

**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 2**

Редакционная коллегия:

В.С. Титов (отв. ред.), Н.А. Корневский,  
Т.А. Шибакина, 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. 2 / ред. кол.: В.С. Титов [и др.]; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2008. 198 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>Маркелов В.Г., Селяничев О.Л.</i> Поиск изображений по контенту.....	13
<i>Ко Ко Куо, Мирошниченко С.Ю.</i> Выделение контуров объектов на изображении с использованием функции регуляризации Тихонова.....	14
<i>Мистюков Б.В., Бурковский В.Л.</i> Реализация многопроцессорных вычислительных комплексов в системах распознавания образов.....	16
<i>Митекин В.А.</i> Обобщенный алгоритм встраивания цифровых водяных знаков в полиграфические изделия .....	19
<i>Михайлов Д.В., Емельянов Г.М.</i> Формирование и кластеризация понятий в задаче автоматизированного построения тезауруса предметной области .....	20
<i>Моисеев М.И.</i> Прецизионные генераторы импульсов для тестирования оптико-электронных систем .....	22
<i>Рыбочкин А.Ф., Праведников С.В.</i> Контроль распределения тепловых полей в плоскости пчелиных рамок .....	24
<i>Рыбочкин А.Ф., Праведников С.В.</i> Мониторинг состояний пчелиных семей с применением телекоммуникационных сетей .....	26
<i>Мухин И.Е., Мухин А.И.</i> Расчет искажений передаточной функции при каскадном соединении дисперсионных линий задержек.....	28
<i>Мухин И.Е., Мухин А.И.</i> Методика определения зависимости между требуемым качеством системы радиомониторинга телекоммуникационных систем и ценой его достижения .....	29

<i>Наджджра М.Х., Зотов И.В., Аль-Шехри М.А.</i> Организация отказоустойчивого вещания сообщений в матричных мультипроцессорах .....	31
<i>Овчинкин О.В., Сараев И.А.</i> Инструментальные средства исследования пространственной транспозиции топологических портретов хаотических процессов .....	33
<i>Огнев А.В., Типикин А.П.</i> Центрирование отпечатков пальцев при инвариантном распознавании на основе метрики Хаусдорфа.....	34
<i>Орлов А.А., Садыков С.С., Ермаков А.А.</i> Применение интегральных преобразований по линиям в обработке изображений .....	36
<i>Орлов А.В.</i> Устройство выделения контуров объектов на изображении .....	38
<i>Панов А.Е., Емельянова Е.Ю.</i> Алгоритм помехоустойчивой сегментации речевого сигнала на вокализованные фонемы .....	40
<i>Панов А.Е., Типикин А.П.</i> Параллельное вычислительное устройство определения траектории основного тона.....	41
<i>Личков Г.Г., Паринский А.Я.</i> Точностные параметры телекоммуникационной системы измерения границ объектов на основе интеллектуальных радиолокационных датчиков. ....	43
<i>Паринский А.Я.</i> Радиооптический пеленгатор (РОП) на дифференциальных интегральных линейках однорезонаторных резонансных угловых фильтров .....	45
<i>Певзнер А.А., Григорьева Е.А.</i> Закономерность реакции организма на звуковое воздействие .....	47
<i>Певзнер А.А., Плуженский М.А.</i> Способ динамической визуализации стереоизображений .....	48

<i>Передельский Г.И., Диденко Ю.В.</i> Группа мостовых цепей с использованием частотно-независимых двухполюсников для систем распознавания образов.....	49
<i>Передельский Г.И., Овчинников А.Л.</i> Мостовые цепи с отдельным уравниванием только регулируемые резисторами .....	51
<i>Передельский Г.И., Иванов В.И., Овчинников А.Л.</i> Мостовые цепи с расширенными функциональными возможностями .....	53
<i>Петров А.С.</i> Повышение точности радиовысотомера на основе широкополосных сигналов.....	54
<i>Петрова Н.Э., Дмитриева С.Ю.</i> Реализация когнитивной функции языка в процессе авторизации художественного текста .....	56
<i>Пластинин А.И., Куприянов А.В., Ильясова Н.Ю.</i> Метод текстурного анализа цветных изображений на основе аппроксимации статистической зависимости.....	58
<i>Побаруев В.И., Пошехонов В.И.</i> Алгоритмы идентификации общих точек на стереоизображениях.....	59
<i>Подвальный С.Л., Ганцева Е.А., Корвяков А.Г.</i> Распознавание целевого функционала для выбора алгоритма оптимизации.....	61
<i>Подвальный С.Л., Чудинов М.И.</i> Блочное проектирование однолинейных схем распределительных устройств подстанций для их графического представления в оперативных схемах нормального режима электрических сетей .....	62
<i>Попов В.М., Рыкунова И.О., Чепиков Н.А.</i> ГИС-технологии как инструмент принятия решений в системе управления качеством атмосферного воздуха .....	64
<i>Праведникова С.В.</i> Язык как основа интеллектуальной системы для распознавания текста .....	65

<i>Пронин Т.В., Рыбочкин А.Ф., Кузьмин А.А.</i> Основные направления повышения эффективности оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека .....	67
<i>Пукалов М.А., Сизов А.С.</i> Методика оценки влияния модулирующих сигналов на свойства несущего хаотического колебания .....	70
<i>Пукалов М.А., Сизов А.С.</i> Обоснование выбора способа хаотической передачи сообщений в зональных радиосетях с особыми требованиями .....	71
<i>Пустынский И.Н., Зайцева Е.В.</i> Оценка погрешностей аппроксимаций распределения яркости в кружке рассеяния безабберационного объектива .....	73
<i>Табаси С.Х., Решетникова В.П.</i> Биометрическая система идентификации человека на основе искусственной нейронной сети .....	75
<i>Русин И.Н.</i> Коммерциализация систем распознавания образов .....	77
<i>Рыбинская Т.А., Шаповалов Р.Г.</i> Использование новых информационных технологий при обучении студентов специальности 261001 «Технология художественной обработки материалов» .....	78
<i>Рыбочкин А.Ф., Романов А.А.</i> Кодирование информации при анализе акустических процессов пчелиных семей .....	80
<i>Рыбочкин А.Ф., Савельев С.В.</i> Исследовательский комплекс анализа акустических шумов с использованием двоичного кодирования .....	82
<i>Рыжиков С.С.</i> Проблемы измерения средней скорости потока в расходомерах жидкости и газа .....	84
<i>Рычажников А.Е.</i> Методы измерения скоростей движущихся объектов с помощью цифровых видеосистем на основе КМОП технологии .....	86

<i>Гостев И.М., Рябинин С.Е.</i> О распознавании текстурных дефектов .....	88
<i>Сагдуллаев Ю.С., Сагдуллаев Т.Ю.</i> Телевизионные дальномеры .....	89
<i>Сагдуллаев Ю.С., Сагдуллаев Т.Ю.</i> Цифровая обработка и передача телевизионных сигналов .....	92
<i>Сагдуллаев Ю.С., Сагдуллаев Т.Ю.</i> Мультимедиа в сетях связи .....	95
<i>Садыков С.С.</i> Алгоритмы формирования признаков объектов на основе кривизны контуров и их распознавание .....	97
<i>Сальников И.И., Шмокин М.Н.</i> Применение коэффициента сложности при оптимизации параметров информационных систем .....	99
<i>Сальников И.И.</i> Современное состояние и тенденции развития элементной базы .....	101
<i>Сырямкин В.И., Тарасенко И.А.</i> Исследования наноматериалов оптико-телевизионным методом .....	103
<i>Синицын В.И., Корепанов Э.Р., Агафонов Е.С.</i> Условно оптимальные стохастические информационные технологии контроля и аудита компьютерных систем .....	105
<i>Смирнов М.Н., Сизов А.С., Игнатенко А.Н.</i> Представление знаний в виде нечеткого гипертекста .....	106
<i>Сотникова Н.А., Крюкова С.В., Горяинова Л.Е.</i> Информационное обеспечение компьютерной системы по прогнозированию .....	108
<i>Стрелкова А.Н., Степченко А.А., Труфанов М.И.</i> Способ повышения качества эндоскопических изображений .....	110
<i>Сусин В.В., Сусин П.В.</i> Статистическая модель мультиплектора с выходными очередями .....	111

<i>Сусин В.В.</i> О проблеме избыточности матрицы хранения в коммутаторах с выходными очередями .....	113
<i>Сырямкин В.И., Рожнёв И.Н., Шидловский В.С., Батурина А.В.</i> Корреляционно-экстремальные структурно-перестраиваемые системы навигации .....	113
<i>Сырямкин В.И., Усцов О.В., Юрченко А.В.</i> Интеллектуальные интегрированные системы охраны .....	115
<i>Табаси С.Х.</i> Построение адаптивных видеодатчиков на основе КМОП приемников излучения.....	117
<i>Титенко Е.А., Евсюков В.С., Мудрик В.Ю.</i> Способ параллельного поиска вхождений образцов .....	119
<i>Титенко Е.А., Малюк С.В., Воронин Д.А.</i> Сопоставительный анализ методов поиска образца .....	120
<i>Титов В.С., Потапов Д.С., Чернецкая И.Е.</i> Устройство контроля влажности рудных потоков.....	122
<i>Тобоев В.А., Оборин С.В.</i> Информационно-измерительный модуль для непрерывного и дистанционного контроля параметров микроклимата помещений .....	123
<i>Толкушев А.А., Умрихин В.В., Мальцев С.Н.</i> Автоматизация системы организации обучения.....	125
<i>Торшина И.П.</i> Адекватность как оценка качества компьютерной модели оптико-электронных систем .....	127
<i>Аньшаков Г.Г., Болецкий Е.Б., Труфанов М.И., Журавлев И.В.</i> Оптико-электронное устройство обнаружения катаракты на ранней стадии .....	129
<i>Труфанов М.И.</i> Биноккулярная оптико-электронная система для диагностики отклонений глазодвигательного аппарата .....	131
<i>Тырышкин А.В., Андраханов А.А.</i> Нечеткие аспекты применения алгоритмов МГУА в задаче распознавания препятствий для автономных мобильных роботов.....	133

<i>Умрихин В.В., Толкушев А.А., Мальцев С.Н.</i> Развитие технологий дистанционного обучения в Курском государственном техническом университете.....	134
<i>Умрихина В.А.</i> Автоматизация процессов контроля оборудования .....	136
<i>Ушмаев О.С., Сеницын И.Н.</i> Информационные технологии распознавания лиц в потоке .....	138
<i>Хайрулина А.С., Грушко Н.С.</i> Спектры электролюминесценции и параметры рекомбинационных центров структур INGAN/ALGAN/GAN с люминофорным покрытием.....	140
<i>Халед Абдул Р.С., Шевякин В.Н., Филист С.А.</i> Использование спектральных характеристик фотоплетизмограмм для управления процессом низкоинтенсивной лазерной терапии ....	142
<i>Харзеева С.Э., Лушникова Е.И.</i> Информационная технология обучения распознаванию смысловой структуры научного текста в процессе усвоения знаний .....	145
<i>Хафизов Р.Г., Третьякова Ю.Е.</i> Синтез 3D изображений предстательной железы по результатам томографического исследования.....	147
<i>Хафизов Р.Г.</i> Синтез формы с метрическими свойствами плоских и пространственных изображений .....	149
<i>Хорошев М.В., Овчинников Ю.Л.</i> Автоматизированное программно-информационное устройство ориентации человека .....	150
<i>Жусубалиев Ж.Т., Чевычелов С.Ю., Бас Е.А.</i> С-бифуркация рождения инвариантного тора .....	152
<i>Чевычелов С.Ю.</i> Каркас для разработки приложений бифуркационного анализа динамических систем.....	153
<i>Сальников И.И., Чернышев М.Н.</i> Формирование контура изображения нарушителя в радиолучевых системах охраны при воздействии помех .....	154

<i>Чертков Д.В., Дегтярев С.В.</i> Автоматизированный измерительный комплекс.....	156
<i>Чеснокова Е.О., Борзов Д.Б.</i> Устройство поиска нижней оценки в полносвязных матричных системах при направленной передаче данных.....	158
<i>Шевлякова Н.В., Конча Ороско Э.</i> Математическая модель барабанного окомкователя с релейной системой управления .....	160
<i>Шершнева С.Ф.</i> Робастное управление в условиях наличия хаотических колебаний.....	161
<i>Ширабакина Т.А.</i> Некоторые проблемы обучения специалистов по образовательным программам в сокращенные сроки.....	163
<i>Эзирим Кеннет Угонна</i> О распознавании рукописных символов с помощью нейронной сети.....	164
<i>Эзирим Кеннет Угонна</i> Метод выделения признаков в графическом изображении объекта, инвариантный к его местоположению .....	166
<i>Лукашов М.И., Яцун С.М., Савченко Н.Н.</i> Структура системы поддержки принятия решения врача-дерматовенеролога .....	168
<i>Чернецкая И.Е., Исаев Е.А.</i> Гранулирование сыпучих материалов .....	169
<i>Исаев О.Н.</i> Анализ и обработка изображений с помощью специализированного программного средства .....	170
<i>Калуцкий И.В., Лопин В.Н.</i> Пакетная конвейерная обработка логических функций иерархическими нейросетями .....	172
<i>Квашенко В.А., Жарких А.А.</i> Разработка программного модуля комбинированного кодирования речевого сигнала .....	174

<i>Киселев Р.В., Постников Е.Б.</i> Анализ сигналов на основе численного решения дифференциального уравнения в частных производных .....	176
<i>Кобелев Н.С., Шевелева Е.С., Кобелев В.Н., Титов Д.В.</i> Автоматизация процесса очистки диффузионного сока в ротационной пульполовушке .....	178
<i>Кобзарь Е.Ю., Ватутин Э.И.</i> Методика точного измерения времен выполнения заданных фрагментов программ в многозадачных операционных системах .....	180
<i>Козлов П.С.</i> Оптико-электронная система измерения поверхностного натяжения жидкости и оценки флотационной активности веществ .....	182
<i>Аньшаков Г.Г., Болецкий Е.Б., Тарасова О.Б., Титов В.С.</i> Вычислительный модуль оптико-электронного устройства для скрининговой диагностики катаракты .....	183
<i>Гублин А.С.</i> Программный комплекс для учебно-технического проектирования волоконно-оптических сетей .....	185
<i>Макарецкий Е.А., Нгуен Л.Х.</i> Селекция объектов в телевизионной измерительной системе контроля дорожного движения .....	187
<i>Мирошниченко С.Ю.</i> Локализация и гистограммная компенсация теней объектов на аэрокосмических изображениях .....	189
<i>Касем М.М., Сабельников Д.С.</i> Диагностика состояний автомобильных двигателей по акустическому шуму .....	190
<i>Панищев В.С., Яковлева В.С.</i> Программа для обнаружения и копирования документов .....	192
<i>Поветкин Р.А.</i> Выбор чувствительного элемента для манометрического преобразователя теплоэлектрического вакуумметра .....	193

## **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 621.397

**В.Г. Маркелов, О.Л. Селяничев**

poevm@chsu.ru

*Череповецкий государственный университет*

## **ПОИСК ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО КОНТЕНТУ**

С каждым днем объем графической информации интенсивно увеличивается. В данных условиях важной является проблема упорядочения и поиска графических данных. Подтверждением актуальности данной области исследований служит возрастающее количество публикаций по тематике поиска изображений по контенту, или, если следовать англоязычной терминологии, Content-base Image Retrieval (CBIR).

До сих пор нерешенной проблемой в данной области является существование так называемого семантического разрыва (semantic gap). Конечный пользователь системы при формировании запроса склонен оперировать понятиями высокого уровня, такими как имя объекта, представленного на искомом изображении, или же указанием на место действия. При этом, современные системы поиска по контенту могут оперировать только низкоуровневыми признаками, такими как характеристики цвета, формы или текстуры. Таким образом, проблема семантического разрыва заключается в отсутствии связи между семантическими категориями, которыми оперирует пользователь и низкоуровневыми признаками, которые может предложить система поиска по контенту.

Одним из существующих подходов к решению названной проблемы является использование такого инструмента, как онтологии. Примечательной при данном подходе является возможность применения стандартов, разработанных в рамках проекта семантической паутины (semantic web), которая считается следующим этапом в развитии сети Интернет. Эта возможность проистекает из того, что онтологии входят в концепцию проекта семантической паутины в качестве одного из центральных понятий и механизмов реализации. Ключевым моментом в случае применения данных стандартов при разработке систем CBIR видится будущая возможность интегрирования онтологий в эти системы непосредственно из семантической паутины вследствие их совместимости, что позволит легко расширять возможности и область семантического охвата этих систем.

Дополнительным плюсом, обеспечиваемым ориентированием на данные стандарты при построении систем поиска изображений по контенту, можно считать открытость этих стандартов, что гарантирует возможность их

дальнейшего развития и беспрепятственного использования. В качестве примеров стандартов, составляющих техническую часть семантической паутины, можно привести следующие: RDF (Resource Description Framework), OWL (Web Ontology Language), SPARQL (RDF query language).

