  к классу заболеваний  $\omega_l$  ( $l = 1, \dots, L$ ) с носителем по шкале концентраций  $C_S$   $s^{\text{го}}$  типа микроэлементов ( $s=1, \dots, S$ ).

На основании литературных данных и по результатам собственных исследований с привлечением высококвалифицированных экспертов нами была выбрана следующая форма представления функций принадлежности:

$$\begin{cases} 0, & \text{при } C_S < C_{Sl}^H; \\ \mu_{\omega_l}(C_S) = K_l S, & \text{при } C_{Sl}^H \leq C_S < C_{Sl}^{\Gamma}; \\ D_{\omega_l}, & \text{при } C_S \geq C_{Sl}^{\Gamma}, \end{cases}$$

где  $C_{Sl}^H$  – граница нормы для концентрации микроэлемента S для класса  $\omega_l$ ;  $C_{Sl}^{\Gamma}$  – величина концентрации микроэлемента S с максимальной уверенно-

стью по классу  $\omega_l$ ;  $D_{\omega l}$  – верхняя граница уверенности в принятии решения о принадлежности к классу  $\omega_l$  по концентрации микроэлемента S;  $K_l$  – коэффициент наклона для  $\mu_{\omega l}(C_S)$ .

Каждая функция принадлежностей определяет уверенность в постановке диагноза  $\omega_l$  по одному признаку (по концентрации конкретного микроэлемента).

Оценка уверенности в постановке диагноза по совокупности признаков рассчитывается через коэффициент уверенности, определяемый по формуле

$$KY_M(S+1) = KY_M(S) + \mu_{\omega l}(C_{S+1}) [1 - KY_M(S)],$$

где S – номер элемента (S=1 – Cu; S= 2 – Zn; S=3 – Fe и т.д.);  $\mu_{\omega l}(C_{S+1})$  – функция принадлежности к диагнозу «панкреатит» с носителем по шкале концентрации микроэлемента с номером S+1;  $KY_M(1) = \mu(C_{Cu})$ .

Решающие правила для ранней диагностики заболеваний по энергетической реакции биологически активных точек (БАТ) определяются в соответствии с рекомендациями работы [1].

Например, для ранней диагностики панкреатитов нами были получены правила для расчёта частных коэффициентов уверенности по точкам ушной раковины и по корпоральным БАТ.

Для точек ушной раковины:

$$\begin{aligned} &\text{ЕСЛИ } [(\delta R_{AP96} \text{ И } \delta R_{AP122}) \geq 15\%] \text{ ТО} \\ &\{KY_{AP} = \mu(\delta R_{AP96}) + \mu(\delta R_{AP122}) [1 - \mu(\delta R_{AP96})]\} \\ &\text{ИНАЧЕ } (KY_{AP} = 0). \end{aligned}$$

По корпоральным точкам уверенность в диагнозе панкреатита определяется выражением

$$\begin{aligned} &\text{ЕСЛИ } [(\delta R_{V21} \text{ И } \delta R_{R6}) \geq 15\%] \text{ ТО} \\ &\{KY_B = \mu(\delta R_{V21}) + \mu(\delta R_{R6}) [1 - \mu(\delta R_{V21})]\} \\ &\text{ИНАЧЕ } (KY_B = 0). \end{aligned}$$

В последних выражениях  $\delta R_j$  – величина относительного отклонения сопротивлений БАТ AP96, AP122, V21, R6 от их номинальных значений.

С учётом трёх составляющих в соответствии с рекомендациями [2] финальное решающее правило для ранней диагностики панкреатитов имеет вид:

$$KY_{II} = KY_M + KY_{AP} + KY_B - KY_M \cdot KY_{AP} - KY_M \cdot KY_B - KY_{AP} \cdot KY_B + KY_M \cdot KY_{AP} \cdot KY_B.$$

Проведенные расчёты показали, что общая уверенность в диагнозе достигает значения 0,95 при максимальных значениях всех функций принадлежностей, участвующих в расчётах, что вполне применимо для практического использования полученных решающих правил.

1. Синтез моделей взаимодействия внутренних органов с проекционными зонами и их использование в рефлексодиагностики и рефлексотерапии [Текст]: монография / Н.А. Корневский, В.В. Буняев, В.Н. Гадалов [и др.]. Курск, 2005. 224 с.

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

УДК 681.3.06

**А.Н. Корнышов, Д.В. Михайлов**

*Новгородский государственный университет  
имени Ярослава Мудрого*

## **ТАКСОНОМИЯ ЗНАНИЙ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ**

Возможности алгоритмов смыслового анализа и преобразований высказываний на Естественном Языке (ЕЯ) тем больше, чем больше сложность задействуемых ими Семантических Знаний. Автоматическое составление и пополнение базы Семантических Знаний может быть реализовано как машинное обучение на прецедентах Смысловой Эквивалентности высказываний. В его основе лежит процесс таксономии (выявления общих закономерностей) Семантических Знаний.

Высказывания и их Смысловую Эквивалентность на всех уровнях внешнего и внутреннего представления формализуем в виде Конструкций ЕЯ. Использование прецедентов позволяет представить Семантические Знания в предельно простой и понятной человеку форме. Для того чтобы переводить Семантические Знания из такой декларативной, заданной обучающей выборкой прецедентов формы в функциональную, необходимо разработать и реализовать алгоритмы выявления и обобщения закономерностей в Конструкциях ЕЯ. Эти закономерности соответствуют существующим в ЕЯ статистическим правилам установления Смысловой Эквивалентности, например, Лексико-Функциональной синонимии.

Наборы правил или правила, заданные на наборе значений Конструкций ЕЯ, представляют собой Семантические Отношения. В этом отличие Семантических Отношений от связей в семантической сети, которые являются Конструкциями ЕЯ. Правила синтаксиса предложений и слов (морфологические) рассматриваются как часть семантических правил. Семантиче-

ские Отношения позволяют представить универсальным образом сколь угодно сложные закономерности в Семантических Знаниях. Семантическое Отношение может быть формализовано как Набор Правил Преобразований (НПП)  $p$  вида  $F_p: V_1 \Leftrightarrow V_2 \Leftrightarrow \dots \Leftrightarrow V_n$ , где  $V_i$  – одна из форм поверхностного выражения смысла  $F_p$ .  $V_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im})$ , где  $X_{ij}$  – либо переменная, значение которой может изменяться, либо константа. На части переменных может быть задана Смысловая Эквивалентность вида:  $X_{ij} \Leftrightarrow X_{kl}$ . Семантическое Отношение можно также представить как  $F_p: C^* \rightarrow \{0,1\}$  – предикат на множестве всех возможных векторов-констант  $C^* = \{(c_1, c_2, \dots, c_r, \dots, c_q)\}$ , где  $c_r \in C$  – любой допустимый в знаковой системе  $C$  данного ЕЯ символ.  $C(F_p) \subseteq C^*$  – множество истинности предиката. Под статистической выражаемостью  $F_{p2} \Rightarrow F_{p1}$  подразумевается  $C_{p2} \subset C_{p1} \cdot C^*$ .

Теорема 1. Процесс распознавания Семантического Отношения (его можно представить в виде множества Смысловых Эквивалентностей ЕЯ-высказываний  $A$  и  $B$ ) вида  $v: A \Leftrightarrow B$  в заданной системе НПП  $F$  алгоритмически разрешим. Это следует из конечности множества истинности  $C_v(F)$ , которое построено для предикатов и их комбинаций в системе  $F$  при условии, что размер векторов-констант из  $C_v(F)$  не превышает размера  $v$ .

Таксономия представленных предикатами Семантических Знаний, то есть выявление и обобщение закономерностей Конструкций ЕЯ, может быть формализована как процесс обобщения предикатов  $\Pi_{\text{ОБОБ}}$ . Данный процесс состоит в поиске на пространстве  $F^*$  (множестве всех возможных систем предикатов) для исходной системы НПП  $F_{\text{исх}} \subset F^*$  такого ее компактного представления  $F_{\text{min}} \subset F^*$ , для которого  $\forall F_{\text{исх}} \in F_{\text{исх}}$  всегда  $\exists F \subset F_{\text{min}}$ , такое что:  $F_{\text{исх}} \Rightarrow F$  (произведение  $F = F_1 \times F_2 \times \dots \times F_i \times \dots \times F_q$ , где любой  $F_i \in F$ ), при том, что  $C_{\text{исх}} \subseteq C_F$ . При этом размер искомого множества  $F_{\text{min}}$  минимален, иначе говоря  $|F_1| + \dots + |F_i| + \dots + |F_q| = \mathbf{min}$ , ( $F_i \in F_{\text{min}}$ ).

Теорема 2. Процесс обобщения системы предикатов  $\Pi_{\text{ОБОБ}}: F^* \rightarrow F^*$  алгоритмически разрешим. Процесс конечен, так как конечно множество всех возможных систем НПП  $F_{\text{исх}}^* \subset F^*$ , которые можно построить из элементов  $F_{\text{исх}}$  так, чтобы сумма размеров предикатов построенной системы НПП не превышала суммы размеров предикатов  $F_{\text{исх}}$ . За конечное число шагов поиска на пространстве  $F_{\text{исх}}^*$  может быть найдено компактное представление  $F_{\text{min}}$  с минимальным размером среди множеств с допустимой точностью  $\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{max}}$  представления моделируемых Семантических Знаний. Возможно не одно. Но во всех случаях множество истинности сохраняется:  $F_{\text{исх}} \Rightarrow F_{\text{min}}$ .