Другим стандартом, который находит все большее применение в системах поиска изображений по контенту, является Multimedia Content Description Interface, также именуемый MPEG-7. Необходимо заметить, что область применения данного стандарта не ограничивается только статическими изображениями, а предназначается он в общем случае для описания любого мультимедиа контента посредством предоставляемых им стандартных наборов дескрипторов. Для обеспечения этой возможности в стандарте определены следующие части: набор схем дескрипторов и самих дескрипторов; язык, предназначенный для описания схем (DDL); схема для кодирования описания. Что касается использования стандарта в системах поиска изображений по контенту, то дескрипторы, определенные в данном стандарте, применяются в ряде созданных систем для хранения низкоуровневых признаков изображения.

Таким образом, в качестве одного из обязательных условий построения эффективных систем поиска изображений по контенту видится поддержка стандартов, рассмотренных выше. Их использование обеспечит дополнительные преимущества и гибкость системе.

УДК 681.3

***Ко Ко Куо, С.Ю. Мирошниченко***

kokokyaw210@gmail.com

*Курский государственный технический университет*

## **ВЫДЕЛЕНИЕ КОНТУРОВ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИИ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ТИХОНОВА**

Выделение контуров является одним из наиболее распространенных методов формирования информативных признаков, необходимых для успешного решения задачи распознавания объектов на цифровом изображении.

Наиболее перспективным подходом к решению задачи создания дифференциальных фильтров, обеспечивающих выделение контуров объектов, является свертка исходного изображения с частными производными функции отклика НЧ-фильтра.

В настоящей работе рассмотрено создание дифференциального фильтра с помощью низкочастотного фильтра, основанного на использовании функции регуляризации Тихонова.

Результатом дифференцирования является градиентное изображение, представляющее вектор градиента в каждой точке исходного изображения  $f(x, y)$  и состоящее из поля величин  $g(x, y)$ , характеризующего модуль градиента, и поля направлений  $v(x, y)$ , описывающего угол между вектором градиента и осью абсцисс

$$g(x, y) = \sqrt{r_x^2(x, y) + r_y^2(x, y)}, \quad v(x, y) = \operatorname{arctg} \left( \frac{r_y(x, y)}{r_x(x, y)} \right),$$

где  $r_x(x, y), r_y(x, y)$  – результат свертки исходного изображения  $f(x, y)$  с частными производными функции отклика НЧ-фильтра вдоль оси абсцисс и оси ординат, соответственно

$$r_x(x, y) = f(x, y) \cdot \frac{\delta G_\alpha(x, y)}{\delta x}, \quad r_y(x, y) = f(x, y) \cdot \frac{\delta G_\alpha(x, y)}{\delta y},$$

где  $G_\alpha(x, y)$  – функция отклика НЧ-фильтра;  $\alpha$  – параметр, определяющий размах функции отклика, и, как следствие, степень сглаживания изображения.

Функция отклика  $G_\alpha(x, y)$  построена на основании функции регуляризации Тихонова

$$G_\alpha(x, y) = \frac{\operatorname{ch} \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \right)}{\sqrt{\alpha} \operatorname{sh} \left( \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \right)} \operatorname{ch} \left[ \frac{1}{\sqrt{\alpha}} (\sqrt{x^2 + y^2} - 1) \right]. \quad (1)$$

Частные производные функции (1) запишутся следующим образом

$$\frac{\delta G_\alpha(x, y)}{\delta x} = \frac{\operatorname{ch} \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \right)}{\sqrt{\alpha} \operatorname{sh} \left( \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \right)} \operatorname{ch} \left[ \frac{1}{\sqrt{\alpha}} (\sqrt{x^2 + y^2} - 1) \right] \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad (2)$$

$$\frac{\delta G_\alpha(x, y)}{\delta y} = \frac{\operatorname{ch} \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \right)}{\sqrt{\alpha} \operatorname{sh} \left( \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \right)} \operatorname{ch} \left[ \frac{1}{\sqrt{\alpha}} (\sqrt{x^2 + y^2} - 1) \right] \cdot \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}. \quad (3)$$

Разработанный дифференциальный фильтр позволяет повысить точность выделения контуров объектов за счет использования функции отклика с изменяемой степенью сглаживания изображения.

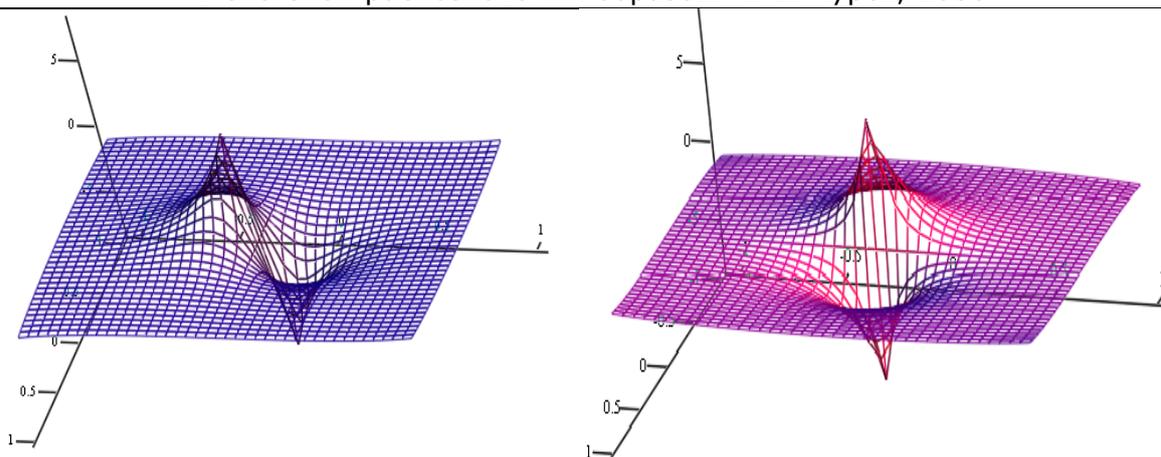


Рис. Частные производные функции отклика НЧ-фильтра  
на основе регуляризации Тихонова

УДК 681.3

**Б.В. Мистюков, В.Л. Бурковский**

*Воронежский государственный технический университет*

## **РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

В системах распознавания образов в настоящее время широкое распространение получил аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС) благодаря своей гибкости и широким возможностям применения. Для этих целей используют два типа ИНС: сети, обучаемые с помощью учителя, или персептроны и самообучающиеся нейронные сети или когнитроны. Персептроны достаточно эффективны при распознавании образов, если предварительно они были обучены на ряде сходных образов. Когнитроны обучаются в ходе своей работы, поэтому особенно эффективны в задачах, когда нет возможности использовать тестовый набор для обучения.

В докладе обсуждается проблема использования многослойных нейронных сетей как наиболее распространенного типа топологии ИНС. Поскольку реализация ИНС требует больших вычислительных ресурсов в процессе создания, обучения и непосредственно работы, то здесь возможно применение альтернативных подходов при построении многопроцессорных вычислительных систем для обеспечения аппаратной реализации ИНС.

Первый подход заключается в построении вычислительных кластеров. Кластеры бывают гомогенные (элементы одного типа) и гетерогенные (элементы разного типа). Основой для создания кластеров являются системы общего назначения, например, обычные компьютеры. Узлы кластера соединяются с помощью стандартного сетевого протокола, например, Gigabit Ethernet. Кла-

стерные архитектуры достаточно разнообразны и охватывают весь спектр применяющихся в настоящее время сетевых структур. В качестве программного обеспечения выступает библиотека MPI, позволяющая создавать систему с распределенными вычислениями. Основная задача кластеров: создание недорогих решений на основе широко распространенного оборудования и простых сетевых протоколов.

Второй подход состоит в использовании суперкомпьютеров: массивно-параллельных вычислителей, параллельных вычислителей с распределенной памятью или векторных суперкомпьютеров. Данный тип вычислителей представляет собой определенное количество узлов, состоящих из одинаковых процессоров, соединенных определенным протоколом. Отличие от кластеров состоит в том, что в качестве процессоров применяются заказные кристаллы (ASIC).

Третий подход стал развиваться в течение последних нескольких лет и соединил в себе лучшие черты вышеописанных двух. Данное направление заключается в создании супервычислителей, массивно-параллельных или с распределенной памятью, на основе кластерных гетерогенных структур с использованием аппаратных ускорителей. В качестве ускорителей выступают программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС или FPGA). Ранее данный подход был неприменим из-за малого распространения ПЛИС и отсутствия удобных методов создания распределенных вычислений, но в последнее время получили развитие несколько подходов создания программного обеспечения для ПЛИС, которые сделали их удобными для создания многопроцессорных вычислительных систем.

Наиболее перспективным в данном случае является создание программы исключительно с помощью специализированного языка семейства C. В этом случае вся программа создается на языке высокого уровня. Большим преимуществом в данном случае является то, что разработчику программы не нужно обладать навыками в области схемотехники. Кроме того, программа, написанная данным способом, имеет наилучшую переносимость и подверженность изменениям.

Языком высокого уровня является массивно-параллельный язык семейства C Mitrion-C, который является одной из составляющих частей платформы Mitrion. В основе концепции Mitrion лежит понятие Mitrion Virtual Processor (MVP). MVP построен по архитектуре «кластер-на-кристалле». Существовавшие прежде архитектуры процессоров были основаны на последовательной процессорной архитектуре фон Неймана. Однако данная архитектура плохо подходит для создания системы с параллельными вычислениями, например, для создания нейронной сети. Следствием этого явилось создание вычислительных кластеров: несколько компьютеров объединяются в сетевую структуру. В процессе использования кластеров выяснилось, что латентность при передаче данных по сети велика, так как передаются данные разного

объема, в результате один компьютер может уже завершить свою часть обработки вычислений, но вынужден ждать, пока произойдет процесс приема/передачи с другими элементами, которые могут быть еще не готовы. Возникла идея уменьшения объема вычислений, выполняемых каждым процессором, до наименьшего, то есть чтобы каждый процессор в кластере обрабатывал только простейшие вычисления. Эта идея и была использована при построении MVP.

Структурно MVP представляет собой кластер, состоящий из нескольких процессоров, обрабатывающих элементарные вычисления. Для создания программ, работающих на MVP, был разработан специальный язык программирования *Mitrion-C*. Язык *Mitrion-C* является представителем языков программирования семейства C, то есть основан на языке ANSI-C, но обладает большими возможностями для распараллеливания обработки данных путем применения специальных функций. Например, цикл `foreach` позволяет работать сразу со всем объемом входных данных. Язык программирования *Mitrion-C* и библиотеки функций для построения хост-программы *Mithal API* образуют пакет разработки *Mitrion SDK*, а вместе с MVP они образуют среду *Mitrion Platform*.

Цикл проектирования в *Mitrion SDK* состоит из нескольких этапов. Сначала создается программа на *Mitrion-C*, в нее заключается вся вычислительная часть проекта, как наиболее ресурсоемкая и требовательная к вычислительным средствам. Затем необходимо с помощью визуального эмулятора смоделировать работу данной программы. В режиме эмуляции работы программист может увидеть, как программа распараллеливает свою работу, найти возможные проблемные сегменты программы и модифицировать их. Затем происходит этап компиляции, результатом которого является создание битового файла для загрузки на ПЛИС, представляющего собою MVP. Далее разрабатывается хост-программа, работающая с внешними входными/выходными данными и передающая их в/из буферов памяти MVP. Хост-программа пишется на стандартном языке ANSI-C с использованием функций *Mithal API*. *Mithal API* представляет собою набор функций, стандартизированных для *Mitrion Platform*, с помощью которых описывается работа хост-программы и MVP. После проведения всех этапов результат будет являться полностью законченной системой, использующая ПЛИС в качестве аппаратного ускорителя и параллельные вычисления для работы с задачами большой размерности.

В настоящее время направление использования многопроцессорных вычислительных систем для решения задач распознавания образов получило новое развитие в связи с использованием нового аппаратного обеспечения в виде специализированных аппаратных ускорителей. Это позволяет значительно снизить затраты на разработку аппаратной составляющей систем для решения задач распознавания образов.

УДК 681.3

**В.А. Митекин**

mitekin@smr.ru

*Институт систем обработки изображений РАН*

## **ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ПОЛИГРАФИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ**

Задача встраивания скрытого изображения (цифрового водяного знака, ЦВЗ) в образцы полиграфической продукции является одним из актуальных практических применений методов цифровой стеганографии. Вместе с тем стоит отметить, что формальные модели и требования к стегосистемам, предполагающие исключительно цифровую форму представления информации, не могут быть напрямую применены для случая встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия. Это обусловлено тем фактом, что результатом встраивания (а также исходными данными для извлечения ЦВЗ) в данном случае является материальный носитель с нанесенным на него изображением. В работе рассматривается модификация стандартной модели стегосистемы, учитывающая специфические условия, присущие встраиванию ЦВЗ именно в полиграфическую продукцию.

*Стеганографическим встраиванием* называется процесс встраивания информации в произвольный естественный контейнер (в частности в изображение), при котором сам факт наличия встроенной информации не может быть обнаружен. Входными данными для данной системы являются: *контейнер* – растрованное изображение, предназначенное для печати на конкретном устройстве, в которое (изображение) встраивается *скрытая информация (ЦВЗ)* и *ключ  $K$* , используемый для встраивания и извлечения скрытой информации. Использование ключа для встраивания ЦВЗ в изображение предполагает, что для извлечения ЦВЗ также необходим данный ключ. Результатом работы данной системы является *стегограмма* – контейнер с встроенным в него ЦВЗ. Принципиальным отличием модифицированной системы от исходной является наличие дополнительных блоков *печати* и *сканирования*, обладающих некоторым набором физических параметров, анализ которых приводится в докладе. Общий принцип работы стегокодера (обобщенный алгоритм встраивания) модифицированной системы может быть корректно сформулирован при выполнении неравенств между разрешающими способностями сканирующих/печатающих устройств и разрешающей способностью человеческого зрения, которая, как известно, конечна. Разработанный для указанных ограничений обобщенный алгоритм встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия позволяет формализовать известные эвристические алгоритмы, а также определить ключевые параметры соответствующей им стегосистемы – типы декодера и ключа, требования к ЦВЗ и

изображению-контейнеру. Важным преимуществом предложенной модели является возможность использования известных методов анализа стеганографических систем для дальнейшего исследования свойств существующих эвристических алгоритмов (таких как безопасность, устойчивость, пропускная способность и т. д.).

Ниже представлены примеры результатов работы некоторых из известных эвристических алгоритмов встраивания ЦВЗ в печатные изделия (рис.), являющихся частными случаями рассмотренного обобщенного алгоритма (увеличено в 10 раз).

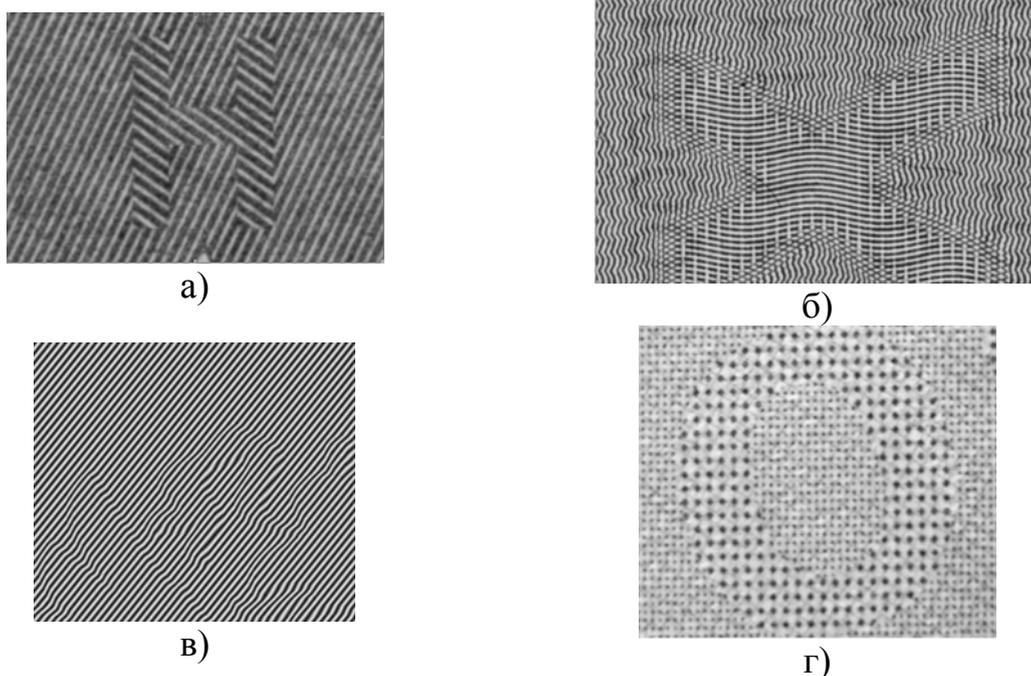


Рис. Примеры результатов работы эвристических алгоритмов встраивания ЦВЗ в печатные изделия

УДК 681.3.06

**Д.В. Михайлов, Г.М. Емельянов**

*Новгородский государственный университет  
имени Ярослава Мудрого*

## **ФОРМИРОВАНИЕ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПОНЯТИЙ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ТЕЗАУРУСА ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ**

Пополнение словарной базы знаний – неотъемлемая часть любой задачи компьютерной семантической обработки текста. Для решения задач установления смысловой близости текстов необходимая для распознавания ситуаций синонимии [2] информация, как правило, содержится в развернутых

определениях (толкованиях) основных понятий, используемых в заданной Предметной Области. В большинстве случаев эти определения даются в специализированной литературе носителем предметных знаний – человеком. В настоящей работе представляется развитие предложенного авторами метода [1], основанного на теории Анализа Формальных Понятий (АФП), для решения задачи автоматического формирования понятийной структуры тезауруса на основе рефератов статей по заданной тематике.