В процессе обобщения предикатов используется два вида гипотез:

1) о выражении предиката через комбинацию простых ( $F_{\text{сложн}} \Rightarrow F_{\text{прост}}$  при том, что  $|C_{\text{прост}}| < |C_{\text{сложн}}|$ ) и 2) о существовании предиката, обобщающего группу близких НПП. Выражение через комбинацию

$F_{\text{сложн}} \Rightarrow F_1 \times F_2 \times \dots \times F_{\text{макс}}$  позволяет экстраполировать, то есть дополнить левую часть до правой с учетом исключений и статистической значимости такой замены на комбинацию НПП:  $(F_1 \times F_2 \times \dots \times F_{\text{прост}}) \Rightarrow F_{\text{сложн}}$ . Тем самым приходим ко второму случаю, когда для обобщающего предиката  $F_{\text{обоб}}$  верно, что каждый предикат из группы  $\{F_{\text{близк}}\}$  близких НПП:  $F_{\text{близк}} \Rightarrow F_{\text{обоб}}$  (при том, что  $|C_{\text{близк}}| < |C_{\text{обоб}}|$ ).

**Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 06-01-00028.**

УДК 681.3

**С.И. Коростелев**

kors\_83@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ, ОСНОВАННЫЙ НА АНАЛИЗЕ СЕГМЕНТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Распознавание изображений объектов в настоящее время находит применение повсеместно. Существует множество прикладных задач, в которых распознавание играет существенную роль, а также позволяет существенно повысить скорость обработки данных.

Предложен метод распознавания объектов, основанный на разбиении изображения объекта на определенное количество сегментов и последующем анализе соответствия каждого сегмента в изображении эталона и распознаваемого изображения.

Имеется набор эталонных изображений и изображение объекта, которое требуется распознать. Изображение представлено в виде массива пикселей в градациях серого. Объект находится на монотонном фоне.

Распознавание выполняется в несколько этапов. Выполняется выделение габаритного контейнера изображения объекта. Разбиение полученного изображения на 121 сегмент: сетка 11 x 11 сегментов (данное соотношение подобрано эмпирически). Эталон также подвергается вышеуказанным операциям. Далее производится анализ информативности каждого сегмента на информативность. Информативность определяется наличием пикселей изображения объекта, отличных от цвета фона. Каждый эталон имеет свою характеристику информативности сегментов, которая используется для предварительной выборки для распознавания. После того как из всего набора отобраны эталоны, соответствующие вышеуказанной характеристике изображения объекта, производится распознавание.

Распознавание производится путем вычисления процентной разности в цвете пикселей каждого сегмента. Далее производится сравнение изображений путем суммарного анализа информативности сегментов и указанной

разности в процентном соотношении каждого из них. Аккумулируя полученную информацию для каждого эталона, выбранного для распознавания, по мажоритарному принципу, в конечном итоге, определяются наиболее похожие изображения.

Реализация предложенного метода не требует большой вычислительной мощности и возможна как на программном, так и на аппаратном уровне.

УДК 621.391.266

**А.В. Кревецкий, Ю.А. Ипатов**

*Марийский государственный технический университет*

## **ОБНАРУЖЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОТЯЖЕННЫХ ТЕКСТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕЗОВ**

В данной работе предлагается алгоритм оценки координат и измерения параметров границ ранней и поздней древесины на изображениях поперечных срезов древесных стволов. Регистрация изображений и последующая автоматизация может быть осуществлена на базе программно-аппаратного комплекса, включающего сопрягаемые микроскоп, телевизионную передающую камеру и вычислительное устройство.

Исследование первичных характеристик изображений по гистограммам яркости позволяет сделать вывод о том, что прямое использование известных методов сегментации разноярких областей с глобальным порогом для выделения границ не представляется возможным. Парциальные гистограммы яркости выбранных вручную соответствующих областей показывают, что дисперсия яркости вдоль границ обусловлена клеточной структурой изображения, а зернистость может быть с высокой достоверной вероятностью аппроксимирована моделью аддитивного шума.

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения шума по критерию Пирсона не подтвердилась, поэтому для нахождения закона распределения этой случайной величины был использован метод кривых Пирсона, по которому получившийся закон распределения случайной величины  $Z$  описывается выражением:

$$w(z) = w_0 \left( 1 + \frac{(z - \alpha)^2}{a^2} \right)^{-m} e^{-v \cdot \arctg \frac{z - \alpha}{a}}.$$

Интервалы корреляции яркостных отсчетов внутри исследуемых областей приблизительно равны одному элементу изображения, как вдоль го-

горизонтальной, так и вдоль вертикальной осей, т.е. могут аппроксимироваться белым шумом.

Полученные статистические характеристики позволяют принять следующую статистическую модель для изображений:  $Z = S + n$ , где  $Z = \{z_{yx}\}_{x=0, X-1, y=0, Y-1} = \{z_{yx}\}_{YX}$  – матрица яркостных отсчетов наблюдаемого изображения;  $S = \{s_{yx}\}_{YX}$ ,  $S_{yx} = S_x \forall y$  – эталонное изображение;  $n = \{n_{yx}\}_{YX}$  – шумовая составляющая изображения,  $x = 0, 1, \dots, X - 1$  и  $y = 0, 1, \dots, Y - 1$  – пространственные координаты изображения. Для изображения  $z$  условную плотность можно рассматривать как функцию правдоподобия неизвестного параметра  $x_0$ :

$$w(z, x_0) = \prod_{x=0}^{X-1} \prod_{y=0}^{Y-1} \left\{ w_0 \left( 1 + \frac{(z_{yx} - \alpha)^2}{a^2} \right)^{-m} e^{-v * \arctg \frac{z_{yx} - \alpha}{a}} \right\}_{x_0},$$

значение которого и требуется оценить.

Оптимальное по критерию максимального правдоподобия устройство оценки  $x_0$  формирует достаточную статистику

$$g_{x_0} = \sum_{y=0}^{Y-1} \sum_{x=0}^{X-1} z_{yx} s_y (x - x_0) = \sum_{x=0}^{X-1} s_x - x_0 \sum_{y=0}^{Y-1} z_{yx}$$

путем накопления яркостных отсчетов вдоль линии границ и согласованной фильтрации накопленной строки, и выбирает максимумы по равенству нулю первой производной (первой разности) и отрицательному значению второй производной (второй разности)  $g_x$ :

$$\hat{x}_0 = \arg \max_{x_0} (g_{x_0}).$$

Результаты статистических испытаний программно-аппаратного комплекса, реализующего синтезированные алгоритмы, показали, что теоретические и эмпирические погрешности измерения величины  $x_0$  находятся в пределах доверительного интервала для уровня значимости 0,05. Предложенные алгоритмы и созданная аппаратно-программная система позволяют автоматизировать анализ изображений поперечных древесных спилов с субпиксельной точностью оценки координат текстурных границ, что в несколько раз выше существующих ручных методов. Время работы алгоритма на ПЭВМ Pentium 4 для одного телевизионного кадра изображения составляет менее одной секунды, что на несколько порядков меньше времени анализа кадра неавтоматизированными методами.

УДК 004.932.2; 004.93'11; 004.932.72'1

**А.В. Кузнецов, А.В. Куприянов, Н.Ю. Ильясова**

Kuzmich707@mail.ru

*Институт систем обработки изображений РАН  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королева*

## **АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЯ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАДОНА**

В работе предлагается алгоритм формирования признаков и проведенные исследования эффективности признаков, полученных для цветного изображения радужной оболочки глаза с использованием преобразования Радона, что является актуальным для разработки экспертной системы биометрической идентификации по параметрам радужной оболочки.

Радужная оболочка имеет очень сложный рисунок (рис. 1) и индивидуальный у каждого человека, что позволяет даже по не очень качественному ее изображению точно определить личность человека. В настоящий момент существует множество способов распознавания радужной оболочки, тем не менее, все они не лишены недостатков и очень требовательны к условиям получения входных изображений.

В качестве алгоритма анализа и идентификации радужной оболочки глаза было выбрано преобразование Радона. Оно сопоставляет функции  $f$  на плоскости, функцию  $\hat{f}$  на множестве всех прямых, задаваемую интегралами, от  $f$  вдоль прямых.



Рис. 1. Изображение радужной оболочки

В нашем исследовании на вход подавалось изображение глаза человека. Далее работа велась в соответствии со следующими этапами алгоритма:

1. Преобразование изображения радужной оболочки глаза в полярную систему координат (рис. 2).

2. Переход от цветового пространства RGB в HSL.
3. Построение преобразования Радона для различных цветовых компонент (рис. 3).
4. Формирование признаков.

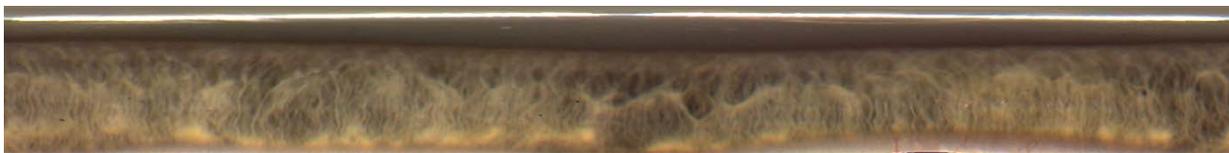


Рис. 2. Полярная развертка изображения радужной оболочки

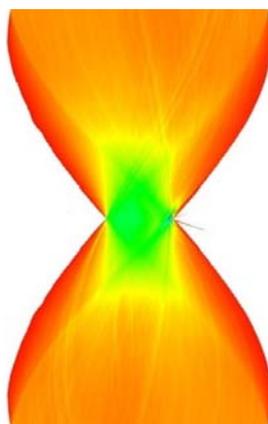


Рис. 3. Изображение цветного преобразования Радона

В ходе исследования был реализован алгоритм формирования признаков, который заключается в формировании вектор-признака усреднением вдоль шести сегментов двух перпендикулярных характеристических линий, проходящих через центр, с углами наклона  $\frac{3\pi}{8}$  и  $\frac{5\pi}{8}$  по изображению преобразования Радона.