Основой автоматизированного построения тезауруса предлагаемым нами методом является выявление Семантического Класа (СК) слова [1]. СК отождествляется обозначаемая словом понятие (сущность, предмет, явление) реального мира. Предлагаемый подход к выявлению СК слов по их употреблению в реальных текстах основан на лексической сочетаемости слова. В работе [2] нами рассматривалась сочетаемость предикатных слов – глаголов и их производных. Для классификации понятий предметной области, обозначающих участников тех или иных ситуаций, в настоящей работе вводится в рассмотрение сочетаемость соответствующих существительных со словами, являющимися синтаксически главными по отношению к ним. Причем наряду с сочетаниями «актант-глагол» [2] и сочетаниями существительных в рамках Генитивных Конструкций [1] в настоящей работе мы рассматриваем произвольные сочетания существительных в тексте между собой как через предлог, так и без его использования. При извлечении из текста множество исследуемых существительных рассматривается как множество объектов  $G$ , множество синтаксически главных слов для слов из множества  $G$  – как множество признаков  $M$ . В множестве  $M$  слова представлены вместе с обязательными предлогами, посредством которых синтаксически главное слово  $m \in M$  связывается с зависимым словом из  $G$ . Бинарное отношение  $I \subseteq G \times M$  ставит в соответствие каждому существительному  $g \in G$  синтаксически главные по отношению к нему слова из  $M$ .

Для выявления СК в настоящей работе используется реализующее методы АФП специализированное ПО Concept Explorer (распространяется свободно, <http://conexp.sourceforge.net/>). Исходными данными для построения решетки служат деревья синтаксического разбора предложений. Синтаксический анализ текста осуществляется программой Cognitive Dwarf (<http://cs.isa.ru:10000/dwarf>, распространяется свободно). Для извлечения потенциальных пар  $(g, m)$  из синтаксического дерева авторами реализован специализированный модуль Pairs (рис. 1) на основе программы Dwarfprint в составе Cognitive Dwarf. Генерацию контекста  $K = (G, M, I)$  в виде xml-файла осуществляет разработанная авторами программа XML\_making. На его основе Concept Explorer строит решетку Формальных Понятий (ФП) (рис. 2).

При генерации  $K = (G, M, I)$  пары  $(g, m)$  выбираются таким образом, чтобы  $\forall C = (A, B): C \in \mathfrak{R}(G, M, I)$  ( $\mathfrak{R}$  – решетка ФП для  $K$ ,  $A \subseteq G$  – объем

ФП  $C, B \subseteq M$  – содержание ФП  $C$ ) входило в цепочку [1] длиной, большей 1. В этом случае формируемая решетка отвечает критерию полезности [1]. В целях минимизации числа спорных ФП [1] каждое следующее ФП в цепочке выбирается по принципу постепенного уменьшения  $|B|$  и максимизации количества общих признаков потенциального суперпонятия и подпонятия при минимальном количестве общих признаков с любым ФП, не входящим в цепочку. Цепочки для «соседних» [1] ФП строятся рекурсивно.

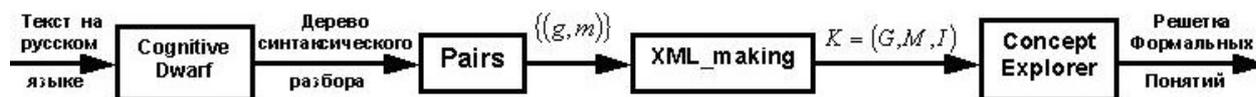


Рис. 1

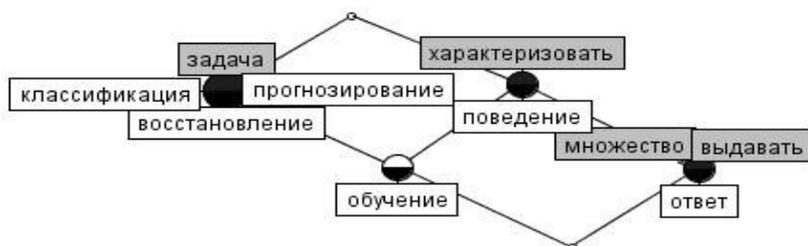


Рис. 2

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 06-01-00028.

1. Степанова, Н.А. Формирование и кластеризация понятий в задаче распознавания образов в пространстве знаний [Текст] / Н.А. Степанова, Г.М. Емельянов // Всеросс. конф. ММРО-13. М.: МАКС Пресс, 2007. С. 206-209.

2. Михайлов, Д.В. Кластеризация семантических знаний в задаче распознавания ситуаций смысловой эквивалентности / Д.В. Михайлов, Г.М. Емельянов // Всеросс. конф. ММРО-13. М.: МАКС Пресс, 2007. С. 500-503.

УДК 621.374.44

**М.И. Моисеев**

canorus@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ПРЕЦИЗИОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

Практика показала, что прецизионные генераторы импульсной формы сигнала идеально подходят для тестирования многих классов электронных систем, включая и оптико-электронные системы, так как позволяют выявить

недостатки и некорректности в работе модулирующих, усилительных, мультиплексирующих и принимающих узлов. При этом решающее значение для качества тестирования имеет точность тестирующей аппаратуры, в том числе и генераторов импульсов. Данная работа посвящена анализу возможных путей дальнейшего повышения точности измерительных генераторов импульсов.

Наиболее жёсткие требования предъявляются к таким показателям измерительных генераторов, как: обеспечение малой дискретности перестройки длительности, периода повторения и задержки импульсов; малой девиации временных параметров импульсов; снижение временной нестабильности генерируемых импульсов по отношению к внешним запускающим импульсам; малый квант изменения величины амплитуды, точности ее установления и т.д. Вместе с тем проектируемое устройство должно быть простым в настройке и эксплуатации, иметь низкую себестоимость, а также иметь высокую надежность и долговременную стабильность в работе.

Все вышеперечисленные требования, предъявляемые к генераторной технике, предполагают использование новых схемотехнических решений, базирующихся на новейших достижениях технологии при создании элементной базы. Ниже рассмотрены перспективные направления совершенствования основных узлов измерительных генераторов импульсов.

Основой генераторов импульсов является формирователь временных интервалов. Анализ способов построения формирователей временных интервалов показал, что в большинстве случаев эти устройства представляют собой делители частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД). ДПКД имеют ряд недостатков, таких как сложность обеспечения малого кванта перестройки при формировании больших временных интервалов, громоздкость при генерировании временных интервалов порядка нескольких секунд из-за увеличения количества микросхем – счетчиков и т.д. Альтернативным методом синтеза временных интервалов может служить семплерный метод записи кодов в быстродействующую память и последующее их воспроизведение. Среди зарубежных прецизионных генераторов, таких как GF506, GF515, GFG3015, WW1074, WW2571 семплерный метод используется для генерации различной формы сигналов. Проблема семплерного метода состоит в неприемлемо большом времени перепрограммирования памяти, при синтезе длинных временных интервалов. Однако её можно преодолеть, применяя модификации данного метода.

Следующим важным узлом является устройство фазовой привязки к синхроимпульсам в режиме внешней синхронизации. Анализ работы устройств фазовой привязки и синхронизации генераторов импульсов, показал, что подавляющее большинство этих устройств используют классический асинхронный запуск с последующей аналоговой привязкой, и высокой частотой тактового генератора.

Более перспективным методом фазовой привязки является метод интерполяции частоты внутреннего тактового генератора, посредством которого можно добиться предельного времени привязки порядка 1-2 нс. Кроме то-

го, в связи с быстрым прогрессом быстродействия цифровой элементной базы наблюдается тенденция к цифровому способу фазовой привязки посредством цифровых линий задержки импульсов.

В заключение можно отметить, что генераторная техника постоянно модифицируется и изменяется в соответствии с требованиями к тестовому оборудованию. Поэтому она вбирает в себя все лучшие и перспективные решения в области быстродействия, надежности и качества электронных систем.

УДК 681.3

**А.Ф. Рыбочкин, С.В. Праведников**

Anat\_ryboch@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **КОНТРОЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ В ПЛОСКОСТИ ПЧЕЛИНЫХ РАМОК**

В связи с развитой сетью телекоммуникаций, возможен контроль распределения тепловых полей в ульях для наблюдения за состоянием пчелиной семьи. С использованием средств вычислительной техники можно вести контроль распределения теплового поля в улье.

Контроль распределения теплового поля по плоскости можно проводить с использованием термопарной сетки, для этого необходимо иметь математическую модель, которая позволила бы вычислить температурное распределение по плоскости пчелиной рамки.

Проволоки из различных материалов (в зависимости от дискретности) перпендикулярно накладывают друг на друга и каждый узел сваривают. Образуется сетка из термопарных датчиков. Размерность сетки определяет количество термопар, образованных в каждом узле сетки путём пересечения  $N$  – вертикальных и  $M$  – горизонтальных проводников. Получается  $N \times M$  матрица термопарных датчиков (рис.). Узлы сетки являются рабочими термоспаями.

В зависимости от температуры нагрева узлы термопарной сетки генерируют различные термоЭДС.

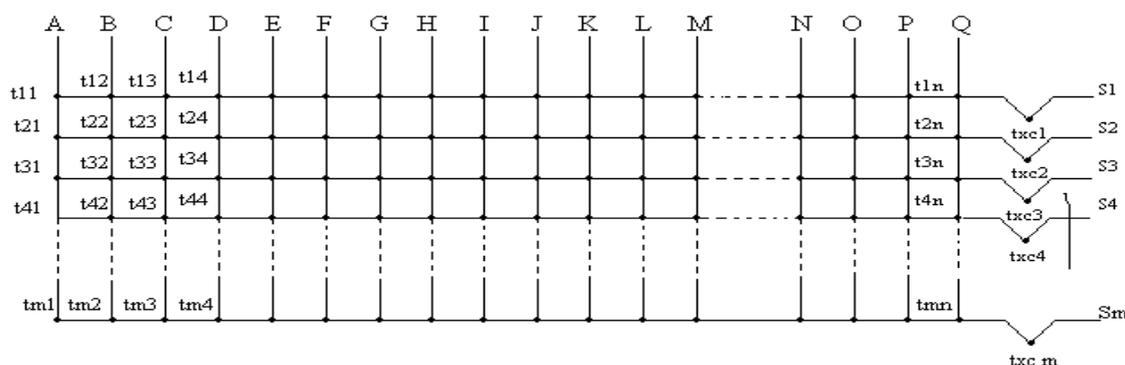


Рис. Сетка термопарных датчиков

Все узлы термопарной сетки и узлы холодных спаев генерируют различные термоЭДС. Значения термоЭДС по каждому вертикальному столбцу матрицы образуют систему алгебраических уравнений, отражающих распределение термоЭДС по всей плоскости сетки из термопарных датчиков.

Для определения коэффициентов  $a_{mk}$  системы линейных уравнений воспользуемся выражением

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}0_2 + a_{13}0_3 + \dots + a_{1k}0_k &= b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}0_2 + a_{23}0_3 + \dots + a_{2k}0_k &= b_2, \\ a_{31}x_1 + a_{32}0_2 + a_{33}0_3 + \dots + a_{3k}0_k &= b_3, \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}0_2 + a_{m3}0_3 + \dots + a_{mk}0_k &= b_{mk}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_{mk}$  – значения термоЭДС, замеренные в узлах выбранного столбца термопарной сетки.

Для составления математической модели применим крайние значения температур и составим систему уравнений, с использованием которых вычислим по замеренным значениям термоЭДС температуру каждого узла выбранного столбца. Для этого применим систему уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{a_{11}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_1 - t_{xc}) + \frac{a_{21}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_2 - t_{xc}) + \frac{a_{31}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_3 - t_{xc}) + \frac{a_{41}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_4 - t_{xc}) &= E_{1t_{\max}}, \\ \frac{a_{12}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_1 - t_{xc}) + \frac{a_{22}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_2 - t_{xc}) + \frac{a_{32}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_3 - t_{xc}) + \frac{a_{42}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_4 - t_{xc}) &= E_{2t_{\max}}, \\ \frac{a_{13}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_1 - t_{xc}) + \frac{a_{23}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_2 - t_{xc}) + \frac{a_{33}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_3 - t_{xc}) + \frac{a_{43}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_4 - t_{xc}) &= E_{3t_{\max}}, \\ \frac{a_{14}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_1 - t_{xc}) + \frac{a_{24}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_2 - t_{xc}) + \frac{a_{34}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_3 - t_{xc}) + \frac{a_{44}}{t_{\max} - t_{xc}}(t_4 - t_{xc}) &= E_{4t_{\max}}, \end{aligned} \quad (2)$$

Где  $t_{\max}$  – максимальное значение температуры в улье;  $t_{xc}$  – температура холодного спаея,  $t_1-t_4$  – вычисляемые температуры в узлах термопарной сетки:

$$\begin{aligned} \frac{a_{11}}{E_{\max1} - E_{xc}}(E_1 - E_{xc}) + \frac{a_{21}}{E_{\max1} - E_{xc}}(E_2 - E_{xc}) + \frac{a_{31}}{E_{\max1} - E_{xc}}(E_3 - E_{xc}) + \frac{a_{41}}{E_{\max1} - E_{xc}}(E_4 - E_{xc}) &= E_{\max1}, \\ \frac{a_{12}}{E_{\max2} - E_{xc}}(E_1 - E_{xc}) + \frac{a_{22}}{E_{\max2} - E_{xc}}(E_2 - E_{xc}) + \frac{a_{32}}{E_{\max2} - E_{xc}}(E_3 - E_{xc}) + \frac{a_{42}}{E_{\max2} - E_{xc}}(E_4 - E_{xc}) &= E_{\max2}, \\ \frac{a_{13}}{E_{\max3} - E_{xc}}(E_1 - E_{xc}) + \frac{a_{23}}{E_{\max3} - E_{xc}}(E_2 - E_{xc}) + \frac{a_{33}}{E_{\max3} - E_{xc}}(E_3 - E_{xc}) + \frac{a_{43}}{E_{\max3} - E_{xc}}(E_4 - E_{xc}) &= E_{\max3}, \\ \frac{a_{14}}{E_{\max4} - E_{xc}}(E_1 - E_{xc}) + \frac{a_{24}}{E_{\max4} - E_{xc}}(E_2 - E_{xc}) + \frac{a_{34}}{E_{\max4} - E_{xc}}(E_3 - E_{xc}) + \frac{a_{44}}{E_{\max4} - E_{xc}}(E_4 - E_{xc}) &= E_{\max4}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $E_{\max}$  – максимальное значение термоЭДС при максимальной температуре в улье;  $E_{xc}$  – термоЭДС на холодном спае;  $E_1-E_4$  – термоЭДС в узлах термопарной сетки.

Для вычисления температур в узлах термопарной сетки первоначально можно вычислить значения термоЭДС в узлах сетки (3), а затем воспользуемся выражением

$$Y(x) = \frac{x}{E} \cdot (T_{pc} - T_{xc}) + T_{xc}, \quad (4)$$

где  $Y_i$  – температура в узлах термопарной сетки;  $x_i$  – значение термоЭДС в узлах термопарной сетки, вычисленное с использованием выражения (4);  $E$  – значение приращения термоЭДС при максимальной рабочей температуре.

Таким образом, с использованием термопарной сетки возможен мониторинг состояний пчелиных семей по распределению тепловых полей по плоскости пчелиной рамки, а при оснащении пчелиных рамок термопарными сетками наблюдать сечения пчелиного клуба во время зимовки и размещение пчелиного расплода на рамках при летнем содержании пчелиных семей.

УДК 681.3

**А.Ф. Рыбочкин, С.В. Праведников**

Anat\_ryboch@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЙ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ**

В связи с развитой сетью телекоммуникаций возможен контроль распределения тепловых полей в ульях для наблюдения за состоянием пчелиной семьи. На пасеке создаётся сеть. Данная сеть включает адаптеры с 32-мя температурными датчиками (по числу улъев пасеки) (рис. 1), концентратор и мобильный телефон.



Рис. 1. Адаптер для съёма температурной информации в улье

Адаптер содержит верхнюю планку и восемь полосок, на которых размещены диодные датчики, микроконтроллер с приёмопередатчиком для обеспечения как проводной связи, так и радиосвязи. В пределах мобильной связи обеспечивается наблюдение за состоянием пчелиных семей пасеки с любого места размещения оператора-пчеловода. Для этого необходимо иметь ноутбук, мобильный телефон и оснащённую сетью наблюдения пасеку.

С использованием средств вычислительной техники можно вести контроль распределения теплового поля зимующих пчёл. Для анализа состояния пчелиной семьи необходимо считать значения датчиков. Для получения информации о пчелином клубе необходимо иметь большее число таких адаптеров. По полученной температурной информации осуществляется визуализация расположения пчелиного клуба (рис. 2) в улье, а также вычисляется площадь сечений пчелиного клуба (рис. 3).

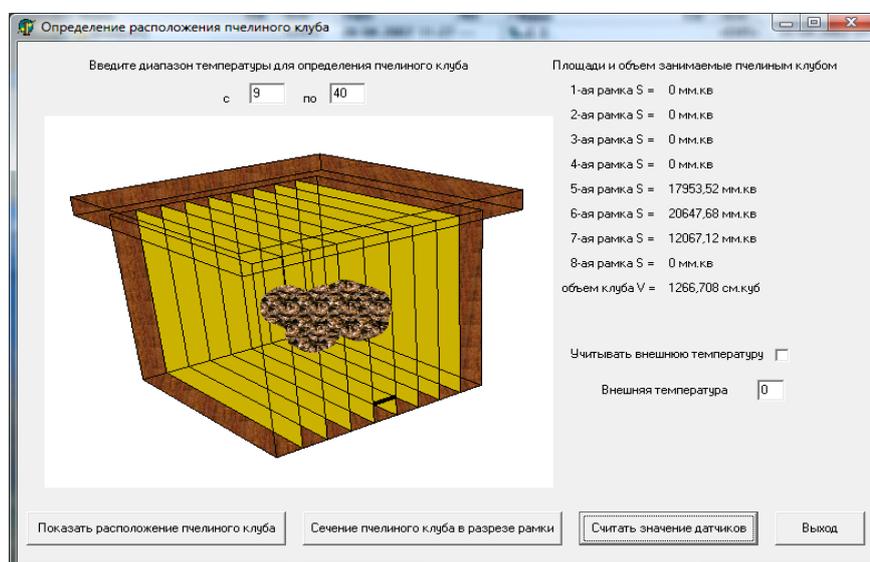


Рис. 2. Расположение зимующих пчёл в улье

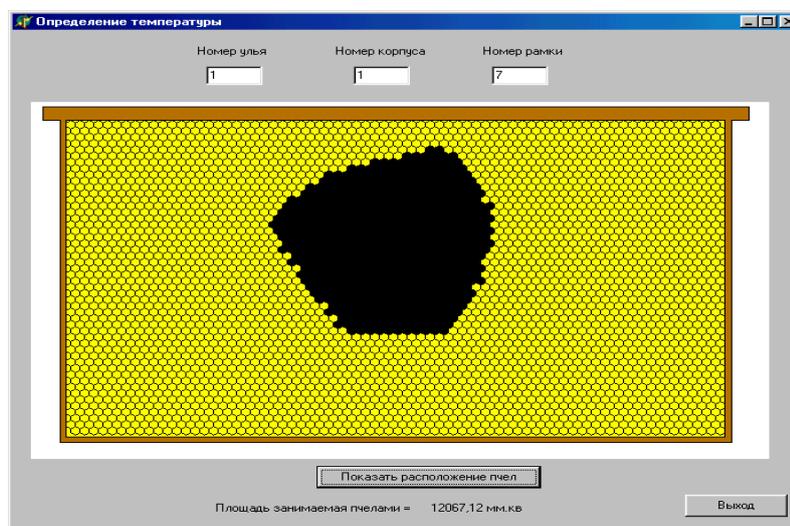


Рис. 3. Сечение пчелиного клуба

По полученной температурной информации можно судить о перемещении пчелиного клуба в улье во время зимовки, устанавливать корреляционную связь между внешней температурой и внутри пчелиного клуба. В начале зимовки (октябрь – ноябрь) по реакции пчел на воздействующие внешние температуры можно судить об их количестве, а отсюда – прогнозировать их развитие в следующем сезоне. Использование мобильной связи позволяет вести наблюдение за пчёлами с любого расстояния.

УДК 621.394.74

**И.Е. Мухин, А.И. Мухин**

ФГУП «Курский НИИ» МО РФ

## **РАСЧЕТ ИСКАЖЕНИЙ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ПРИ КАСКАДНОМ СОЕДИНЕНИИ ДИСПЕРСИОННЫХ ЛИНИЙ ЗАДЕРЖЕК**

Интенсивное внедрение телекоммуникационных систем и, в частности систем мобильной цифровой связи, обуславливает необходимость развития средств радиомониторинга с целью исследования и прогнозирования вопросов электромагнитной совместимости и помехоустойчивости таких систем. Оперативное решение задач радиомониторинга в широкой полосе частот и в масштабе времени, близком к реальному, возможно на основе применения средств интегральных преобразований входных потоков. К таким средствам, в частности, относятся достаточно апробированные на практике панорамные анализаторы спектра, базирующиеся на методах корреляционно-фильтровой обработки с применением фильтров сжатия на дисперсионных линиях задержки (ДЛЗ). При этом разрешающая способность по частоте зависит от дисперсионного времени задержки  $\Delta f = \frac{1}{\Delta\tau_{\text{лд}}}$ , где  $\Delta\tau_{\text{лд}}$  – длительность линейного участка дисперсионной задержки. Практическая реализация десятков и сотен мкс дисперсионного времени задержки в одиночной ДЛЗ в широкой до нескольких сотен МГц полосе частот связана с существенными технологическими трудностями. С целью получения необходимой разрешающей способности по частоте показана возможность последовательного соединения нескольких ДЛЗ. Исследован характер возникновения дополнительных искажений комплексной передаточной функции при каскадном соединении ДЛЗ. Актуальность учета этого явления обусловлена эффектом снижения динамического диапазона панорамного анализатора и возможной потери слабых сигналов на фоне более сильных. Под динамическим диапазоном будем понимать отношение амплитуды центрального лепестка сжатого импульса к максимальному боковому. В работе проведено исследование влияния модуля и фазы комплексной результирующей передаточной функции на динамиче-

ский диапазон анализатора. Установлено, что степень искажения результирующей передаточной функции ДЛЗ находится в зависимости от амплитуды регулярных выбросов амплитудно-частотной и фазочастотной характеристики ДЛЗ. Проведен расчет нормированного модуля передаточной функции  $\dot{K}_p$  каскадно соединенных  $N$  ДЛЗ, позволяющий на его основе производить оценку предельного количества последовательно соединенных ДЛЗ с парциальным коэффициентом сжатия  $D$  и заданной нижней границей динамического диапазона:

$$\frac{|\dot{K}_p(j2\pi f)|}{|\dot{K}_p(j2\pi f_0)|} = \left\{ \frac{[C(x_3) + C(x_4)]^2 + [S(x_3) + S(x_4)]}{4[C(x_5)^2 + S(x_5)^2]} \right\},$$

где  $|\dot{K}_p(j2\pi f_0)| = \left(\frac{1}{2}\right)^N \left\{ [2C(x_5)]^2 + [2S(x_5)]^2 \right\}^{N/2}$ ,  $x_5 = \sqrt{\frac{D_p}{2N}}$ .

Результатом работы является определение зависимости нижней границы коэффициента сжатия парциальных ДЛЗ от их допустимого количества в последовательном соединении. Увеличение результирующего коэффициента сжатия для более тонкого панорамного анализа при мониторинге диапазона частот при заданной нижней границе динамического диапазона сопряжено с необходимостью увеличения коэффициентов сжатия парциальных дисперсионных линий задержек.

УДК 519.8(075.8)

**И.Е. Мухин, А.И. Мухин**

ФГУП «Курский НИИ» МО РФ

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ТРЕБУЕМЫМ КАЧЕСТВОМ СИСТЕМЫ РАДИОМОНИТОРИНГА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ЦЕНОЙ ЕГО ДОСТИЖЕНИЯ**

Усложнение структуры постоянно развивающихся телекоммуникационных систем и повышение уровня сложности применяемых сигналов требуют постоянного адекватного развития средств радиомониторинга (РМ) с целью исследования и прогнозирования вопросов электромагнитной совместимости и помехоустойчивости таких систем. Как правило, процедура радиомониторинга осуществляется на базе комплекса антенно-фидерной системы (АФУ), радиоприемной системы (РПУ) и демодулятора (ДМ). В условиях постоянного роста информационных скоростей, позиционности применяемых видов модуляции и многолучевого распространения радиоволн происходит резкое снижение энергетического потенциала комплекса РМ, что, в свою очередь, приводит к существенному снижению вероятности обнаружения сигнала.

лов телекоммуникационных систем. Это обстоятельство с физической точки зрения обусловлено усилением влияния неидеальностей параметров АФУ, РПУ и ДМ на энергетические потери в условиях более высоких информационных скоростей. Процедура превентивного создания комплексов РМ, адекватных усложняющимся сигналам систем телекоммуникаций, сопряжена с решением вопросов проектирования, создания и целевого применения таких комплексов в рамках классической теории экономического анализа соотношения «эффективность - стоимость». Результаты научно-практических изысканий в области создания АФУ, РПУ и ДМ показывают, что существует ярко выраженная зависимость между требуемыми энергетическими потерями системы РМ и ценой их достижения. Чем ниже требуемые энергетические потери, тем выше стоимость составляющих систему компонентов и самой системы в целом. Исходя из этого, существует весьма актуальная задача проведения технико-экономического анализа при синтезе перспективных систем РМ, результаты решения которой будут являться основой при создании таких средств. Системный целевой эффект  $Y_{\langle n^c \rangle}^{(1)C}$  применения средств РМ зависит от системных затрат на создание и эксплуатацию средств РМ, а также на организацию целенаправленного процесса функционирования и управление им и определяется выражением:

$$Y_{\langle n^c \rangle}^{(1)C} = C_{[n^c, 2]}(C_1(A'), C_2(A'')),$$

где  $C_1(A')$  – системные затраты на придание эксплуатационно-техническим характеристикам средств РМ значений  $A'_{\langle k \rangle}$ ;  $C_2(A'')$  – системные затраты на придание эксплуатационно-техническим характеристикам средств РМ значений  $A''_{\langle k \rangle}$ .

Мера качества проекта носит вероятностный характер и имеет следующее выражение:

$$P_{\text{ДЦ}}^C = P\left(\hat{Y}_{\langle n^c \rangle}^C \in \left\{ \hat{Y}_{\langle n^c \rangle}^{C_0} \right\}\right) = P\left[\left(\hat{Y}_{\langle n_1^c \rangle}^{(1)C} \geq \hat{Z}_{\langle n_1^c \rangle}^{(1)C}\right) \cap \left(\hat{Y}_{\langle n_2^c \rangle}^{(2)C} \leq \hat{Z}_{\langle n_2^c \rangle}^{(2)C}\right) \cap \left(\hat{Y}_{\langle n_3^c \rangle}^{(3)C} \leq \hat{Z}_{\langle n_3^c \rangle}^{(3)C}\right)\right],$$

где  $P_{\text{ДЦ}}^C$  – вероятность достижения цели реализации проекта по созданию системы РМ. Отсюда следует, что  $P_{\text{ДЦ}}^C = P_{\text{ДЦ}}^C(C_1(A'_1), C_2(A''_2))$ . Определение показателя  $Y_{\langle n_2^c \rangle}^{(2)C}$ , выявление его связи с  $C_1(A'_1), C_2(A''_2)$  и составляет предмет технико-экономического анализа. Исходными данными для определения зависимости стоимости subsystem РМ от степени сложности решаемых технических задач, явились ретроспективные данные, полученные на основе результатов разработок и изготовления АФУ, РПУ и ДМ в различные периоды их востребованности. В качестве определяющей технической характеристики средств РМ, определяющей эффективность функционирования средств РМ, приняты и обоснованы –эквивалентные энергетические потери. Для приведе-

ния к единой мере измерения стоимости АФУ, РПУ и ДМ принято нормированное определение их стоимости по отношению к базовому образцу РПУ для самого простого вида модуляции в системах телекоммуникаций – ФМ-2. На каждом этапе развития систем телекоммуникаций требования для обеспечения эквивалентных энергетических потерь задавались эмпирически, на основе многочисленных натуральных экспериментов для АФУ, РПУ и ДМ отдельно. По ретроспективным данным затрат, приведенным к базовому периоду, определены данные по соответствию достижимых уровней эквивалентных энергетических потерь и ценой их достижения для созданного ряда АФУ, РПУ и ДМ. В результате получены аналитические выражения стоимости подсистем РМ в зависимости от требуемых эквивалентных энергетических потерь, что позволило их дальнейшее использование в методике определения виртуального показателя эффективности функционирования систем радиомониторинга.

УДК 004.272.43

**М.Х. Наджаджра, И.В. Зотов, М.А. Аль-Шехри**

zotovigor@yandex.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО ВЕЩАНИЯ СООБЩЕНИЙ В МАТРИЧНЫХ МУЛЬТИПРОЦЕССОРАХ**

В докладе рассматривается задача организации вещательного обмена сообщениями в матричных мультипроцессорах (ММП) в присутствии локальных отказов и дефектов. Предлагается динамический алгоритм отказоустойчивого вещания сообщений на линейные по конфигурации области структуры мультипроцессора, основанный на принципе группового информационного обмена. Обсуждаются некоторые результаты оценки функциональной эффективности разработанного алгоритма.

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, представленными в параллельном коде. Допускается разбиение сообщений на пакеты ограниченной разрядности и их передача за несколько тактов. Для обеспечения устойчивости мультипроцессора к локальным отказам и дефектам в матричную структуру ММП добавляется столбец резервных модулей, функционирующих в режиме скользящего резерва. Рассматриваются только отказы модулей в целом, транзитная передача информации через отказавший модуль считается невозможной.

Передача сообщения в соответствии с разработанным алгоритмом включает два этапа. На первом этапе осуществляется доставка сообщения от источника до ближайшего начального модуля области вещания. На втором этапе выполняется широковещательная передача сообщения в пределах об-

ласти вещания. Область вещания  $d$  задается тройкой  $(C_d, X_d, R_d)$ , где  $C_d$  – логический адрес ближайшего к источнику сообщения начального модуля области  $d$ ;  $X_d$  – линейный размер области  $d$  (выраженный числом трансляций);  $R_d$  – направление передачи сообщения.

На первом этапе вещания сообщение движется по фиксированному базовому маршруту, соединяющему источник и начальный модуль области вещания и проходящему через ряд транзитных модулей. Каждый маршрут разбивается на множество участков ограниченной длины, зависящей от разрядности пакетов. Передача сообщения в пределах участка при отсутствии отказов выполняется только «по прямой», в одном из восьми направлений: восток, северо-восток, север, северо-запад, запад, юго-запад, юг, юго-восток. При наличии отказов на пути сообщения осуществляется динамическая модификация его маршрута с использованием аппаратно реализуемых правил отклонения, компенсации и возврата. Маршрутизация сообщения на втором этапе вещания осуществляется путем его пошаговой широковещательной передачи возможным логическим соседям текущего модуля через шины, связывающие четверки логических соседей. При этом на каждом шаге выполняется прием сообщения очередным логическим приемником и одновременная передача его копии следующему модулю.

На рисунке представлены зависимости среднего времени передачи сообщения  $T$  (в тактах синхронизации) от средней интенсивности потока сообщений модуля  $\lambda$ , полученные в ходе имитационного моделирования разработанного алгоритма вещания.

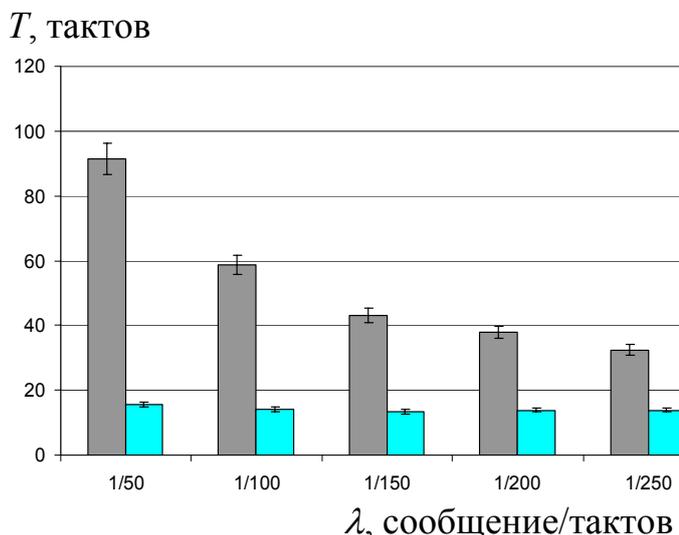


Рис. Зависимости среднего времени передачи сообщения и средней интенсивности потока сообщений

Темными столбиками показаны значения величин, получаемые при применении традиционного отказоустойчивого попарного обмена, а светлыми столбиками отображены значения для разработанного алгоритма. Приведенные зависимости демонстрируют существенное (в 2 и более раз) сниже-

ние времени  $T$  при использовании разработанного алгоритма, в особенности при более высоких интенсивностях потоков сообщений (1 сообщение каждые 100 тактов и выше). Одной из причин такого снижения является сокращение среднего числа сообщений, находящихся в коммуникационной среде ММП.

Одновременно с уменьшением времени передачи сообщений предложенный алгоритм обеспечивает снижение процента потерянных сообщений. Максимальные потери, зафиксированные за время моделирования, составили 10% (при попарном обмене регистрировались потери 30% сообщений и более).

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

УДК 681.3

**О.В. Овчинкин**

ovchinkin\_o\_v@mail.ru, sno-kstu@yandex.ru

*Курский государственный технический университет*

**И.А. Сараев**

*Курский государственный медицинский университет*

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТРАНСПОЗИЦИИ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПОРТРЕТОВ ХАОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

В реальной действительности доминирующее число процессов является хаотическим. Хаотическим является процесс, который порождается неустойчивостью систем, относится к классу нестационарных и имеет сплошной спектр. Эти особенности не удовлетворяют условиям применения аппарата теории вероятностей и спектрального анализа. Математическим образом хаотических процессов является странный аттрактор.