На основе полученных результатов было проведено исследование делимости признаков для цвета и яркости по результатам оценки расстояний между средними значениями векторов для одного класса и для разных классов. Было показано, что предложенные в работе признаки обладают хорошей делимостью для различных классов, что представляет особый интерес при проведении биометрической идентификации. Также были проведены экспериментальные исследования качества полученных признаков при наличии аддитивного шума и изменения размера обрабатываемого изображения на точность получаемых приближений для заданного признака. Полученные результаты показали высокую точность метода, особенно при исследовании объектов и дефектов, имеющих сложную конфигурацию и участки с различной структурой и цветом волокон.

**Работа выполнена при поддержке российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE) (грант № RUX0-014-SA-06), программы Президиума РАН «Фун-**

даментальные науки – медицине», гранта РФФИ № 06-07-08006-офи,  
гранта РФФИ № 07-08-96611.

УДК 004.932.2

**А.Е. Кузнецов, П.Н. Светелкин**

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

## **АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЦВЕТОСИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ДАННЫМ ПАНХРОМАТИЧЕСКОЙ И СПЕКТРОЗОНАЛЬНОЙ СЪЕМКИ**

На космическом аппарате (КА) «Ресурс-ДК» установлено съемочное устройство, состоящее из трех оптико-электронных преобразователей (ОЭП). Каждый ОЭП выполняет съемку в своем спектральном диапазоне: синем – 0,5-0,6 мкм, панхроматическом – 0,58-0,8 мкм и красном – 0,7-0,8 мкм. В результате формируются два спектральнозональных снимка  $B$  и  $R$  и один панхроматический –  $P$ . Для синтеза цветного изображения снимки от трех ОЭП геометрически совмещаются, при этом один из снимков, например  $P$ , выбирается в качестве базового. В связи с тем, что ОЭП разнесены в фокальной плоскости, то зачастую невозможно совместить с субпиксельной точностью участки снимков с резкими перепадами высот, например, горные или городские районы. Кроме того, на цветосинтезированных изображениях неоднозначно представляются движущиеся объекты. Например, белый движущийся автомобиль будет выглядеть как три объекта красного, зеленого и синего цветов. В докладе рассматриваются алгоритмы синтеза цветных изображений, на которых устраняются остаточные несведения и маскируются движущиеся объекты.

Алгоритм синтеза цветосинтезированных изображений включает в себя три этапа.

Этап 1. Геометрическое совмещение изображений  $B$ ,  $P$  и  $R$  по триангуляционной модели, параметры которой автоматически подбираются исходя из заданной точности. В результате совмещения изображений  $B = \{b(m_b, n_b)\}$ ,  $P = \{p(m_p, n_p)\}$ ,  $R = \{r(m_r, n_r)\}$ ,  $m_k = \overline{1, M}$ ,  $n_k = \overline{1, N}$ ,  $k \in \{b, p, r\}$ , где  $M$  и  $N$  – количество столбцов и строк, получаем изображения в единой системе координат:

$$\begin{aligned}\hat{B} &= \{\hat{b}(m, n) = b(m_b, n_b)\}, \quad m_b = F_b(m, n), \quad n_b = \Phi_b(m, n); \\ \hat{R} &= \{\hat{r}(m, n) = r(m_r, n_r)\}, \quad m_r = F_r(m, n), \quad n_r = \Phi_r(m, n); \\ \hat{P} &= \{\hat{p}(m, n) = p(m_p, n_p)\}, \quad m_p = m, \quad n_p = n,\end{aligned}$$

где  $\hat{B}$  и  $\hat{R}$  – геометрически трансформированные изображения;  $F_b(m, n)$ ,  $\Phi_b(m, n)$ ,  $F_r(m, n)$ ,  $\Phi_r(m, n)$  – функции координатного соответствия.

Этап 2. «Размытие» спектрональных компонент в соответствии с формулами:

$$\hat{B}^* = \hat{B} \otimes h_{s \times s}, \hat{R}^* = \hat{R} \otimes h_{s \times s},$$

где  $\otimes$  – операция свертки с маской размытия  $h$  размером  $s \times s$  элементов.

Этап 3. Получение компонент цветосинтезированного изображения по алгоритму, который основан на модуляции панхроматического снимка синей и красной компонентами:

$$D_R = \frac{3\hat{R}^*}{P + \hat{B}^* + \hat{R}^*} P, D_G = P, D_B = \frac{3\hat{B}^*}{P + \hat{B}^* + \hat{R}^*} P,$$

где  $D_R, D_G, D_B$  – красная, зеленая и синяя компоненты цветосинтезированного изображения  $D$  соответственно.

Разработанный алгоритм позволяет получать высококачественные цветосинтезированные изображения с точностью совмещения 1-2 пикселя, при этом одновременно на снимке маскируются движущиеся объекты. Для повышения скорости обработки реализован механизм распараллеливания геометрического совмещения с учетом количества имеющихся процессоров на компьютере. Время получения цветосинтезированного изображения размером  $36000 \times 36000$  пикселей с горным сюжетом составляет около 15 минут. Разработанный программный модуль используется в составе программного комплекса обработки видеоданных от КА «Ресурс-ДК».

УДК 621.38; 621.3.029

**А.А. Кушнир, А.А. Пугачёв, О.М. Маклакова**

*Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН  
(ИППМ РАН)*

## **ПРИБОРНО-СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ АНАЛОГОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В КМОП-ФОТОДИОДНЫХ СБИС**

Эволюция интегральных микросхем в направлении Систем-на Кристалле (СнК) коснулась и фотоприемных СБИС (ФСБИС). Появились ФСБИС, которые выполняют полный цикл обработки входного оптического сигнала: прием и пространственную выборку, первичную обработку изображения (ПОИ) и проблемно-ориентированный анализ изображения (АИ). Пространственная фильтрация (ПФ), применяемая для ПОИ, часто проводится в аналоговой форме, что обусловлено высоким быстродействием аналоговых устройств. Все функции таких систем реализуются с помощью схемных блоков, каждый из которых выполняет только одну операцию ПФ. Фактически, число аналоговых процессорных блоков-схем равно числу про-

цедур ПФ, производимых ФСБИС. Это снижает, и порой значительно, разрешающую способность ФСБИС.

Предлагается приборно-схемотехнический подход к реализации аналоговой ПФ в фотоприемных СБИС, при котором часть операций выполняется не схемами, а фоточувствительными элементами, принимающими оптический сигнал (рис.).

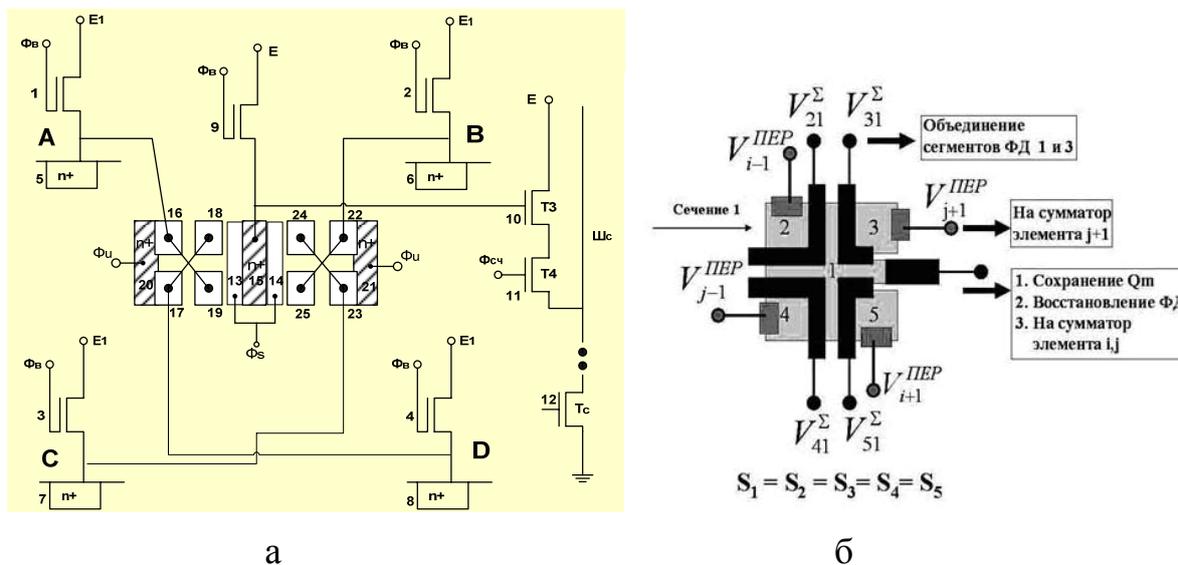


Рис. Приборно-схемотехнические решения элементов ФСБИС для аналоговой обработки: а – реализация оператора Робертса; б – сегментированный фоточувствительный элемент

Для реализации оператора Робертса процедуры выделения контура предлагается приборно-схемотехническое решение, (рис. а), при котором ПФ реализуется аналоговой схемой вычитания сигналов на приборах с зарядовой связью (ПЗС), которая оперирует сигналами фотодиодов (ФД) или фоточувствительных затворов (ФЗ). Похожим образом реализуется операция выделения движущегося фрагмента на изображении. Данные элементы, однако, не обеспечивают высокого разрешения, так как для определения каждой точки контура требуется 4 индивидуальных фоточувствительных элемента. Также определенной сложностью является воспроизведение ПЗС элементов в КМОП схеме. В принципе, с помощью подобных схем вычитания, использующих зарядовую связь, могут быть реализованы ПФ с коэффициентами, отличными от 1.

Развитием данного решения является метод аналоговой обработки изображения с помощью сегментированных фоточувствительных элементов (рис. б). Каждый такой элемент позволяет реализовать несколько пространственных фильтров. Сегментированный фоточувствительный элемент состоит из нескольких диффузионных областей-сегментов  $1, 2, \dots, 5$ , которые на стадии накопления электрически объединены в единую область с помощью затворов  $V_{21}$ . Операция взвешивания сигнала выполняется путем размыка-

ния электрических связей (1) между сегментами фотодиода (2). Комбинируя сегменты, можно получить различные соотношения значений сигналов. Далее эти сигналы представляются как взвешенные значения исходного сигнала, то есть как коэффициенты корневой матрицы пространственного фильтра. При неразрушающем считывании сигналов сегментов можно избежать потерь фоточувствительности элемента.