Траектория странного аттрактора, задаваемого координатами, не имеет самопересечений в пространстве его вложения. В данной работе рассмотрены хаотические оцифрованные сигналы, которые являются результатами биомедицинских измерений, в частности электрокардиограммы.

Для классификации топологических портретов странных аттракторов, восстановленных по заданным хаотическим сигналам с использованием известного алгоритма Паркера-Джуа, введем определение размерности пространства вложения. Размерность топологического портрета странного аттрактора определяется как наименьшее число компонент декартова произведения координат, при котором не обнаруживается ни одного повторения всех значений векторов в их траекторной последовательности.

Для классификации состояния организма по топологическим портретам будем использовать оцифрованный показатель в виде вектора координат

центра масс портрета. Заметим, что кроме основного вектора координат центра масс у странного аттрактора существуют также и вектора координат центров масс в полупространствах пространства вложения с центром координат, перенесенным в точку, соответствующую основному вектору.

Для определения размерности странного аттрактора использовался следующий алгоритм. Пусть у нас имеется последовательность координат (A), с некоторым количеством элементов (N), которая будет являться траекторией странного аттрактора. Необходимо будет определить размерность (R) данного аттрактора и выявить его дайджесты, т.е. список векторов всех используемых векторов центров масс, которые ставятся в соответствие диагнозам заболеваний. Специфика изменения дайджестов состояния организма характеризует динамику хода течения заболевания.

Изначально считаем, что размерность пространства вложения равна  $R=2$ . То есть, изначально последовательность мы разбиваем на массив  $(N-(R-1)) \times 2$ . По принципу смещения на одну ячейку серии длиной R. Полученный массив проверяем на совпадение элементов в строках. Если совпадение было не найдено, то размерность равна  $R = 2$ . Иначе, увеличиваем на единицу размерность  $R:=R+1$ , и перестраиваем вновь массив по тому же принципу. Минимальная величина R, при которой отсутствуют самопересечения траектории в R-мерном пространстве вложения увеличивается на 2 единицы и процесс построения дискретного топологического портрета кардиограмм завершается.

В полученном пространстве вложения вычисляется центр масс топологического портрета и осуществляется перенос в него начала координат. После этого вычисляются центры масс в полупространствах и формируется дайджест заболевания.

Топологический портрет, построенный на основе кардиоритмограммы, и его список дайджестов является персональной моделью конкретного пациента. Транспозиция топологического портрета во времени приводит к изменениям значений дайджестов, что позволяет отслеживать динамику течения заболевания, а также реакции организма на применение медицинских технологий.

УДК 621.518.2

**А.В. Огнев, А.П. Типикин**

light@kursknet.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ЦЕНТРИРОВАНИЕ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ ПРИ ИНВАРИАНТНОМ РАСПОЗНАВАНИИ НА ОСНОВЕ МЕТРИКИ ХАУСДОРФА**

Известные алгоритмы сравнения сталкиваются с проблемой недостаточно точного центрирования отпечатков пальцев (ОП). Известно множество методов центрирования, неинвариантных к аффинным трансформациям (по-

воротам и смещениям) и дефектам папиллярного рисунка (фрагментации, порезам, повреждениям и т.д.) и имеющих большие погрешности. Например, если за центры сравниваемых ОП и соответствующих им систем координат принимаются центры тяжести всех пикселей папилляров каждого отпечатка, то из-за фрагментации ОП или загрязнённости пальца образуется большая погрешность распознавания. Если в качестве названного центра использовать центр считывающего устройства или информативной области ОП, то возникает неточный результат при фрагментации отпечатка или неправильном расположении пальца на считывающем устройстве. В корреляционном методе сравнения ОП центрирование выполняется путём множественного перебора вариантов взаимного положения сопоставляемых изображений и выбора наилучшего из них, что приводит к очень большим потерям времени на сравнение ОП.

Требуемое число переборов вариантов сравнения ОП по ключевым точкам (КТ) может быть существенно уменьшено, если применить следующую методику центрирования. Все точки изображения ОП описываются относительно «ложного» центра в соответствующей ему «первичной» декартовой системе координат. Для достижения желаемой инвариантности в соответствии с метрикой Хаусдорфа необходимо перейти от первичной к «новой» полярной системе координат, центром которой будет являться центр достоверного базового отрезка (БО). Так как БО формируются только из внутренних КТ, то минимальное число БО с сохранением единообразия их выбора можно сформировать по следующему правилу обхода точек: вращая по часовой стрелке радиус-вектор из центра первичной системы координат, последовательно соединить отрезками прямых встречающиеся КТ. Если несколько КТ встречаются в одном направлении радиус-вектора, то предыдущая точка соединяется с самой удалённой от центра.

После составления ломаных из БО в обоих ОП необходимо выделить в сопоставляемых отпечатках пары таких БО, которые являются близкими по длине и взаимной ориентации, определяемой значениями углов с четырьмя соседними БО каждой ломаной. Так как из-за дефектов ОП соседние БО могут выпадать или появляться ложные, то достоверную пару БО целесообразно определять следующим образом. Для каждого БО отпечатка А необходимо выбрать такой парный БО из отпечатка В, для которого будет минимальной мера

$$C = \min\{C_1, C_2, C_3, C_4\}; \quad C_1 = \frac{l_A - l_B}{L} + \frac{a_{A1} - a_{B1}}{A}; \quad C_2 = \frac{l_A - l_B}{L} + \frac{a_{A2} - a_{B2}}{A};$$

$$C_3 = \frac{l_A - l_B}{L} + \frac{a_{A3} - a_{B3}}{A}; \quad C_4 = \frac{l_A - l_B}{L} + \frac{a_{A4} - a_{B4}}{A},$$

где  $l$  – длина БО;  $a$  – угол с соседним БО в пределах одного и того же ОП;  $L$  – максимальная длина БО в обоих ОП;  $A$  – максимально возможная величина угла, равная  $2\pi$ .

При инвариантном распознавании на основе метрики Хаусдорфа требуется многократное сопоставление изображений по нескольким достоверным

парам БО. Поэтому необходимо ранжировать по величине меры  $S$  множество найденных пар БО, выделяя из них наилучшую по следующей формуле:

$$S_{\min} = \min \left\{ \min \left\{ \min \{C\}_{K=1}^{K=4} \right\}_{B=N_B}^{B=1} \right\}_{A=N_A}^{A=1},$$

где  $N_A$ ,  $N_B$  – число БО в отпечатках  $A$  и  $B$  соответственно,  $K$  – число соседних БО, используемых при нахождении меры  $S$ .

Начиная многократное сравнение ОП с выделенной наилучшей пары БО, можно существенно сократить требуемое число переборов вариантов сопоставления ОП на основе Метрики Хаусдорфа.

УДК 004.932.4

**А.А. Орлов, С.С. Садыков, А.А. Ермаков**

*Муромский институт Владимирского гос. университета*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПО ЛИНИЯМ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Для большинства классов изображений наиболее ценными данными является препарат протяженных линейчатых объектов. Таковыми являются, например, контуры на изображениях. По границам (контурам) человек распознает и анализирует форму объектов на рассматриваемой сцене. Сообразно с этим в области компьютерной обработки изображений существует очень большое количество работ, связанных с выделением и анализом границ. Однако имеются сцены, на которых непосредственно присутствуют изображения объектов в виде полос. Это изображения рукописей, треков, сварных швов, ребер на флюорограммах и многое другое.

На простых изображениях выделение и анализ полосовых объектов (или просто полос) не составляет трудности, но на сложных и малоконтрастных реальных сценах выделяемые объекты разрушены шумом и присутствием других образов. Анализ таких изображений является весьма малоизученной предметной областью: многие методы данной сферы являются эмпирическими, а некоторые важные ее задачи до сих пор не решены.

Актуальным является создание математической теории, позволяющей уточнить область применимости и обобщить множество эмпирических методов, а также построить новые (связанные с контурным и полосовым анализом) качественные методы и быстродействующие алгоритмы для решения конкретных задач цифровой обработки изображений.

Известный, широко используемый для решения прикладных задач и наиболее интересный подход при анализе контурного изображения (где применяется так называемое преобразование Хоха) состоит в сравнении исходного образа с некоторым геометрическим примитивом. Предполагается обобщить указанный принцип с помощью наиболее подходящей в данном случае теории из раздела математического анализа, называемой криволиней-

ным интегрированием. Теорию следует развивать в направлении, позволяющем определить и изучить такие признаки линейчатых объектов, свойства которых необходимы для построения требуемых методов и алгоритмов решения задач обработки и анализа изображений.

Целью является формирование теоретических основ интегральных преобразований по линиям применительно к анализу цифровых изображений и обобщение этой теории для построения методов и алгоритмов обработки изображений. Доклад посвящен некоторым научным положениям, которые определяют эти теоретические основы.

В работе вводятся понятия образа линии и интегрального преобразования по линии. Преобразование основано на криволинейном интегрировании функции исходного растрового изображения по заданной линии некоторого вида с неопределенными параметрами. Результатом преобразования является спектральная функция таких параметров. Анализ спектрального пространства позволяет определить признаки образов кривых, которые присутствуют на исходном изображении. В зависимости от вида линии и известных характеристик раstra можно выделить наилучший способ алгоритмической реализации преобразования. Разрабатываются интегральные преобразования изображений по линиям различных видов. Обосновываются способы построения преобразований. Строится модель изображений линии. На основе модели выполняется статистическая оценка алгоритмов преобразований для дискретных пространств (анализируются зависимости правильного вычисления признаков от уровня помех). Исследования подтверждают качество и быстроедействие алгоритмов. Вводится понятие обратного интегрального преобразования по линии. С помощью обратного преобразования появляется возможность фильтрации образов линий заданного вида.

Рассматривается интегральное преобразование для кривых в спектральное пространство признаков подобия (позиции, ориентации и масштаба). Вводятся понятия подобной кривой и интегрального преобразования по ней. Показаны способы реализации преобразования.

Изучаются свойства различных признаков линий. Предлагается использование интегральных преобразований в пространства признаков кривых. Появляется возможность вычисления признаков подобия изображений относительно друг друга и сравнения растровых изображений инвариантно к этим признакам.

Определяется интегральное преобразование по отрезку, которое обеспечивает анализ изображений полигональной структуры (образов многоугольников). Анализ спектрального пространства позволяет вычислить координаты вершин многоугольных образов.

Даются определения образа полосы, сегмента полосы и интегрального преобразования по сегменту полосы. Создаются модификации преобразования: обеспечивается инвариантность к масштабу и вращению. Строится модель полосового образа. Разрабатываются методы фильтрации, и выполняется их исследование на построенных моделях.

УДК 681.3

**А.В. Орлов**

lex\_orlov@yahoo.com

*Курский государственный технический университет*

## **УСТРОЙСТВО ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ**

В системах технического зрения, при проведении предварительной обработки изображения, весьма актуальна задача повышения быстродействия фильтрации и пространственного дифференцирования изображения.

С этой целью создано устройство выделения контуров объектов, содержащее датчик изображения (ДИ), блок выделения кадрового и строчного импульсов (БВКСИ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), генератор, цифровой сигнальный процессор (ЦСП), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), селектор, блок фильтрации (БФ), блок пространственного дифференцирования (БПД), буферную память блока фильтрации (БПБФ) и буферную память блока пространственного дифференцирования (БПБПД) (рис.).

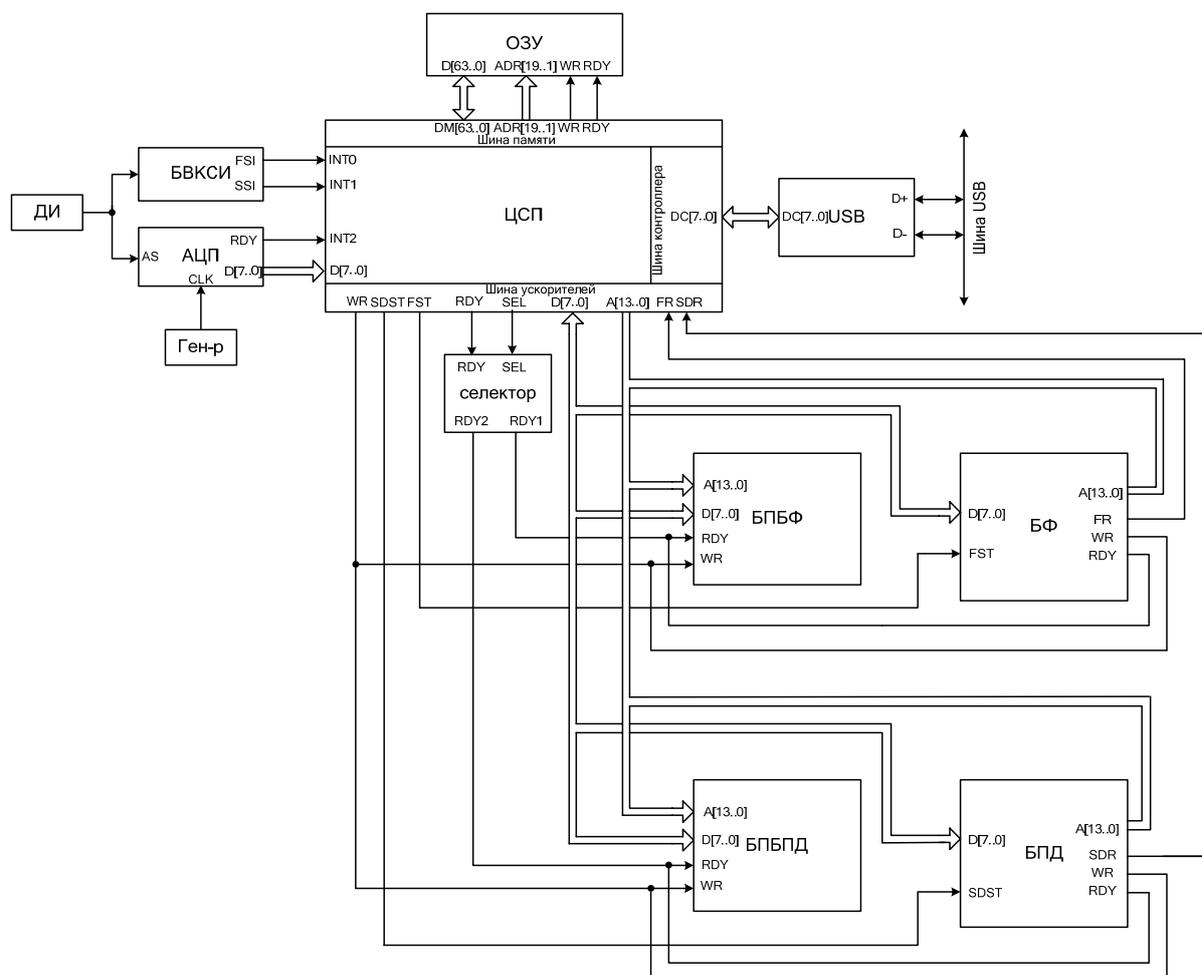


Рис. Устройство выделения контуров объектов на изображении

Процесс выделения контуров объектов на изображении устройством включает в себя этапы фильтрации, пространственного дифференцирования, скелетизации и бинаризации.

Операции скелетизации и бинаризации полностью выполняются процессором.

Для подавления импульсных шумов, а также сглаживания перепадов яркости контурных линий применяется блок фильтрации, который формирует результирующую строку отфильтрованного изображения по формуле вычисления градиента функции яркости

$$f'(x, y) = f(x, y) \cdot \widehat{\mathbf{T}}_D = \\ = \sum_{i=1}^{N_T} \sum_{j=1}^{N_T} f\left(x + j - \frac{N_T}{2} - 1, y + i - \frac{N_T}{2} - 1\right) \cdot \widehat{t}_{ij}, \widehat{\mathbf{T}}_D = \left\| \widehat{t}_{ij} \right\|_{i=1, N_T, j=1, N_T},$$

где  $N_T$  – размер маски;  $\widehat{\mathbf{T}}_D$  – маска свёртки [1].

Блок пространственного дифференцирования, применяющийся для локализации перепада яркости изображения, формирует результирующую строку обработанного изображения, используя оператор Собела

$$Gr = \left\langle \sqrt{d_x^2 + d_y^2}, \arctg\left(\frac{d_y}{d_x}\right) \right\rangle,$$

где  $d_x(x, y), d_y(x, y)$  – результаты свертки изображения  $I'$  с горизонтальной  $\mathbf{H}_x$  и вертикальной  $\mathbf{H}_y$  масками соответственно

$$d_x(x, y) = f'(x, y) \cdot H_x = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 f'(x + j - 2, y + k - 2) \cdot h_{jk}^{(x)}, i = \overline{1, 2}, \\ d_y(x, y) = f'(x, y) \cdot H_y = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 f'(x + j - 2, y + k - 2) \cdot h_{jk}^{(y)}, i = \overline{1, 2}.$$

Таким образом, вычисления производимые блоком пространственного дифференцирования и блоком фильтрации, сводятся к операциям умножения и сложения, выполняемым с помощью сумматоров и логических элементов, что позволяет реализовать блок пространственного дифференцирования и блок фильтрации на ПЛИС.

Предложенное решение позволяет повысить быстродействие за счёт аппаратной реализации операций фильтрации и пространственного дифференцирования в соответствующих блоках устройства.