Предложены сегментированные фотодиоды, реализующие фильтры с коэффициентами  $1/4$ ,  $1/5$ ,  $1/9$  для операций выделения контура, повышения резкости и сглаживания. Разработаны схемотехнические решения элементов с данными фотодиодами.

Следующими этапами исследований являются разработка топологии фотодиода и схемотехнических решений фотоприемных элементов, реализующих более трех пространственных фильтров и элементов для корневых матриц с размерностью более  $3 \times 3$ .

УДК 378.147

**А.Н. Лазарев**

*Курский государственный технический университет*

## **ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ**

В понятии информатизация процесса обучения выделим два аспекта. Во-первых, – это доступ студента к учебно-методической информации кафедр и библиотеки университета. На кафедре физики КурскГТУ вся необходимая студенту информация имеется на магнитных носителях, и в начале семестра каждый студент имеет возможность скопировать ее на свой компьютер. Этот пакет включает: методические рекомендации по организации работы студента, календарный план учебного процесса, тематические планы лекций, практических занятий, самостоятельной работы, методические указания к лабораторным работам, варианты модулей, список литературы, темы рефератов, примеры выполнения заданий и рекомендации по выбору и выполнению индивидуальных заданий.

Во-вторых, информатизация процесса обучения предполагает разработку и использование в учебном процессе программных продуктов, позволяющих качественно изменить методику и дидактику обучения.

На кафедре физики КурскГТУ разработаны имитационные модели лабораторных работ. Компьютерная модель лабораторной работы состоит из нескольких частей. Сначала предлагается подробное описание физической ситуации и лабораторной установки. Затем формулируется задание, и, в динамическом режиме реального времени, на мониторе компьютера моделируются все ситуации лабораторной работы. Выбираются нужные расстояния, массы, размеры, моделируются сами процессы и производятся нужные измерения. Заполняется таблица результатов измерений, и строятся графики исследованных зависимостей. «Поиграв» на такой модели и ответив на кон-

трольные вопросы в режиме тестирования, студент достаточно чётко представляет суть лабораторной работы. В аудитории уже на реальной лабораторной установке студент вполне осознанно выполняет работу. Полученные экспериментальные результаты он вводит в подготовленную на компьютере таблицу. Автоматически рассчитываются искомые величины и строятся экспериментальные зависимости. Студенту нужно проанализировать полученные зависимости, сделать выводы по лабораторной работе и защитить ее преподавателю. В настоящее время студенты вынуждены печатать отчеты дома на бумаге и на лабораторном занятии заполнять таблицы и «вручную» оформлять отчет. После обеспечения лабораторий компьютерами и сетью можно обойтись магнитными носителями.

Разработанная система занимает 14Мб объёма памяти и требует наличия Delphi и операционной среды Windows 2000 и выше.

На практических занятиях индивидуализировать процесс обучения позволяет разработанная нами информационная система «Решение физических задач». Система представляет собой комплекс программных продуктов, позволяющих в диалоговом обучающем режиме решать физические задачи. Задачи распределены по уровню сложности и по разделам, соответствующим календарно-тематическому плану практических занятий. После введения студентом своей фамилии, инициалов, номера группы, выбора уровня сложности и темы занятия, компьютер случайным образом выбирает задачу из числа имеющихся в банке и предлагает студенту для решения. Если задача решена самостоятельно, и числовой ответ совпадает с правильным, то ему выставляется максимальный балл и предлагается перейти к следующей задаче или завершить работу системы. Если же студент испытывает затруднения с решением или им введен неверный ответ, то ему предлагается воспользоваться подсказками. Каждая следующая подсказка предлагает более обширную информацию в сравнении с предыдущей, а последняя подсказка приводит полное решение задачи. Всего подсказок четыре, обращение к следующей подсказке снижает балл за задачу на единицу. В архиве системы сохраняется информация по каждому студенту и по каждому эпизоду работы с ней.

Немаловажную роль в обучении студентов играет контроль за их работой в семестре. На кафедре разработана автоматизированная система контроля ежемесячной и итоговой, экзаменационной успеваемости студентов. Программа предназначена для расчета общепринятых параметров образовательного процесса: успеваемости, среднего балла, качества знаний студентов. Предоставляет возможность получить результаты по различным выборкам: по группе, по специальности, по потоку, по курсу или по вузу в целом. В программе реализован достаточно удобный ввод исходной информации по текущей и итоговой успеваемости студентов. Одной из главных целей предлагаемой программы является удаленный доступ родителей к информации о текущей успеваемости студентов. Предполагается ее использование в университетской сети и систематическое поддержание в соответствии с графиком учебного процесса. Программа разработана в среде программирования Borland®

Delphi 7<sup>TM</sup>, для ее поддержания необходимы процессор Pentium 166 MMX и выше, объём ОЗУ 64 мб и выше, операционная система Windows 98 и выше. Объём программы 868 кб исходного текста.

УДК 621.397

**О.С. Литвинская, И.И. Сальников, М.Н. Шмокин**

iis@pgta.ac.ru

*Пензенская государственная технологическая академия*

## **УПРАВЛЕНИЕ ТЕЛЕКАМЕРАМИ В МНОГОКАНАЛЬНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**

Современные телевизионные технические средства охраны (ТВ ТСО) содержат в себе не только телекамеры как средства формирования изображений, но и различного рода обнаружители новых изображений, детекторы движений, а также средства анализа визуальной обстановки для распознавания изображений объектов. Известно, что системы искусственного интеллекта моделируют различные аспекты интеллектуальной деятельности человека, к которым относят следующие виды деятельности, представляющие интерес в рамках разработки ТВ ТСО: анализ изображений, описание и выделение характерных особенностей; распознавание образов как отнесение исходного изображения к тому или иному классу образов; обнаружение движения объектов при анализе сцен; принятие решения о наличии нарушителя в охраняемой зоне по изменениям в наблюдаемом изображении.

Появление в ТВ ТСО элементов систем искусственного интеллекта позволяет говорить об **интеллектуальных ТВ ТСО (ИТВ ТСО)**, основным признаком интеллектуальности которых является принятие решений по сложным обстоятельствам, к которым можно отнести следующие: наличие шумов и помех, на фоне которых решаются задачи обнаружения и распознавания объектов в охраняемой зоне; наличие неопределенности в пространственном положении объекта, из-за которой образ нарушителя не имеет четкой конфигурации; наличие камуфляжа, который существенно уменьшает контрастные свойства изображения объекта, затрудняя его выделение на окружающем фоне; требование автономной работы, когда энергетические и обслуживающие ресурсы в виде наличия оператора ограничены.

Из всего многообразия существующих систем ТВ ТСО для охраны передвижных объектов предлагается к рассмотрению мобильная автоматизированная система видеонаблюдения (АСВНМ), в которой для связи с телекамерами (ТВК) используются радиосредства.

Мобильная интеллектуальная система технической охраны на основе средств телевизионного наблюдения использует концепцию **распределенной обработки изображений**, когда алгоритмы обнаружения, анализа и распознавания образов с принятием решения о появлении нарушителя в зоне ох-

раны реализуются в телекамере, а на систему сбора и обработки информации (ССОИ) подается лишь сигнал тревоги.

Для организации сети связи с телекамерами используются радиосредства. По радиоканалу не передаются изображения с ТВК, а обработка изображений размещается непосредственно в ТВК. В этом случае от ТВК в ССОИ будет передаваться только сигнал тревоги, формируемый в ТВК с помощью алгоритма обнаружения движения. В этом случае ТВК превращается в интеллектуальный телевизионный датчик (ИТВД).

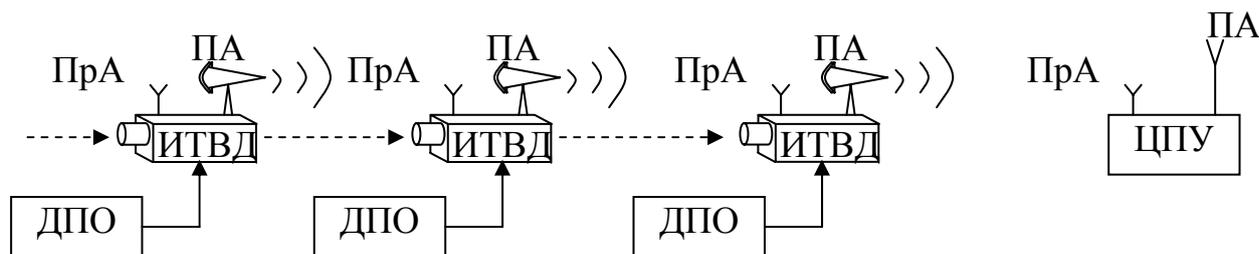


Рис. 1. Распределенная ТВ ТСО

Передающая антенна (ПА) – остронаправленная волноводного типа. Приемная антенна (ПрА) – ненаправленный штырь. ИТВД образует систему ретрансляторов для передачи сигналов тревоги на центральный пункт управления системой (ЦПУ). В ТВ ТСО предусмотрено подключение датчиков первичного обнаружения (ДПО), использующих в отличие от телевидения другие физические принципы. В этом случае ИТВД включается только тогда, когда появился сигнал тревоги от ДПО.

Для такой системы разработано программное обеспечение (ПО).