УДК 681.84

**А.Е. Панов, Е.Ю. Емельянова**

*Курский государственный технический университет*

## **АЛГОРИТМ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА НА ВОКАЛИЗОВАННЫЕ ФОНЕМЫ**

Сегментация непрерывной речи в соответствии с фонетической транскрипцией является фундаментальной задачей любой голосовой системы и необходима в большинстве задач речевой технологии. Автоматическая сегментация не безошибочна, однако она не противоречива по своей сути, и ее результаты воспроизводимы.

Разработанный комплексный алгоритм сегментации речевого сигнала на вокализованные фонемы выполняется в два этапа:

1. Определение границ квазипериодов основного тона речевого сигнала и сегментация речевого сигнала на вокализованные и невокализованные участки.

2. Определение границ между вокализованными фонемами.

Алгоритм определения границ между вокализованными фонемами основан на построении сегментирующей функции. Анализ переходов между вокализованными фонемами показал, что сегментирующая функция всегда содержит информацию о границе, а вероятность автоматического определения границы зависит от выбора решающего правила. В результате проведенных экспериментов было определено, что наилучший результат достигается при использовании следующего решающего правила: если текущее значение сегментирующей функции  $\varphi(t_i)$ , соответствующее  $k$ -му квазипериоду основного тона удовлетворяет условию (1), то границей признается начало  $k+2$ -ого квазипериода.

$$|m - \min(\varphi(t_k), \varphi(t_{k+1}), \varphi(t_{k+2}))| > 4 \cdot \sigma + c, \quad (1)$$

где  $m = \sum_{i=0}^{k-1} \varphi(i)$ ;  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=0}^{k-1} (m - \varphi(t_i))^2}$ ,  $c$  – некоторая малая величина, исключающая появление ложной границы в случае малого  $\sigma$ .

Оценка помехоустойчивости алгоритма с выбранным решающим правилом приведена в таблице. Эксперимент был поставлен на фонотеке реальных речевых сигналов, состоящей из 100 различных слов, произнесенных десятью дикторами мужского и женского пола. На каждое слово фонотеки накладывался «розовый» шум при отношении сигнал/шум 3, 0, -3дБ. Начальный уровень шума в словах соответствовал соотношению сигнал/шум 8-10дБ. Эталонная разметка фонотеки была выполнена вручную. Фонема считалась найденной, если ее границы определены с точностью не менее чем в 2 квазипериода основного тона. Вероятность нахождения вокализованных фонем  $P$  определялась как отношение количества найденных фонем к общему количеству фонем в фонотеке.

## Вероятность нахождения вокализованных фонем

Отношение сигнал/шум, дБ	Всего вокализованных фонем	Найдено вокализованных фонем	Вероятность нахождения вокализованных фонем Р
8	498	473	0,95
3	498	354	0,71
0	498	319	0,64
-3	498	199	0,40

Вероятность определения ложных границ, найденных внутри вокализованных фонем – 0,11. Нахождение ложных границ внутри вокализованных фонем обусловлено значительным изменением акустических характеристик в пределах фонемы. Такое явление наблюдается в фонемах большой длительности (например, ударных), аллофонах (фонемах, зависящих от окружающих фонем). Однако такие границы дают дополнительную информацию для последующей обработки и позволяют более точно определить наилучший участок речевого сигнала, содержащий контекстно-независимую информацию о дикторе или о структуре фонемы.

На незашумленном речевом сигнале пропуск границы возможен между квазимофонами, т.е. фонемами, сходными в фонологическом плане. Сегментирующая функция между такими фонемами меняет свое поведение, но выбранное решающее правило не всегда позволяет отследить такое изменение. Этим обусловлено верхнее значение вероятности нахождения вокализованных фонем и границ между ними 0,95.

Таким образом, выбранное решающее правило позволяет определять границы вокализованных фонем с вероятностью 0,4..0,95 в диапазоне изменения отношения сигнал/шум (-3)..8дБ с точностью не менее двух квазипериодов основного тона.

УДК 681.84

**А.Е. Панов, А.П. Типикин**

*Курский государственный технический университет*

## **ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ОСНОВНОГО ТОНА**

Определение траектории основного тона речевого сигнала (РС)  $F_0 = f(t)$  является одной из наиболее важных задач в обработке речи. Разработан корреляционный метод определения периода основного тона, обладающий высокой помехоустойчивостью. Особенность метода заключается в многократном вычислении автокорреляционной функции в ряде окон переменной длительности, что требует значительных вычислительных затрат. Поэтому основным блоком устройства оценивания мгновенных значений пе-

риода  $T_0 = F_0^{-1}$  является цифровой параллельный коррелятор (ЦПК), позволяющий вычислять автокорреляционную функцию речевого сигнала в реальном масштабе времени.

Математическая запись автокорреляционной функции, используемой в названном методе, имеет следующий вид:

$$\rho(k) = \frac{1}{(N-k) \cdot \sigma_{1k} \cdot \sigma_{2k}} \sum_{i=1}^{N-k} (x_i - m_{1k})(x_{i+k} - m_{2k}), \quad m_{1k} = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} x_i, \quad m_{2k} = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} x_{i+k},$$

$$\sigma_{1k} = \sqrt{\frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} (x_i - m_{1k})^2}, \quad \sigma_{2k} = \sqrt{\frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} (x_{i+k} - m_{2k})^2}.$$

Для уменьшения количества арифметических операций функция преобразуется к следующему виду:

$$\rho(k) = \frac{\sum_{i=1}^{N-k} \left( (n-k) \cdot x_i - \sum_{i=1}^{N-k} x_i \right) \cdot \left( (N-k) \cdot x_{i+k} - \sum_{i=1}^{N-k} x_{i+k} \right)}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^{N-k} \left[ (N-k) \cdot x_i - \sum_{i=1}^{N-k} x_i \right]^2 \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^{N-k} \left[ (n-k) \cdot x_{i+k} - \sum_{i=1}^{N-k} x_{i+k} \right]^2 \right)}}.$$

Так как оцифрованный РС непрерывно поступает на вход названного устройства, в ЦПК применен конвейерный способ параллельной обработки. Загрузка в конвейер и выдача результата осуществляется по следующей схеме (рис.).

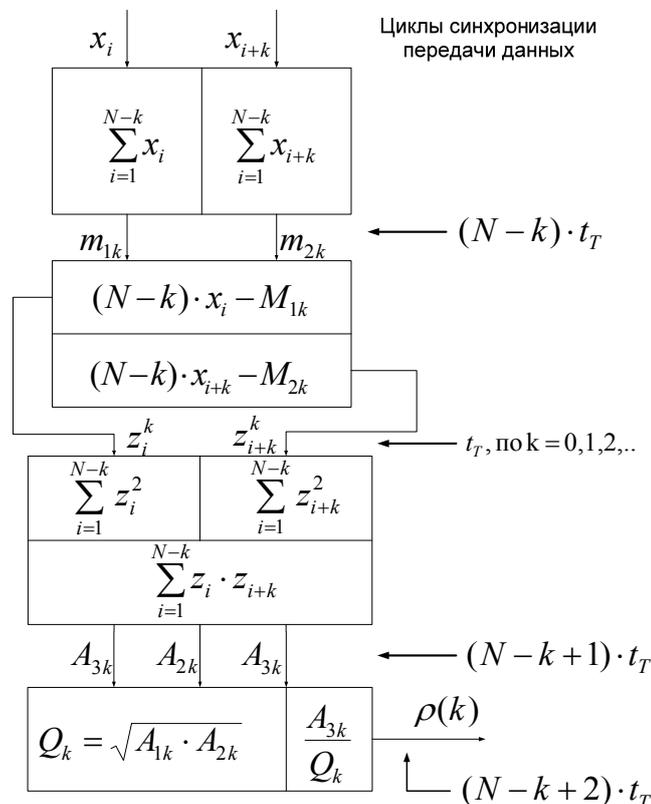


Рис. Конвейерная организация вычисления автокорреляционной функции

1. Вычисляются  $m_{1k} = \sum_{i=1}^{N-k} x_i$  и  $m_{2k} = \sum_{i=1}^{N-k} x_{i+k}$ .
2. Два множества  $\{z_i^k\} = \{(N-k) \cdot x_i - M_{1k}\}$  и  $\{z_{i+k}^k\} = \{(N-k) \cdot x_{i+k} - M_{2k}\}$ .
3. Три суммы множеств  $A_{1k} = \sum_{i=1}^{N-k} z_i^2$ ,  $A_{2k} = \sum_{i=1}^{N-k} z_{i+k}^2$  и  $A_{3k} = \sum_{i=1}^{N-k} z_i \cdot z_{i+k}$ .
4. Корень из произведения сумм множеств  $Q_k = \sqrt{A_{1k} \cdot A_{2k}}$ .
5. Искомый результат:  $\rho(k) = A_{3k} / Q_k$ .

Ступени конвейера работают параллельно и синхронизируются по такту  $t_T$ . При малых значениях  $k$  заключительная ступень простаивает, в то время как первые три – загружены. Четвертая ступень конвейера требует 10 тактов для обработки данных. При увеличении  $k$  первые ступени, работающие  $N-k$  тактов, могут срабатывать быстрее, чем за 10 тактов, поэтому при  $N-k < 10$  они простаивают  $10 - (N-k)$  тактов. Такой подход обеспечивает выдачу очередной ординаты  $\rho(k)$  через каждые  $N-k$  тактов при  $k < N-10$  или через 10 тактов при  $k > N-10$ .

В быстродействующем устройстве определения траектории  $F_0 = f(t)$  оцифрованный РС обрабатывается параллельно несколькими однотипными ЦПК, настроенными различными величинами  $\{N_i\}$  на разные длительности окон скользящей обработки. Искомое мгновенное значение квазипериода  $T_0$  определяется параллельным блоком принятия решения, следующим за множеством параллельно работающих ЦПК.

---

1. Panov, A.E. More robust pitch determination on speech signals [Text] / A.E. Panov, A.P. Tipikin // Материалы международной конференции «Information and telecommunication technologies in intelligent systems» ITT IS'07. Mallorca, Spain, 2007.

УДК 621.396.96: 621.373

**Г.Г. Личков, А.Я. Паринский**

limaco@tula.net

Тульский государственный университет

## **ТОЧНОСТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ**

Рассматриваемая система используется для измерения расстояний до границ объектов, образующих сложные пространственные структуры. Сис-

тема состоит из интеллектуальных радиолокационных датчиков (ИРЛД), объединенных в информационную сеть, преобразователя интерфейсов (опционально) и диспетчерского устройства. Изменение числа, положение, ориентации и конфигурация ИРЛД осуществляется без отключения системы и приостановки процесса измерения.

Система используется для решения широкого ряда технологических и производственных задач. Одним из основных применений является измерение объемов, контроль химической чистоты продуктовых смесей в технологических резервуарах и резервуарных парках, где в процессе хранения происходит расслоение жидких нефтепродуктов, образование пленок на поверхности различных продуктов, находящихся в твердой либо жидкой фазе, а также синтез продуктов и объектов с заданной формой и составом. Для данного приложения необходимое количество ИРЛД монтируется на крыше и боковых поверхностях каждого резервуара или иной технологической емкости.

Параметрами, измеряемыми непосредственно, являются расстояния до измеряемых границ объектов. Для проведения измерений с заданной точностью  $\sigma_L$  необходимо одновременное выполнение условий (1) и (2):

$$\sigma_L > \max \left| L_{\min}(\theta, \varphi) - \frac{1}{S} \int_S L ds \right|, \quad (1)$$

$$\sigma_L > \max \left| L_{\max}(\theta, \varphi) - \frac{1}{S} \int_S L ds \right|, \quad (2)$$

где  $\sigma_L$  – допустимая погрешность измерения;  $L_{\min}$  – расстояние до ближайшей точки измеряемой поверхности в области измерения;  $L_{\max}$  – расстояние до наиболее удаленной точки измеряемой поверхности в области измерения.

Погрешность измерения зависит от свойств и рельефа измеряемой границы объекта. Для нестационарных во времени объектов, таких как изменяющие форму жидкие объекты в резервуарах, необходимо учитывать динамическое изменение параметров  $L_{\min}$  и  $L_{\max}$ .

Функциональная схема системы с размещением ИРЛД на резервуаре показана на рисунке.

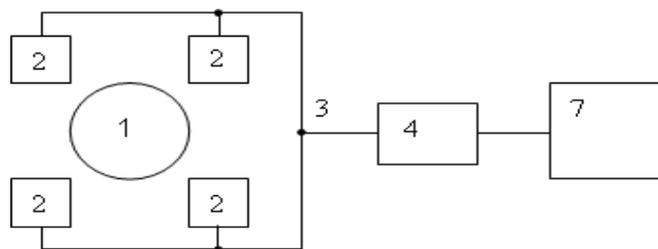


Рис. Функциональная схема измерительной системы:

- 1 – технологический резервуар; 2 – ИРЛД; 3 – информационная линия;  
4 – устройство преобразования интерфейсов;  
5 – диспетчерское устройство (ПК)

Среднее квадратическое отклонение информационного сигнала дальности равно

$$\sigma_L = \sqrt{\delta_{f_B}^2 + \delta_{T_C}^2 + \delta_{f_C}^2}, \quad (3)$$

где  $\delta_{f_B}$  – ошибка значения частоты биений;  $\delta_{T_C}$  – ошибка значение времени формирования ЛЧМ сигнала;  $\delta_{f_C}$  – ошибка значения частотной девиации.

Данная измерительная система обеспечивает высокую точность и надежность, по сравнению с традиционными контактными механическими, емкостными а также ультразвуковыми системами измерения. Серийно выпускаемые измерительные системы, работающие на частоте 94 ГГц, имеют точность измерения  $\pm 0,5$  мм.

УДК 621.396.967.029.7(024):621.375.8(088.8)

**А.Я. Паринский**

*Тульский государственный университет*

## **РАДИООПТИЧЕСКИЙ ПЕЛЕНГАТОР (РОП) НА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЛИНЕЙКАХ ОДНОРЕЗОНАТОРНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ УГЛОВЫХ ФИЛЬТРОВ**

Обобщенная структурная схема РОП с угловым датчиком на дифференциальных линейных решетках односторонних однорезонаторных резонансных угловых фильтров (РУФ) приведена на рисунке 1.

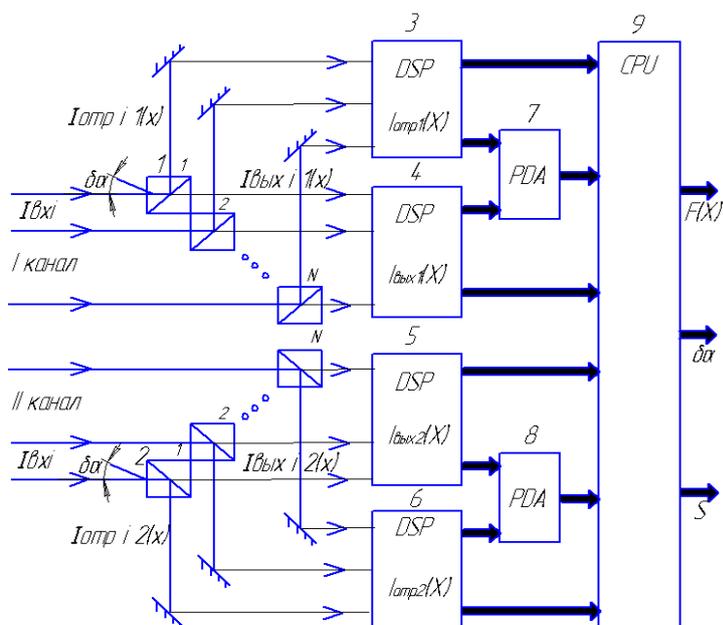


Рис. Обобщенная структурная схема РОП с угловым датчиком на дифференциальных интеллектуальных линейных решетках односторонних однорезонаторных РУФ

Здесь блок DSP – набор цифровых сигнальных процессоров для обработки выходящих и отраженных сигналов; PDA – процессорное устройство адаптации; CPU – центральный процессор, вычисляет угол пеленга, крутизну пеленгационной характеристики (ПХ) и значение ПХ. Пеленгационные характеристики (ПХ) РОП и их крутизна с модифицированным алгоритмом обработки без учета и с учетом потерь « $a$ » в РУФ соответственно имеют вид

$$F(X) = 4N^2 X,$$

где  $N$  – число РУФ в линейке;  $X$  – обобщенный угловой пеленг, измеряемый РОП,

$$S = F'(X)|_{X=0} = 4N^2,$$

$$F(X) = \frac{4N^2 X}{(1-a)^2},$$

$$S = F'(X, a)|_{X=0} = \frac{4N^2}{(1-a)^2}.$$

ПХ РОП и их крутизна с аддитивным первым и вторым алгоритмами обработки без учета потерь в РУФ соответственно имеют вид:

$$F(X) = \frac{2N^2 X_0 X}{1 + N^2(X_0^2 + X^2)},$$

$$S = F'(X)|_{X=0} = 2N^2 X_0,$$

$$F(X, a) = \frac{2X_0 X}{(X_0^2 + X^2) + N^2(X_0^2 - X^2)},$$

$$S(X_0) = \frac{2X_0}{X_0 + N^2 X_0^4},$$

где  $X_0$  – равносигнальное направление (РСН) линеек РУФ.