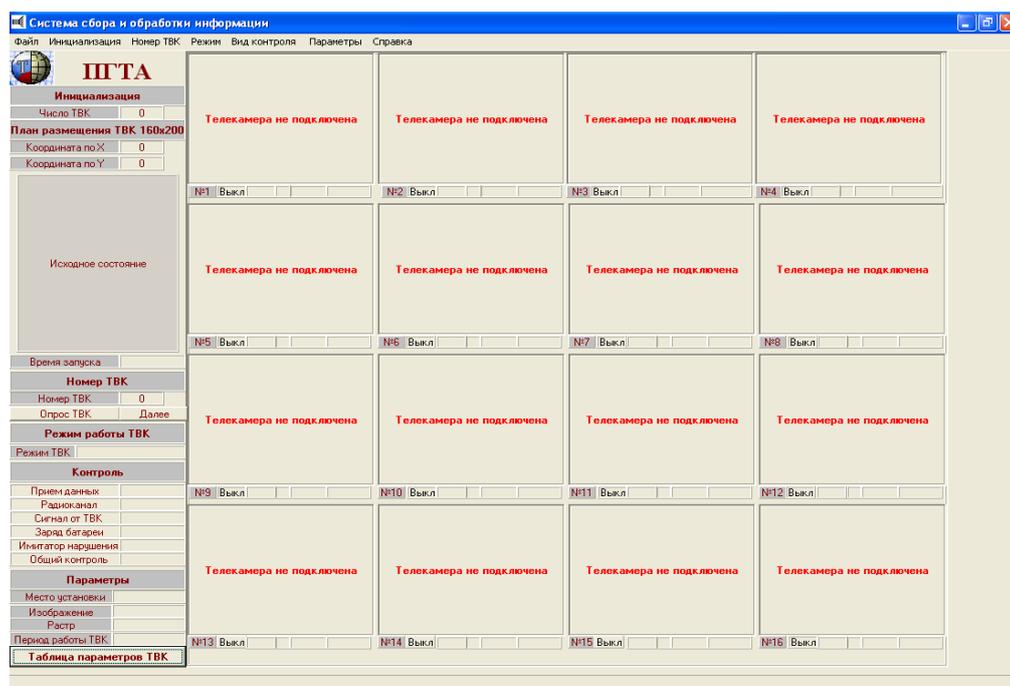


Рис. 2. Программа управления мобильной интеллектуальной технической системой охраны на основе средств телевизионного наблюдения

УДК 616.2

**М.И. Лукашов**

*ОГУЗ: «Курский областной клинический  
кожно-венерологический диспансер»*

**Р.А. Крупчатников, Н.А. Коптева**

*Курская государственная сельскохозяйственная академия*

## **НЕЧЕТКИЕ СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Многочисленные исследования, проводимые в области медицинской диагностики, позволили установить ряд особенностей, присущих большому количеству этого типа задач, влияющих на выбор типа решающих правил. Прежде всего, это касается пространства исходных признаков, которые в одной задаче могут носить разнотипный и разнородный характер (опрос, осмотр, данные различных инструментальных исследований), а окончательный диагноз (прогноз) часто получают в несколько этапов, путём подтверждения или опровержения выдвигаемых прогностических или диагностических гипотез. Задача может осложниться тем, что используемые информативные признаки имеют нечётный характер и не всегда собираются в полном объёме, а структуры классов могут достаточно сильно пересекаться при отсутствии их подходящей формальной модели.

Проведенные нами исследования показали, что в таких условиях в качестве «решателя» целесообразно использовать нечеткие сетевые структуры, где частные решающие правила (по экспертно выделяемым группам признаков, по этапам решения задачи, по выдвижению новых гипотез, по запросу и обработке дополнительной информации и т.д.) реализуются унифицированными решающими модулями, находящимися в узлах сетевой структуры. Объём задач, решаемых одним модулем, удобно связывать с технологическим этапом общего решения. Например: этап постановки предварительного диагноза по данным опроса и осмотра с запросом дополнительной информации; этап уточнения диагноза с учетом данных специальных инструментальных исследований и т.д. Удобно также договориться, что проход по строке сетевой модели соответствует уточнению гипотезы  $w_1$ , проход по столбцу – смене гипотезы. Для реализации механизмов перехода каждый решающий модуль снабжается механизмами запроса дополнительной уточняющей информации и расчёта адресов переходов по узлам сети. Для всей сети запоминаются трассы переходов, сравнивающиеся с эталонными трассами, что позволяет реализовать механизмы объяснения причин принимаемых решений и рекомендаций по рациональным траекториям решений.

В таком варианте построения нечетких решающих сетей их обучение состоит из двух основных этапов: обучение решающих модулей; обучение

всей решающей сети, заключающееся в построении правил определения адресов переходов, установлении связей между решающими модулями, формировании механизмов объяснения причин принимаемых решений и траекторий рационального ведения пациента.

В качестве базовых решающих правил для решающих модулей удобно использовать нечёткие рассуждения вида

$$\text{ЕСЛИ } x_1 \text{ ЭТО } A_1 \text{ И } x_2 \text{ ЭТО } A_2 \dots \text{И } x_n \text{ ЭТО } A_n \text{ ТО } y \text{ ЭТО } B. \quad (1)$$

Переменные  $x_1, \dots, x_n$  образуют  $n$ -мерный вектор  $X$ , составляющий аргумент условия, в котором  $A_1, \dots, A_n$  и  $B$  обозначают функции принадлежности  $\mu_{A_1}(x_1)$ ,  $\mu_{A_n}(x_n)$  и  $\mu_B(y)$ .

Приписывание многомерному логическому условию единственного значения реализуется с помощью операции агрегирования предпосылки типа:

$$\mu_A(X) = \min \{ \mu_{A_i}(x_i) \} \quad (2)$$

Приписывание единственного значения функции принадлежности  $\mu_{A \rightarrow B}(X, Y)$  реализуется процедурой агрегирования на уровне импликации в соответствии с выражением

$$\mu_{A \rightarrow B} = \max \{ \mu_A(X), \mu_B(Y) \} \quad (3)$$

Можно показать, что при реализации правил (1), (2) и (3) в многомерном пространстве признаков реализуется сколь угодно сложная разделяющая поверхность, а следовательно, могут быть решены различные типы задач медицинской диагностики.

В настоящее время нами изучается вопрос о рациональном выборе типов и параметров функций принадлежности, а также частных агрегирующих правил на основе данных разведочного анализа, целью которого является изучение структуры диагностируемых классов.

УДК 681.5.01

**Е. В. Лукьянчиков**

e-luck@yandex.ru

*Курский государственный технический университет*

## **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЗРАЧКА ГЛАЗА ПО СИГНАЛАМ ФОТОДИОДНОГО ДАТЧИКА**

Представлен способ измерения координат зрачка глаза за короткое время (мс) с высокой точностью. Способ основан на проецировании зрачка на поле быстродействующих фотодиодных датчиков и последующем использовании полученной с них информации.

Известные способы обладают, по сравнению с используемым методом, рядом недостатков:

- низкое быстродействие (порядка десятых долей секунды),

- использование сложной телевизионной аппаратуры.

Способ заключается в следующем. На поле равномерно расположенных фотодиодных датчиков с АЦП с дискретными выходными значениями сигналов в диапазоне 0..255 (рис.), проецируется изображение точечного кругового объекта.

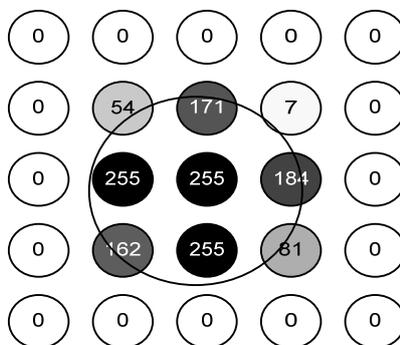


Рис. Схематичное изображение зрачка глаза, проецирующегося на поле фотодиодных датчиков

Выходные значения датчиков  $D$ , пропорциональные площади перекрытия датчика зрачком, обрабатываются следующим образом: накапливается сумма произведений координат датчика по каждой оси на выходные значения этого датчика и сумма выходных значений датчика. Частное этих сумм составляет координаты зрачка:

$$\vec{V} = \frac{\sum_{i=0}^N \vec{v}_i D_i}{\sum_{i=0}^N D_i}.$$

Представленный способ позволяет измерять координаты зрачка глаза по сигналам фотодиодного датчика за короткое время (мс).

УДК 621.397.6

**А.А. Макаренко, Л.С. Турнецкий**

a\_makarenko@mail.ru

ОАО «Научно-производственное предприятие "Радар ммс"»,  
г. Санкт-Петербург

## **ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ДИСКРЕТИЗИРОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТУР**

На основе бионического метода могут быть уточнены границы зон наблюдаемого оптико-электронного изображения, покрытые различными по содержанию текстурами. Отметим, что чисто статистические методы опо-

знавания текстур, покрывающих различные области всего изображения, не всегда успешно позволяют определить границы областей с отличающимися друг от друга текстурами.

Зрительная система человека позволяет уверенно определять границы между зонами изображения, покрытыми различными текстурами, используя механизм специальной обработки спектра наблюдаемого изображения. Модель такой обработки выглядит следующим образом.

Наблюдаемое изображение (НИ) переводится в образ, элементами которого являются мгновенные значения  $A(u,v)$  двумерного спектра исходного изображения, вычисляемого по некоторой окрестности точки  $a(x,y)$  НИ, соответствующей точке образа  $A(u,v)$  (рис. 1).

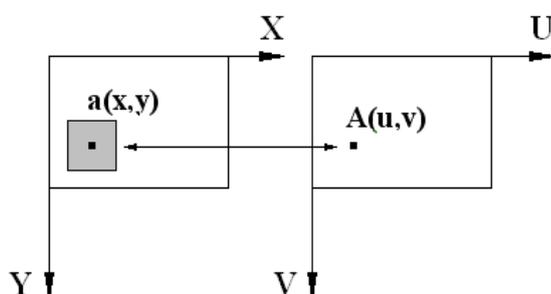


Рис. 1. К пояснению процедуры специальной обработки спектра наблюдаемого изображения

Каждое значение мгновенного двумерного спектра ТИ вычисляется по правилам двумерного преобразования Фурье.

Кроме упомянутого метода вычисления спектра, авторами разработана модель выполняемого в мозгу локального спектрального анализа, суть которой заключается в вычислении ориентированных под разными углами одномерных пространственных спектров в некоторой окрестности точки  $a(x,y)$  и последующем совместном анализе этих спектров с целью выяснения характеристик наблюдаемой текстуры.

Исследование областей НИ, выполняемое с целью определения или уточнения границ зон, покрытых различными текстурами, проводится путем анализа характера изменения параметров мгновенных спектров НИ, составляющих образ. Когда степень изменения определенных параметров превышает заданную допустимую величину, принимается решение о нахождении границы области, покрытой определенной текстурой.

Экспериментальные исследования продемонстрировали, что такой подход позволяет обеспечить успешное выделение однородных объектов и, что особенно важно, дает возможность эффективно определять границы объектов, покрытых различными текстурами (рис. 2).

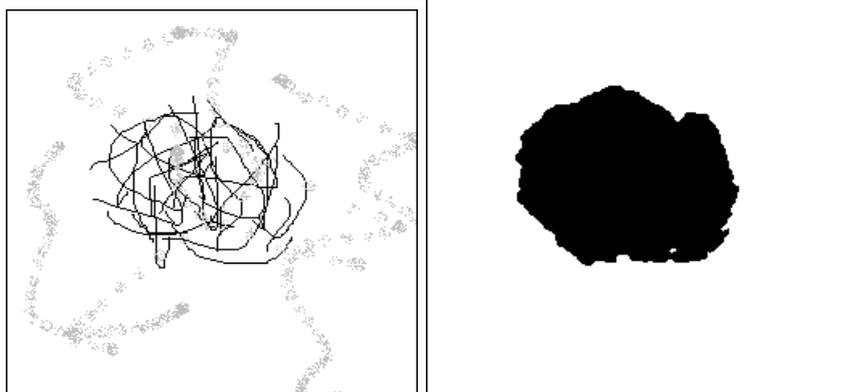


Рис. 2. Результат экспериментальной проверки разработанного алгоритма распознавания текстур

УДК 621.3

**А.А. Макаренко**

a\_makarenko@mail.ru

*ОАО «Научно-производственное предприятие "Радар ммс"»,  
г. Санкт-Петербург*

## **ДВУМЕРНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ДИСКРЕТИЗИРОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ**

Преобразование дискретизированного оптико-электронного изображения, осуществляемого в процессе его сегментации, обычно сопровождается изменением масштаба изображения или других его геометрических характеристик. Подобные действия, выполняемые над дискретизированными изображениями, основываются на процедуре вторичной дискретизации такого изображения, одной из стадий которого является интерполирование первоначально дискретизированного изображения с целью определения промежуточных значений яркости его элементов.

При обработке оптико-электронных изображений в реальном масштабе времени часто возникает проблема реализации вычислительного процесса с требуемой скоростью. В настоящем докладе приведен вариант решения задачи интерполяции оптико-электронного изображения в реальном масштабе времени.

В настоящее время для реализации интерполяционной процедуры при цифровой обработке изображений часто применяется интерполяция сплайнами. Сложность применения такой интерполяции обычно связана с проблемой определения значений производных функции яркости изображения в пикселах. Для вычисления оценок значений производных автором были использованы средние разделенные разности, что позволило локализовать интерполяционную процедуру и реализовать ее аппаратно в реальном масштабе времени.

$$\Delta_c f_i = \tilde{f}_i^{\circ} = \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{2h}.$$

Подставив выраженные таким образом приближенные значения производной, были получены новые формулы для определения коэффициентов кубического интерполяционного сплайна:

$$\begin{cases} \alpha_0^{(i)} = f_i, \\ \alpha_1^{(i)} = \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{2h}, \\ \alpha_2^{(i)} = \frac{2f_{i-1} - 5f_i + 4f_{i+1} - f_{i+2}}{2h^2}, \\ \alpha_3^{(i)} = \frac{-f_{i-1} + 3f_i - 3f_{i+1} + f_{i+2}}{2h^3}, \end{cases}$$

$$i = 1, 2, \dots, n-2; \quad x \in [x_i, x_{i+1}].$$

Интерполирование по разработанному алгоритму для практического применения было представлено как операция линейной фильтрации в цифровом нерекурсивном фильтре третьего порядка, и были получены выражения для коэффициентов интерполирования  $\beta_q(x_i + p - q)$  (огибающей импульсной характеристики интерполирующего фильтра):

$$\begin{cases} \beta_2(x_i + p + 2) = -0,5p^2 + 0,5p^3, \\ \beta_1(x_i + p + 1) = 0,5p + 2p^2 - 1,5p^3, \\ \beta_0(x_i + p) = 1 - 2,5p^2 + 1,5p^3, \\ \beta_{-1}(x_i + p - 1) = -0,5p + p^2 - 0,5p^3. \end{cases}$$

По результатам расчетов значений  $\beta_q$  построен график огибающей импульсной характеристики фильтра (рис.), которая симметрична относительно центрального узла. Фильтр может иметь линейную, а при определенных условиях и нулевую фазовую характеристику.

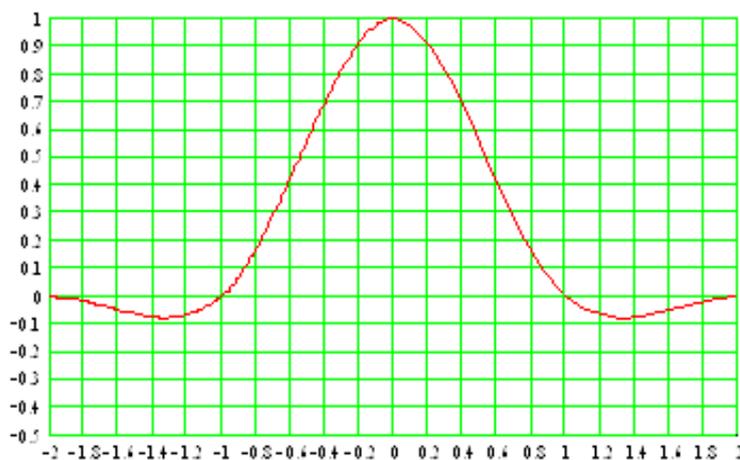


Рис. Огибающая импульсной характеристики интерполирующего фильтра для построения кубического сплайна при использовании средних разностей, вычисляемых по трем отсчетам

Разработанный метод построения интерполяционного полинома может быть ориентирован как на последовательную обработку изображения сначала в горизонтальном направлении, а потом в вертикальном (или на последовательную обработку в обратном порядке), так и на реализацию в виде двумерного цифрового фильтра – окна размером 4x4. Двумерный вариант позволяет более эффективно осуществлять интерполяционную процедуру, используя методику параллельных вычислений.

УДК 37.01

**С.Н. Мальцев, В.В. Умрихин, А.А. Толкушев**

msnka@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ВНЕДРЕНИЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Внедрение сетевой технологии системы дистанционного образования (СДО) влечёт за собой ряд положительных моментов:

- расширение сферы образовательных услуг;
- увеличение охватываемости желающих получать образование по территориальному признаку;
- снижение загруженности аудиторного фонда;
- уменьшение аудиторной нагрузки на профессорско-преподавательский состав.

Но внедрение сетевых технологий невозможно и без определённых затрат как финансовых, так и человеческих. Необходима система управления образовательной деятельностью, состоящая из программного обеспечения и кадрового состава. Программное обеспечение Ульяновского государственного технического университета (УлГТУ) оказалось наиболее подготовленным к работе в сфере высшего профессионального образования. Но одного программного обеспечения не достаточно. По опыту использования автоматизированной системы организации обучения (АСОО) в УлГТУ выявилась необходимость создания коллектива для работы с системой и ведения образовательной деятельности.

Для внедрения сетевой технологии дистанционного обучения в КурскГТУ необходимо внести изменения в структуру Центра дистанционного образования (ЦДО). Выделить внутри Центра несколько подразделений:

- подразделение, занимающееся уже привычной для нашего вуза кейсовой технологией с печатными методическими материалами;

- подразделение, занимающееся управлением образовательного процесса с использованием сетевых технологий;
- подразделение, занимающееся разработкой и созданием различных видов методических материалов;
- библиотека учебно-методических материалов СДО;
- подразделение, занимающееся администрированием сайта ИНО, сетевых технологий обучения и ЦДО в целом.

Каждое подразделение выполняет свои задачи и взаимодействует с другими, но его задачи являются конечными.

Подразделение кейс-технологий занимается организацией образовательного процесса по отдельным специальностям университета и отдельным дисциплинам. Это отработанная методика, нуждающаяся только в совершенствовании.

Подразделение сетевых технологий должно заниматься организацией образовательного процесса сначала по отдельным дисциплинам, по которым создан образовательный контент, а со временем и обучение по целым специальностям. Учебный процесс связан с разработкой, кроме уже имеющихся, учебных пособий, набора тестов по каждой теме или разделу дисциплины, а также входного и итогового тестов. Этот труд необходимо выполнить преподавателям, собирающимся вести образовательную деятельность с использованием сетевых технологий. Кроме того, необходимо совместно с методистами ЦДО разработать программу обучения по каждой дисциплине, установить необходимый уровень знаний, позволяющий приступить к освоению дисциплины, и уровень знаний по окончании процесса обучения. Для охвата наибольшего числа потребителей образовательных технологий и начала работы необходимо в качестве первых дисциплин выбрать те, которые наиболее распространены в вузе и имеют наилучшую подготовку в методическом плане. К таким следовало бы отнести Социологию, Культурологию, Экологию, Политологию и некоторые другие. А затем на основе опыта, полученного при внедрении этих дисциплин, перейти к более сложным и трудоёмким.

Подразделение методического обеспечения СДО призвано стать звеном, перерабатывающим знания, накопленные профессорско-преподавательским составом, и преобразующим их в различные методические материалы, причём материалы должны пройти четыре стадии: бумажный вариант, интернет-ресурс, CD-версия курса дисциплины или блока дисциплин.