ПХ РОП и ее крутизна с первым и вторым мультипликативными алгоритмами обработки без учета потерь в РУФ представлена соответственно следующими моделями:

$$F(X) = \ln \left[ \frac{1 + N^2(X_0 + X)^2}{1 + N^2(X_0 - X)^2} \right],$$

$$S = F'(X)|_{X=0} = \frac{4N^2 X_0}{1 + N^2 X_0^2},$$

$$F(X) = \ln \left[ \frac{(1 + N^2(X_0 - X)^2)(X_0 + X)^2}{(X_0 - X)^2 \cdot (1 + N^2(X_0 + X)^2)} \right],$$

$$S = F'(X) \Big|_{X=0} = \frac{4}{X_0(1 + N^2 X_0^2)}.$$

УДК 621.391:616.89

**А.А. Певзнер**

*Ярославский государственный педагогический университет*

**Е.А. Григорьева**

*Ярославская государственная медицинская академия*

## **ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА НА ЗВУКОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ**

Авторы установили неизвестную ранее закономерность реакции организма человека на звуковое гармоническое воздействие. Суть ее заключается в том, что при воздействии на организм гармоническим звуковым сигналом с частотой, кратной частоте экстремума максимума спектрального состава биоэлектрического сигнала данного человека, полученного перед воздействием, возникает синхронизация биоэлектрической активности мозга, причем коэффициент кратности соответствует выражению  $k=2^n$ . А при воздействии на организм гармоническим звуковым сигналом с частотой, кратной экстремуму минимуму спектрального состава биоэлектрического сигнала данного человека, полученного перед воздействием, возникает десинхронизация биоэлектрической активности мозга.

Регистрация биоэлектрической активности мозга проводилась на шестнадцатиканальном энцефалографе согласно схеме O<sub>2</sub>, O<sub>1</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>3</sub>, FP<sub>2</sub>, FP<sub>1</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>, F<sub>8</sub>, F<sub>7</sub>. При регистрации полоса пропускания частот ограничивалась: низкие частоты от 0,3 Гц, высокие частоты до 30 Гц. Собственные шумы усилителей не превышали 3 мкВ. Регистрация потенциалов производилась при усилении соответствующем 7-8 мм отклонения на 50 мкВ калибровочного сигнала. Скорость развертки в момент записи 15-30 мм/с. Время адаптации к записи 5 мин.

Записывалась фоновая ЭЭГ - до подачи в камеру звука.

С помощью программы «Brainlog» проводился спектральный анализ полученной фоновой ЭЭГ. Результат получен в виде гистограммы с шагом 0,5 Гц.

На гистограмме выделяются значения гармоник, превышающих по амплитуде соседние гармоники – экстремумы максимумы и уступающих по амплитуде соседним гармоникам – экстремумы минимумы.

Затем подавали звуковое воздействие гармоническим, изменяющимся по частоте, звуком с одновременной регистрацией биоэлектрической актив-

ности мозга. Значение соответствующей частоты однозначно определялось моментом звучания и записывалось в память компьютера.

При дальнейшем анализе энцефаллограмм фиксировались моменты активации и дезактивации биоэлектрической активности мозга. Затем сравнивались моменты активации и дезактивации с моментами возбуждения звука соответствующей частоты.

В итоге получен ряд частот звуковых гармонических воздействий, в различных диапазонах звуковых частот, обеспечивающих активацию или дезактивацию биосигналов условно названных «активные частоты звука».

На спектрограммах фонового биосигнала полученных в виде гистограмм выделены экстремальные гармоники (имеющие максимальное или минимальное значение среди ближайших гармоник).

Дальнейшая корреляция полученных активных частот звука с экстремальными гармониками биосигнала показала, что эти частоты кратны соответствующим гармоникам. При этом коэффициенты кратности определяются в виде выражения

Сравнение полученных значений частот звука, вызывающего синхронизацию, со значениями частот экстремальных гармоник максимумов дало соотношения с коэффициентом  $2^n$ . Сравнение полученных значений частот звука, вызывающего десинхронизацию, со значениями частот экстремальных гармоник минимумов тоже дало соотношения с коэффициентом  $2^n$ .

Выявленная закономерность характерна для всех отведений ЭЭГ, но наиболее выражена эта зависимость в затылочных и верхневисочных областях билатерально. Поэтому в приведенных примерах отмечаются указанные эффекты для отведений  $O_2$ ,  $O_1$ ,  $T_6$ ,  $T_5$ .

Исследования проведены у 42 мужчин и 53 женщин в возрасте от 18 до 50 лет. Полученная зависимость установлена у всех обследованных.

УДК 621.397.133

**А.А. Певзнер, М.А. Плуженский**

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

## **СПОСОБ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ**

Известно большое количество методов и устройств для демонстрации стереоскопических изображений: от простейших статических до сложных динамических и голографических.

В существующих системах динамической визуализации стереоизображений реализуется принцип последовательной проекции изображений для левого глаза и правого глаза отдельно. В момент проецирования изображе-

ния для левого глаза правый глаз закрывается с помощью специальных устройств, например очков с затворами на базе жидких кристаллов. При этом возникает нагрузка на психику человека, связанная со значительными напряжениями зрения, вызванными большим различием уровня черного, при закрытом глазе, и уровня светлого, при проецировании изображения.

Нами предложен принципиально новый метод динамической визуализации стереоизображения. Суть предложенного метода заключается в том, что вместо затемнения глаза в момент проецирования изображения для противоположного глаза, его «ослепление» осуществляется засветкой за счет дополнительного коммутирующего источника света. При этом достигается значительно меньшая динамическая нагрузка на системную организацию мозга. Это обусловлено тем, что чувствительность глаза с увеличением яркости изменяется в логарифмической зависимости.

Для реализации предложенного способа динамической визуализации стереоизображений необходимо создать систему, удовлетворяющую следующим условиям:

– частота кадров стереопары должна быть не менее 50 Гц (25 Гц на каждую составляющую стереопары). Это обусловлено физиологией восприятия видеоизображений;

– в связи с тем, что необходимо обрабатывать большие массивы данных за короткое время, программное обеспечение должно использовать оптимальные по быстродействию алгоритмы обработки и вывода видеосигналов с минимальными нагрузками на процессор устройства преобразования видеосигналов.

УДК 621.317.733:621.317.33

***Г.И. Передельский***

*Курский государственный технический университет*

***Ю.В. Диденко***

*ОАО «Теплогенерирующая компания № 4»*

## **ГРУППА МОСТОВЫХ ЦЕПЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТНО–НЕЗАВИСИМЫХ ДВУХПОЛЮСНИКОВ ДЛЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

Входные узлы устройств сбора и первичной обработки информации систем распознавания образов нередко реализуются в виде измерительных мостовых цепей с импульсным питанием. Выполненные в последние годы исследования позволили предложить мостовые цепи на основе частотно–

независимых двухполюсников (ЧНД), под которыми понимаются многоэлементные пассивные диссипативные электрические цепи, содержащие индуктивные и емкостные элементы и имеющие в теоретически неограниченном частотном диапазоне резистивный эквивалентный (входной) иммитанс. Дальнейшее развитие идей привело к построению группы мостовых цепей с использованием ЧНД, представленных на рисунке.

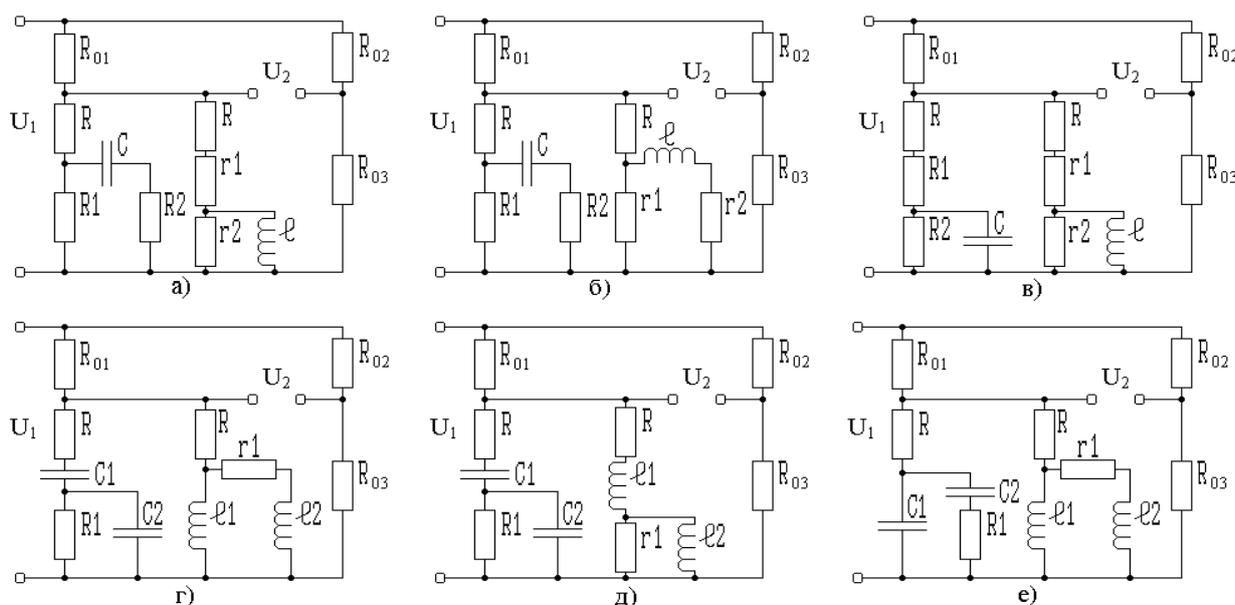


Рис. Группа мостовых цепей

Обобщенное математическое описание напряжения неравновесия  $u_2$  обобщаемых мостовых цепей при выполненном предварительном условии

$$R_{01}R_{03} - RR_{02} = 0 \quad (1)$$

имеет вид

$$u_2 = \frac{U_1 h!}{t_u^h} \underbrace{\int_0^t \dots \int_0^t}_{h} \left\{ \int_0^t \left[ \frac{A_1 B_1 + A_2 B_2 + A_3 B_3}{f(0)} + \sum_{i=1}^k \frac{F(p_i)}{p_i f'(p_i)} e^{p_i t} \right] dt \right\} \dots dt, \quad (2)$$

где  $F(p) = A_1 B_1 + A_2 B_2 + A_3 B_3 + p q_1 + p^2 q_2 + \dots$ ;  $q_1 = A_1 B_4 + A_2 B_5 + A_3 B_6$ ,  $q_2 = A_1 B_7 + A_2 B_8 + A_3 B_9, \dots$ ,  $q_k = \sum_{i=1}^{k+1} A_i B_{i+1+2+\dots+k+1}$ ;  $f(p) = a_0 + p a_1 + p^2 a_2 + \dots + p^k a_k$ .

Здесь  $U_1$  – амплитуда питающего импульса;  $t_u$  – его длительность;  $t$  – текущее время;  $h = 0, 1, 2, \dots$ ;  $A_i$  – условия равновесия;  $B_i, a_i$  – обобщенные коэффициенты, определяющиеся параметрами мостовой цепи;  $p_i$  – корни уравнения  $f(p) = 0$ ;  $k$  – число этих корней.

Представленные мостовые цепи обладают всем комплексом достоинств мостов с импульсным питанием, например зависимым отдельным уравновешиванием. Кроме того, эти цепи позволяют заземлять объект измерения и

уравновешивающий двухполюсник, что уменьшает погрешность измерения. При выполнении равенства (1) условия равновесия обсуждаемых мостов и условия частотной независимости частотно–независимых двухполюсников совпадают.

---

1. Передельский, Г.И. Мостовые цепи с использованием частотно-независимых двухполюсников [Текст] / Г.И. Передельский // Измерительная техника. 2000. № 8. С. 53 – 56.

УДК 621.317.733:621.314.33

**Г.И. Передельский, А.Л. Овчинников**

viva@kursknet.ru

*Курский государственный технический университет*

## **МОСТОВЫЕ ЦЕПИ С РАЗДЕЛЬНЫМ УРАВНОВЕШИВАНИЕМ ТОЛЬКО РЕГУЛИРУЕМЫМИ РЕЗИСТОРАМИ**

В системах распознавания образов находят применение фотодатчики. Они подключаются ко входным узлам устройств сбора и первичной обработки информации. В качестве таких узлов могут использоваться мостовые измерительные цепи. К мостовым цепям предъявляется группа требований, в том числе такие важные, как раздельное уравновешивание и уравновешивание только регулируемыми резисторами. Последнее, как известно, превосходит по группе показателей уравновешивание мостов переменными конденсаторами и индуктивными катушками. Имеется группа публикаций по частным вариантам мостовых цепей с раздельным уравновешиванием только регулируемыми резисторами [например, 1]. Имеется в этой области и обобщение [2], но оно пригодно для определения параметров двухполюсников только с однородными реактивными элементами. В данной работе приводятся результаты исследования мостов с обсуждаемым свойством, пригодных для определения параметров двухполюсников с разнородными реактивными элементами.

В работе [2] мостовые цепи образованы двумя параллельно соединенными ветвями, в одной ветви включены цепи наращивания и регулируемые резисторы, в другой – двухполюсник объекта измерения и в обеих ветвях имеются только однородные реактивные элементы. В соответствии с этим следует получить такие цепи наращивания, которые содержат разнородные реактивные элементы, регулируемые резисторы и сохраняют для мостов раздельное уравновешивание. Пример ветви с такими цепями наращивания (ЦН) приведен на рис. 1. В соответствии с увеличением числа элементов в двухпо-

люсниках объекта измерения возрастает количество цепей наращивания.

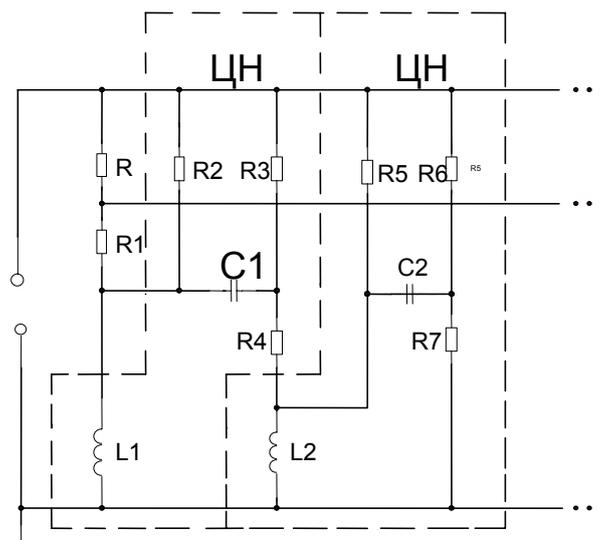
Пример мостовой цепи приведен на рис. 2, условия ее равновесия –

$$A_1 = c_1 R_1 - c R = 0,$$

$$A_2 = L_1 (R + R_1 + R_2) - c r_1 R R_2 = 0,$$

$$A_3 = L_1 C_1 R_4 (R + R_1) - l_1 c R (R_3 + R_4) = 0,$$

$$A_4 = L_1 C_1 (R + R_1) [L_2 r_2 (R_3 + R_5) + l_1 R_4 R_5] - c r_2 R R_5 [l_1 L_2 + C_1 R_3 (L_1 r_1 + l_1 R_4)] = 0.$$



Текст... Рис. 1

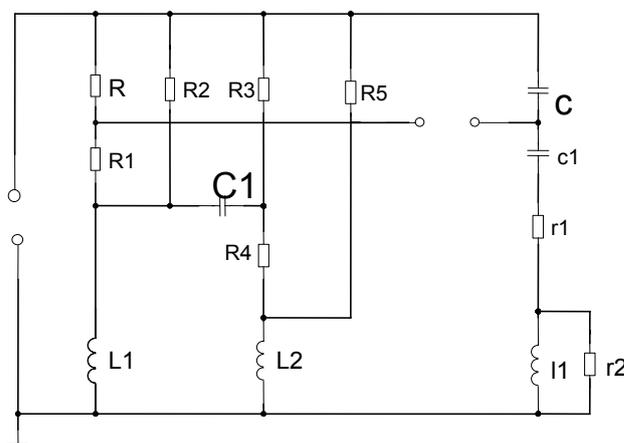


Рис. 2

Из них следует, что мост имеет отдельное зависимое уравновешивание и следующую последовательность регулирования резисторов:  $R_1, R_2, R_4, R_3$  и  $R_5$ .

В докладе приведены и другие ветви с цепями наращивания, примеры мостовых цепей и результаты их анализа.

1. Передельский, Г.И. Мостовые цепи с импульсным питанием [Текст] / Г.И. Передельский. М.: Энергоатомиздат, 1988. 127 с.

2. Передельский, Г.И. Многоплечие мостовые цепи с уравниванием регулируемых резисторами [Текст] / Г.И. Передельский // Измерительная техника. 1999. № 6. С. 50 – 54.

УДК 621.317.733:621.317.33

**Г.И. Передельский, В.И. Иванов, А.Л. Овчинников**

viva@kursknet.ru

*Курский государственный технический университет*

## **МОСТОВЫЕ ЦЕПИ С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

Мостовые электрические цепи являются основой многих устройств, используемых в различных областях техники.