Библиотека учебно-методических материалов СДО должна быть отделена от общего фонда университета и иметь два составных элемента – бумажный аналог и мультимедиаресурсы. Причём мультимедиаресурсы должны располагаться в сети интернет, а в мультимедиабиблиотеке необходимо иметь CD их версии. Отделение библиотечного фонда необходимо для автоматизации учёта и контроля за движением методических материалов, ведь от

наличия их в библиотечном фонде на конкретный момент зависит возможность изучения дисциплины.

Подразделение сетевых администраторов должно вести администрирование образовательного сайта ИНО, который является неотъемлемой частью портала КурскГТУ, и параллельно с этим заниматься администрированием сетевого обучения. Подразделение должно подчиняться начальнику ЦДО и быть независимым от других структур Центра.

УДК 681.3

**Л.М. Макаров, А.С. Ястребов, П.В. Комаров**

biopet@mail.ru

*Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича*

## **ПРОЦЕДУРЫ АНАЛИЗА И ТРАНСДУКЦИИ В ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ПРОЕКТАХ**

Развитие средств телекоммуникации предоставляет большие возможности осуществления актуальных практических задач медицины. Наличие возможности организовывать телекоммуникационные сеансы связи в практической медицине позволяет проводить разносторонние обсуждения результатов клинического обследования. Исходным материалом для формирования диагностического заключения являются как первичные результаты клинических исследований, полученных посредством специальной аппаратуры, так и в некоторой степени систематизированные данные, представляющие набор клинических показателей, характеризующих состояние организма.

Использование в современной медицинской практике аппаратных средств сбора данных о состоянии организма является важным условием формирования адекватного диагностического заключения. Логические правила построения диагностического медицинского заключения о состоянии организма являются трансдукцией – умозаключением, формируемым по большому количеству показателей состояния организма человека.

Обширное количество методик регистрации данных обследования и широкие возможности выбора технических параметров для диагностических аппаратов в значительной степени усложняет процесс отыскания адекватного диагностического заключения. Принимая это во внимание, в организации процесса телемедицинской помощи используются компьютерные пакеты программ анализа данных, позволяющих оперативно выявить – распознать специфические нарушения в различных подсистемах организма и, одновременно с этим, проиллюстрировать результаты медицинских исследований. Применение компьютерных программ позволяет распознать различные на-

рушения по графическим изображениям, получаемым с помощью рентгеновской, ультразвуковой или томографической аппаратуры, а также по набору данных, получаемых в результате использования методов биофизического или биохимического исследования.

Математические методы анализа данных выступают в качестве инструмента решения содержательных задач. Прежде чем использовать эти методы, их необходимо выбрать. По нашему мнению, при подобном выборе целесообразно руководствоваться типами содержательных задач, решаемых в процессе анализа данных. Накопленный в медицинской практике опыт использования математического аппарата позволяет сформулировать наиболее распространенные типы содержательных задач. Распространенной задачей, решаемой в телекоммуникационном обсуждении состояния биологической системы – организма, является типологический анализ, осуществляемый определенной категорией медицинских специалистов. В этой процедуре возможность использования многочисленных аналитических компьютерных процедур типологического анализа в значительной степени обеспечивается группой медико-технических специалистов, создающих программные модули распознавания нарушений организма человека.

Распознавание образов функциональных нарушений организма осуществляется посредством математических процедур анализа. Процедуры распознавания патологических образов, характеризующих соответствующие биологические объекты изучения, представляемых к анализу в формате телекоммуникационного медицинского взаимодействия специалистов, позволяют осуществлять идентификацию нарушения организма, которые могут быть описаны набором признаков или свойств. Описание изучаемого явления или процесса, представленного своим телекоммуникационным образом, характеризуется  $n$ -мерным вектором, размерность которого определяется количеством признаков. Допускается, что при формировании описания биологического объекта информация об отдельных признаках оказывается недоступной.

Задача классификации предъявленных к анализу объектов, только на основе имеющихся наборов описаний признаков, характеризуется построением нескольких групп, которые идентифицируют как таксоны. Таксономические задачи решаются методами кластерного анализа, методами «без учителя», самообучения, автоматической классификации. В задачах обнаружения – распознавания негативных состояний биологического объекта, решаемые «с учителем», кроме набора признаков необходимы дополнительные сведения о принадлежности объекта к тому или иному классу – образу, которые создаются при участии эксперта – медицинского специалиста.

Распространение компьютерной техники, используемой в задачах телекоммуникации и, в частности, телемедицине, позволяет значительно повысить эффективность диагностических и терапевтических процедур посредством использования накопленного опыта медицинских специалистов и

целенаправленного использования большого арсенала математических процедур анализа.

УДК 004.9

**С.Л. Подвальный, М.И. Чудинов**

*Воронежский государственный технический университет*

## **ГЕНЕРИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПОДСТАНЦИЙ В БАЗЕ ДАННЫХ**

Наличие электроэнергетических систем – одно из основных условий функционирования государства. Электроэнергетические системы начали формироваться в начале 20 века, а в настоящее время охватывают территорию по сути каждого государства и даже вышли за пределы национальных границ.

Основными элементами электрических систем являются электростанции, подстанции и электрические связи между ними, коммутирующие генерирующую мощность в распределительных устройствах (РУ). Коммутационные узлы позволяют с минимальными затратами присоединять потребителей, обеспечивая их электроснабжение от генерирующих источников.

Основными элементами распределительных устройств являются системы шин, выключатели, разъединители, объекты присоединения.

Электрические мощности снимаются или направляются на системы шин посредством соединения объекта присоединения к группе распределительного устройства.

Выключатели предназначены для автоматизированного отключения объектов присоединения от систем шин.

Разъединители предназначены либо для обесточивания выключателей при плановом ремонте, либо отключения объекта присоединения (линии) вне зоны подстанции.

Каждая электроустановка имеет определенную внутреннюю структуру и взаимосвязь своих элементов, отражением которых является схема.

К схемам РУ электроустановок предъявляют ряд требований. Наиболее важными из них являются надежность, экономичность, удобство эксплуатации, техническая гибкость, экологическая чистота, компактность, унификация.

В виду перечисленных выше требований, все распределительные устройства не могут быть одной и той же модели. Например, в некоторых регионах необходимо быстро построить дешевую установку, а где-то необходимо иметь сверхнадежную подстанцию, не допускающую отключения потребителей ни в коем случае. К тому же число возможных групп распределительных устройств, применяемых сейчас на практике, – более ста. Некоторые распределительные устройства содержат разные группы оборудования, что делает количество комбинаций архитектуры отдельного распределительного устройства бесконечным.

Основной задачей при генерации оборудования распределительных устройств является генерация уникальных названий элементов, а также правильных и полных связей между ними. Например, название выключателя коммутирующего объект присоединения получается следующим образом: В-[порядковый номер группы в модели РУ]. [порядковый номер группы в группе] / [напряжение РУ] [наименование подстанции]. Например: В-2.4/220 ПС 500 кВ Азот Самарской ЭЭС.

Была реализована программа RU Synthesizer 2.1, включающая итерационные математические алгоритмы генерации названий элементов распределительных устройств, и установления корректных связей друг с другом. Начальные параметры для алгоритма задаются путем интерактивного взаимодействия с операторами. Операторы программы – это специалисты, владеющие предметной областью и способные ориентироваться в схемах электроустановок. Для генерируемого РУ оператор задает программе нужные параметры в целях дальнейшей автоматизации процесса генерации элементов, таких как выключатели, разъединители, узлы, трансформаторы токов и напряжения и их составляющих.

Программа использует реляционную базу данных, содержащую информацию о подстанциях, распределительных устройствах, системах шин, выключателях, разъединителях, узлах некоторых более специализированных объектов, а также связей между ними. Для выбранного РУ отображаются соответствующие ему объекты. Оператор формирует группы объектов, в конечном счете, реализуя модель РУ, после чего, программа, уже в автоматическом режиме, полностью сформирует указанную модель в БД.

Отличительной особенностью программы от существующих аналогов является то, что каждая группа представляет собой набор объектов (выключателей, разъединителей и узлов), который можно изменять и получать другие, более сложные группы. Таким образом, реализовав нужную модель РУ, можно получить структуру РУ, еще не введенную в эксплуатацию на практике в электросетях, что делает ее достаточно перспективным средством для формирования любой модели РУ в базах данных.

УДК 528.711

**А.А. Аль-Ядуми**

*Курский государственный технический университет*

## **ОДНОЧАСТОТНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**

Для измерения малых угловых перемещений наиболее целесообразным является использование лазерных интерферометров.

Схема, поясняющая принцип работы одночастотного лазерного интерферометра для измерения малых угловых перемещений, приведена на

рисунке. Излучение одночастотного лазера 1 с частотой  $\omega$  с помощью светоделительного кубика 2 направляется на оптические угловые отражатели 5 и 6. Составляющие излучения, отраженные от них, направляются при помощи зеркал 3 и 4 на фотоприемник 8.

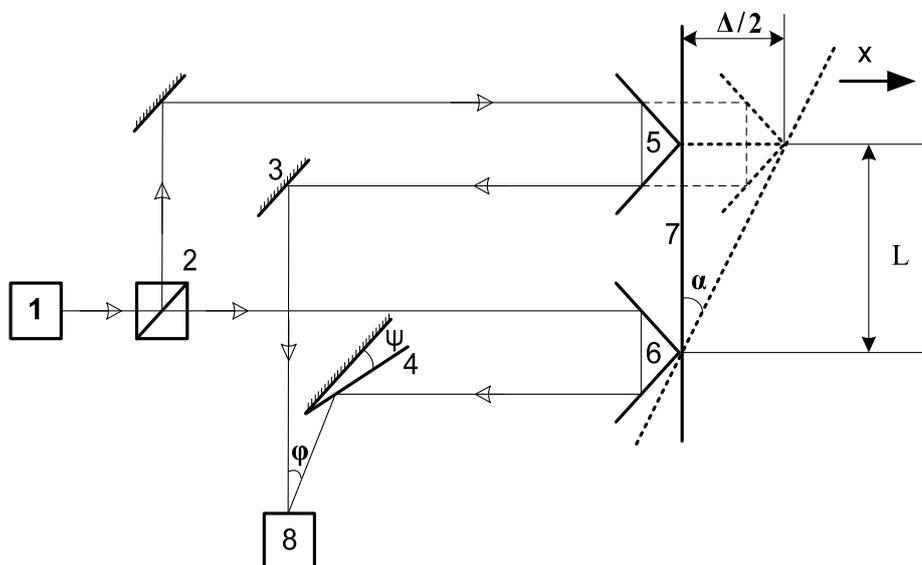


Рис. Одночастотный лазерный интерферометр для измерения угловых перемещений

Угол наклона  $\alpha$  опоры отражателей выражается как отношение разности путей  $\Delta$  к величине расстояния  $L$  между отражателями, т. е.

$$\tan(\alpha) = \frac{\Delta/2}{L}, \quad \alpha = \arctan\left(\frac{\Delta/2}{L}\right) \approx \frac{\Delta}{2L}. \quad (1)$$

Так как угол  $\psi$  между зеркалами 3 и 4 (рис.) и угол падения лучей  $\phi$  постоянные, то на изменение интерференционной картины влияет только разность хода лучей  $\Delta$ .

Информация о разности путей, пройденных уголковыми отражателями, содержится в разности фаз выходного сигнала фотоприёмника.

Напряженности электрических полей оптических сигналов на входе уголкового отражателя, когда опора 7 неподвижна:

$$e_1 = E_1 \exp\{-j(\omega t + \varphi_{01})\};$$

$$e_2 = E_2 \exp\{-j(\omega t + \varphi_{02})\},$$

где  $\varphi_{01}$  и  $\varphi_{02}$  – начальные фазы.

Результирующее поле на входе фотоприемника 8 при движении опоры в направлении X:

$$e = E_1 \exp\left\{-j\left(\omega t + \varphi_{01} - \frac{2\pi}{\lambda} l_1\right)\right\} + E_2 \exp\left\{-j\left(\omega t + \varphi_{02} - \frac{2\pi}{\lambda} l_2\right)\right\},$$

где  $\frac{2\pi}{\lambda}l$  – доплеровское изменение частоты;  $l_1$  и  $l_2$  – длины оптических путей от лазера до фотоприемника, проходящие соответственно через уголкового отражатели 5 и 6;  $\lambda$  – длина волны излучения лазера.

Ток в нагрузке квадратичного фотоприемника 8, помещенного в поле интерференции, описывается выражением

$$i_{\Phi} = \beta \left\{ E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \left( \varphi_{01} - \frac{2\pi}{\lambda}l_1 + \frac{2\pi}{\lambda}l_2 - \varphi_{02} \right) \right\}, \quad (2)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий параметры фотоприемника.

Из выражения (2) видно, что выходной ток фотоприемника содержит постоянную и переменную составляющие. Последняя описывается выражением  $\beta E_1E_2 \cos \varphi'$  и содержит информацию о разности путей, пройденных уголковыми отражателями 5 и 6. Так как  $\varphi_{01}$  и  $\varphi_{02}$  являются постоянными величинами, то

$$\varphi' = \frac{2\pi}{\lambda}(l_2 - l_1),$$

откуда разность путей, пройденных уголковыми отражателями:

$$L_2 - L_1 = \frac{1}{2}(\Delta l_2 - \Delta l_1) = \frac{\lambda}{4\pi}(\Delta \varphi_2 - \Delta \varphi_1).$$

Из формулы следует, что одночастотные лазерные интерферометры позволяют измерять разность перемещений отражателей 5 и 6, определяющую угол поворота опоры отражателей, в соответствии с формулой (1). Однако если один из отражателей закрепить неподвижно, то указанная разность будет полным перемещением другого отражателя.

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абезяев А.А.	33, 34	Диев И.О.	126
Акульшин Г.Ю.	36	Дисюк В.Ю.	128
Аль-Ашвал М.М.	38	Добросердов О.Г.	131
Аль-Мараят Б.И.	73	Довгаль В.М.	173
Аль-Ядуми А.А.	40 ,208	Долженков А.П.	132, 134
Ананьин М.А.	42	Дороган А.В.	136
Андреев П.П.	44	Дороган В.В.	136, 138
Андрианов Д.Е.	46	Дюбрюкс С.А.	140
Анциферов А.В.	48	Егоров С.И.	101, 142, 144
Аньшаков Г.Г.	49	Егошина И.Л.	146
Афанасьев В.Н.	14	Еремеев В.В.	148, 150
Бабаскин С.О.	51	Ершов Е.В.	152, 154, 156
Багров В.В.	53	Жарких А.А.	158
Бартко Н.В.	54	Желанова Л.А.	86, 159
Барышок Д.Г.	142	Жизнякав А.Л.	160, 162
Батина С.Ю.	56	Жиляев Д.Л.	164
Батин В.И.	56	Жусубалиев Ж.Т.	165
Беляев И.А.	58	Заикина Т.А.	166, 168
Беседин А.В.	59	Зашивайло Т.В.	170
Бехтин Ю.С.	61	Зенин В.А.	148
Бирюков Е.Н.	152	Зерин И.С.	173
Бобынцев Д.О.	63	Зверев П.С.	171
Бобырь М.В.	65, 66, 69	Зозуля Е.П.	175
Болотов С.А.	71	Зотов И.В.	38
Борзов Д.Б.	73, 140	Иванов В.И.	105
Борисов А.И.	75	Ильин А.А.	177
Борисов В.А.	76	Ильин Р.А.	178
Брянцев А.А.	78	Ильясова Н.Ю.	42, 188
Бугаенко Е.И.	80	Ипатов Ю.А.	186
Будак В.П. ,	82	Клюйков Д.А.	82
Буреев А.Ш.	83	Князьков П.А.	150
Бурмистров В.Н.	86	Кобзарь Е.Ю.	89
Василишин И.И.	87	Комаров П.В.	205
Ватутин Э.И.	89, 90	Коптева Н.А.	197
Верхова Г.В.	93	Кореневский Н.А.	180
Виеру Т.С.	136, 138	Корнеев И.В.	123
Виеру С.Ф.	136, 138	Корнышов А.Н.	183
Выскуб В.Г.	94	Коростелев С.И.	185
Гаврилов И.Л.	180	Кревецкий А.В.	186
Гай В.Е.	95	Крупчатников Р.А.	198
Гаранина И.И.	170	Куприянов А.В.	42, 188
Гвоздев С.М.	97, 99	Кузнецов А.В.	188
Глухарев И.Н.	101	Кузнецов А.Е.	190
Глушанов И.А.	93	Кучерявский С.В.	58
Глушков Г.С.	128	Кушнир А.А.	191
Головенков Е.В.	103	Лазарев А.Н.	193
Голубов Д.А.	105	Ливенцова А.А.	97
Гостев И.М.	27, 108	Липовцева Ю.Ю.	83
Гордеев И.А.	106	Литвинская О.С.	195
Гордиенко В.В.	75	Ломтадзе С.Р.	144
Гордюхина С.С.	97	Лукашов М.И.	197
Графов О.Б.	111	Лукьянчиков Е.В.	198
Гривачев А.В.	113, 115	Макаренко А.А.	199, 201
Григорьевых Е.А.	117	Макаров Л.М.	205
Грушко Н.С.	119	Маклакова О.М.	191
Гуламов А.А.	121	Марченко И.В.	124
Гурин Н.Т.	123	Медведев А.В.	103
Дегтярев С.В.	40	Мальцев С.Н.	203
Диев О.Г.	124, 126	Милостная Н.А.	67

Михайлов Д.В.	183
Наджаджра М.Х.	38
Новиков С.Г.	123
Новикова А.Г.	123
Островский Е.О.	113, 115
Павлов И.А.	158
Певзнер А.А.	56
Подвальный С.Л.	207
Подгорбунский А.Г.	108
Попов В.М.	59
Поспелов А.С.	71
Прудников И.В.	94
Пугачев А.А.	44, 191
Рабышко В.А.	170
Романов Е.С.	124
Рыбочкин А.Ф.	132
Садовникова Н.Д.	99
Садыков С.С.	160
Сальников И.И.	76, 195
Самофалов А.С.	180
Светелкин П.Н.	190
Сибилёва А.Л.	69
Сивков Н.Е.	154
Синицын И.Н.	30
Солонин А.П.	119
Сырямкин В.И.	83, 128
Сухарев А.Н.	156
Тарутин Е.А.	33
Толкушев А.А.	203
Труфанов М.И.	36
Титов В.С.	140
Титов Д.В.	165
Турнецкий Л.С.	199
Умрихин В.В.	59, 203
Фомин А.А.	162
Хафизов Р.Г.	117
Чернышова О.С.	166, 168
Чудинов М.И.	207
Шмокин М.Н.	195
Цыбаков Б.В.	93
Якушенков Ю.Г.	13
Яричин Е.М.	31
Яхонтова Е.С.	65
Ястребов А.С.	87, 205

Научное издание

**ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ  
И УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ  
ОБРАЗОВ, ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
И СИМВОЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**РАСПОЗНАВАНИЕ – 2008**

Сборник материалов VIII Международной конференции

**Часть 1**

Редактор *Е.А. Припачкина*

Компьютерная верстка и макет *С.Ю. Мирошниченко*

*Э.И. Ватутина*

*Н.Д. Бухариной*

Подписано в печать 18.04.08. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 12,3. Уч.-изд. л. 12,0. Тираж 220 экз. Заказ .

Курский государственный технический университет

Издательско-полиграфический центр Курского государственного  
технического университета. 305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.