Они применяются в системах контроля и измерения, а мосты, с включенными в них датчиками, используются также в автоматике и системах управления. В частности, мостовые цепи с фотодатчиками могут применяться в устройствах распознавания образов. Приборы и устройства на их основе имеют группу достоинств, имеют и недостатки. Нередко посредством одной определенной мостовой цепи можно измерять параметры весьма узкого числа схем замещения объектов измерения, встречается даже – только одного варианта схемы замещения. Одним из существенных препятствий здесь является нечастая возможность получения для мостовых цепей быстродействующих алгоритмов уравнивания или более лучшего варианта – раздельного уравнивания электрических мостов.

Если мост предназначен для определения параметров R-C двухполюсников, то при переходе на R-L или R-L-C двухполюсники, приходится изменять его построение. То же самое требуется при переходе от измерения R-L или R-L-C двухполюсников к другим их вариантам. Мостовые цепи, преодолевающие приведенный недостаток, относятся к мостам с расширенными функциональными возможностями. В данной работе поставлена задача обобщить получение мостовых цепей с расширенными функциональными возможностями без изменения их конфигурации (без введения ключей и дополнительных проводников).

Для решения такой задачи выбрана четырехплечая мостовая цепь, питающаяся импульсами с изменением напряжения в течение длительности их

следования по закону степенных функций. Исходный мост должен обладать свойством отдельного уравнивания и в каждой из двух ветвей содержать одиночный элемент плеча отношения и многоэлементный двухполюсник плеча сравнения. Для расширения функциональных возможностей в ветви с уравнивающими элементами одиночный элемент плеча отношения следует заменить на многоэлементный двухполюсник, эквивалентный двухполюснику с уравнивающими элементами. Пример такого моста приведен на рисунке 1, где двухполюсник  $R1 - C1 - R2 - L1$  с уравнивающими элементами обеспечивает отдельное уравнивание при импульсном питании,  $R01-C01-R02-L01$  эквивалентный (одинаковый) двухполюсник, введенный вместо одиночного элемента одного плеча отношения,  $r0$  – одиночный резистор другого плеча отношения и примеры резистивно-емкостного двухполюсника –  $r1-c1-r2-c2$ , резистивно-индуктивного  $-r1-l1-r2-l2$  и двухполюсника с разнородными реактивными элементами –  $r1-l1-r2-c1$  объектов измерения.

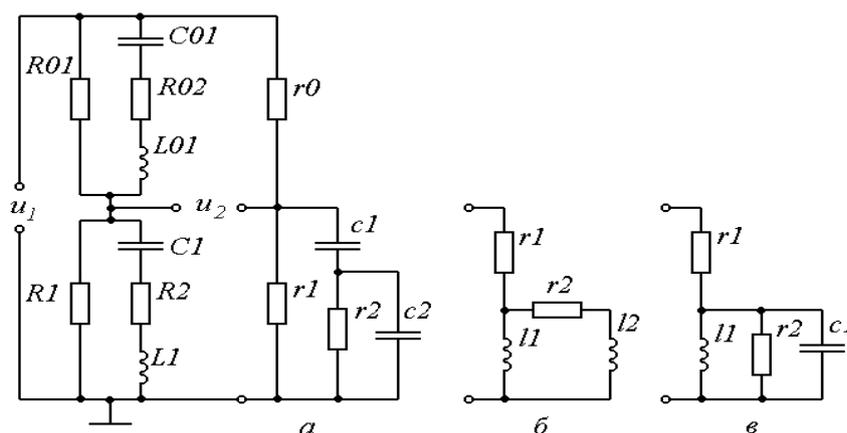


Рис. 1. Мостовая цепь

В докладе приведены результаты анализа мостовых цепей и обоснование расширения у них функциональных возможностей.

УДК 621.396.96(075)

**А.С. Петров**

*Курский государственный технический университет*

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАДИОВЫСОТОМЕРА НА ОСНОВЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ**

Значительная часть (до 40%) всех авиапроисшествий приходится на самую опасную и напряженную фазу полета – снижение и посадку. Особая роль при выполнении этой фазы отводится радиовысотомерам (РВ). Принцип

действия РВ основан на определении времени прохождения радиосигнала от передающей антенны до отражающей поверхности и обратно, к приемной антенне. По типу используемого радиоизлучения и методу его обработки радиовысотомеры делятся на две группы:

– РВ с импульсной модуляцией предназначены для измерения больших высот и применяются преимущественно в военной авиации, в космонавтике, при аэрофотосъемке и в других специальных целях;

– РВ с частотной модуляцией имеют диапазон измерений до нескольких сотен метров (обычно до 1500 м) и используются в основном при заходе самолета на посадку.

Для обеспечения высокой разрешающей способности по дальности в современных радиолокаторах применяются широкополосные зондирующие сигналы со сложной внутриимпульсной структурой, имеющие малую длительность автокорреляционной функции. Обработка принятых эхоимпульсов осуществляется с помощью согласованных фильтров (СФ). Наиболее широкое применение находят радиоимпульсы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ). Ширина спектра ЛЧМ сигнала практически равна девиации частоты. Коэффициент сжатия ЛЧМ импульса на выходе СФ равен «базе» сигнала (произведению девиации на длительность импульса).

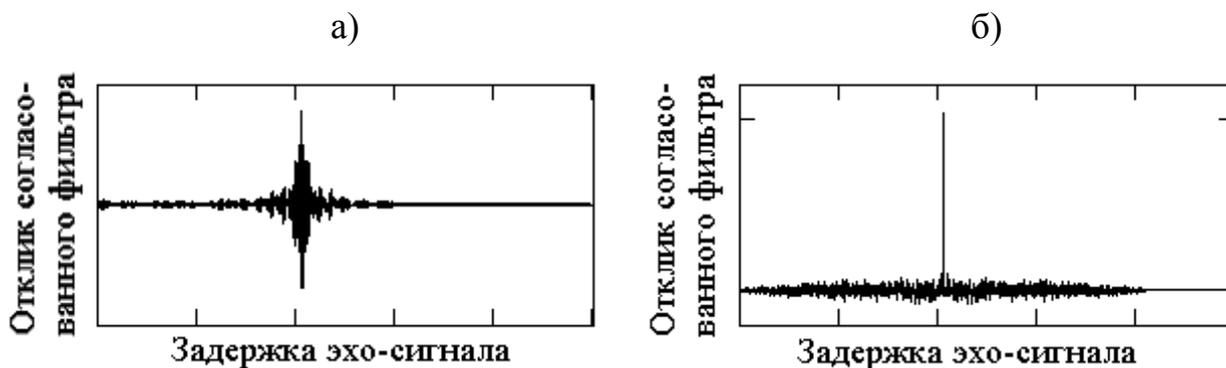


Рис. Выходной сигнал СФ: а – для ЛЧМ сигнала;  
 б – для шумоподобного сигнала

Недостатком РВ с ЛЧМ зондирующими импульсами является наличие больших боковых лепестков в выходном сигнале СФ, которые могут привести к существенным ошибкам при измерении высоты. На рисунке, *а* показана форма сжатого ЛЧМ импульса на выходе СФ.

Разрешение по дальности можно существенно повысить, применяя более сложную частотно-фазовую структуру импульсов. С этой целью в частотную модуляцию вводится шумовая составляющая, которая расширяет спектр далеко за пределы девиации ЛЧМ. Функция автокорреляции шумоподобного сигнала приближается к форме дельта-функции. На рисунке, *б* представлен выходной сигнал СФ, на вход которого поступают импульсы с шу-

мовой частотной модуляцией. Видно, что эти сигналы позволяют повысить точность РВ при измерении малых высот.

УДК 81

***Н.Э. Петрова, С.Ю. Дмитриева***

kafrus@kstu.kursk.ru,

*Курский государственный технический университет*

## **РЕАЛИЗАЦИЯ КОГНИТИВНОЙ ФУНКЦИИ ЯЗЫКА В ПРОЦЕССЕ АВТОРИЗАЦИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ТЕКСТА**

«Под прикладной лингвистикой чаще всего понимают все виды автоматической обработки речевой информации (Language-data Processing) – машинное распознавание устной речи, машинный перевод, автоматическую классификацию технических и иных документов, автоматическое аннотирование текстов, автоматическое кодирование и пр. И действительно, автоматическая обработка речевой информации составляет в настоящее время основную исследовательскую проблематику прикладной лингвистики (...)».

Оптимизация когнитивной функции языка является одним из её аспектов и сосредоточена в компьютерной лингвистике, в «лингвистической криминологии», в психолингвистике и квантитативной лингвистике. Для каждого из названных направлений очерчен круг задач, которые могут быть решены в результате прикладного использования знаний о структуре и функционировании языка и современных компьютерных технологий.

«Проблема авторизации, атрибуции (точное установление автора), текста относится к числу классических проблем филологического исследования». Задача установления авторства текста приобретает все большее значение: необходимость идентификации автора анонимного текста по тем или иным его языковым параметрам в настоящее время не менее актуальна, чем десятки и даже сотни лет назад. Современные достижения науки и техники позволили подойти к этой проблеме на качественно ином уровне: для ее решения используются методы не только литературоведения, искусствоведения, психологии, криминалистики, но и количественного, или статистического, анализа.

Вопрос об индивидуальном своеобразии речи давно разрабатывается в связи с попытками установления авторства анонимных и псевдонимных текстов. В этой связи можно назвать ряд имён, в числе которых академик В.В. Виноградов, Н.А. Морозов, Д.С. Лихачёв, Ф.Е. Корш, А.Н. Батов и др. Процесс авторизации сложен и многопланов и реализуется в двух направлениях. С одной стороны, это содержательно-идейный и документальный анализ, а также оценка лексико-стилистических особенностей литературных

произведений. С другой – речь идет об использовании объективных лингвистических методов изучения языка с применением количественного анализа.

Методика контент-анализа применяется в самых различных гуманитарных исследованиях. Начиная с 1950-х годов контент-анализ как исследовательский метод активно используется практически во всех науках, так или иначе практикующих анализ текстовых источников. Методика контент-анализа схематична и прозрачна, связано это, прежде всего, с тем, что основа этого метода – количественная обработка текста. Наиболее значимым этапом любого вида контент-анализа (традиционного и автоматизированного) является интерпретация результатов.

В основу экспериментальных исследований было положено сравнение частотного употребления тех или иных слов и выявлено, что субъективное представление практически совпадает с действительной частотой, полученной на основе обработки больших текстов. При этом необходимо соблюдать важное условие: опираться на субъективную оценку достаточно большой (в статистическом отношении) группы лиц. В результате был разработан количественный метод атрибуции. Используя результаты исследования процессов восприятия человеком речевой информации, ученые разработали математические модели, описывающие эти механизмы.

Ставилась цель – заменить человека компьютером в процессе обработки речевой информации (воспользовавшись данными эксперимента, в котором большая группа испытуемых воспринимала и оценивала тексты). Заменой служили эмпирические (полученные опытным путем) математические выражения, связывающие вычисляемые (формальные) параметры языковой структуры текста (число предлогов, союзов и пр.) с субъективными оценками испытуемых. Разумеется, модель давала лишь приближение к реальным оценкам, но путем длительных и тщательных исследований удалось приблизить вычисляемые значения к реальным оценкам до уровня 95% совпадений. Следует сказать, что такой результат вряд ли мог быть получен к настоящему времени без использования электронно-вычислительных машин. Математическая модель реализована в виде программы для персонального компьютера

Таким образом, анализ ряда исследовательских работ по данной проблематике позволил прийти к следующему: поиски решения проблемы авторизации приводят к выработке количественных методик обработки текста в области психолингвистики и определению психологических параметров личности автора; результат применения количественного метода может быть представлен в графической форме, что позволит провести сравнения полученных данных. Однако вопрос ещё открыт и ждёт своего решения в прикладных исследованиях, в которых в качестве основного инструмента изучения языка и речи используются количественные или статистические методы анализа.

УДК 004.93'11; 004.932.2

**А.И. Пластинин, А.В. Куприянов, Н.Ю. Ильясова**

*Самарский государственный аэрокосмический университет*

## **МЕТОД ТЕКСТУРНОГО АНАЛИЗА ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АППРОКСИМАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ**

Текстурный анализ используется для построения признаков (характеристик текстур), необходимых для распознавания изображений. Эффективность распознавания зависит от качества и количества данных, необходимых для обучения классификатора. Поэтому необходимо сформировать такой набор признаков, на основе которых можно было бы автоматически провести более точную классификацию текстурных изображений.

Следует отметить, что распространенные методы текстурного анализа, основанные на матрице взаимного распределения, или на вычислении спектральных дескрипторов, дают общие признаки для всех типов изображений, они не учитывают специфики задачи. Однако на практике возникает необходимость вычислять признаки для классификации ограниченного набора текстур. Недостатком также является то, что многие методы ориентированы на работы с полутоновыми изображениями, то есть они не применимы для анализа некоторых классов текстурных изображений.

Этими недостатками обладают некоторые классы признаков, например, такие как: спектральные признаки, признаки Габора, метод цветовых гистограмм, автокорреляционный метод, метод матриц взаимного вероятностного распределения, признаки Тамура.

Таким образом, разработка алгоритма вычисления цвето-текстурных признаков, использующего априорную информацию об анализируемых изображениях, является актуальной задачей.

Методы, в основе которых лежит модель изображения, как реализации марковского случайного поля, успешно применяются во многих прикладных задачах. Эти методы оказались эффективными в задачах сегментации изображений, имитационного моделирования и т.д.

Предложенный метод основан на вычислении параметров RBF аппроксимации функции значения интенсивности в точке от значений в окрестности (рис.).

Метод состоит из двух основных этапов: 1) инициализация; 2) вычисление признаков.

Этап инициализации выполняется один раз при построении системы, цель этапа, для заданного набора изображений, подобрать параметры для второго этапа.

Введем следующие обозначения:  $\mathcal{N}_p$  – окрестность пикселя  $p$ ;  $\mathcal{N}_p^k$  –  $k$ -й элемент окрестности;  $N_p(I) = (I(\mathcal{N}_p^1), \dots, I(\mathcal{N}_p^K))$  – вектор значений.

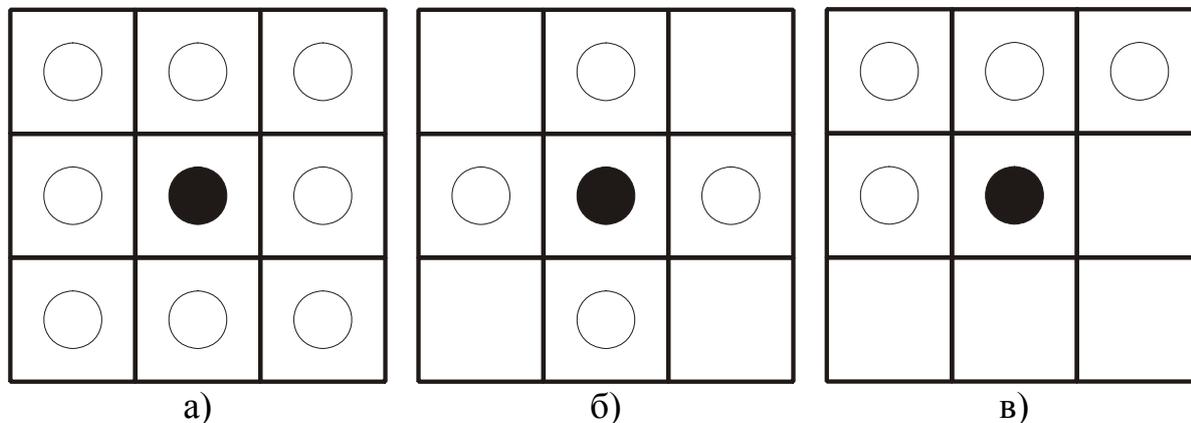


Рис. Примеры окрестностей:

а – некаузальная 3x3; б – ближайший сосед; 3x3; в – каузальная 3x3

Пусть  $\mathcal{I}$  – множество всех изображений, заданных изначально. По всем изображениям строится множество  $X$ , которое состоит из элементов вида  $(N_p, p) \in X$ . Т.е. множество всех пар окрестность-значение, которые встречаются на заданном множестве изображений.

Инициализация заключается в поиске центров  $K$  кластеров  $\{c_i\}_{i=1}^K$  множества  $X_n = \{N | \exists p : (N_p, p) \in X\}$ . Для этого можно использовать любой алгоритм кластеризации на  $K$  кластеров, например  $K$  внутригрупповых средних.

Таким образом, в качестве признаков будем использовать вектор  $w$  параметров аппроксимации множества  $X$ , то есть  $N_p(I)$  – вход, а  $I(p)$  – желаемый выход.

УДК 004.932.2

**В.И. Побаруев, В.И. Пошехонов**

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

## **АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЩИХ ТОЧЕК НА СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Один из способов получения данных о рельефе местности заключается в обработке космических стереоизображений. Для восстановления информации о трехмерной структуре сцены по стереопаре необходимо идентифицировать одноименные точки. Высота рельефа в соответствующей точке трех-

мерного пространства пропорциональна диспаратности, т.е. расстоянию между одноименными точками в строчном направлении на стереопаре.

В мировой практике обработки стереоизображений были выработаны различные подходы к решению задачи идентификации общих точек. В докладе рассмотрены преимущества и недостатки основных подходов с точки зрения качества и скорости обработки спутниковых стереоизображений сверхбольшого объема.

Для поиска одноименных точек достаточно широкое применение получили алгоритмы площадной корреляции, для которых сопоставляются не отдельные точки, а фрагменты изображений, лежащие в окрестностях этих точек. Мерой сходства фрагментов служит нормализованная кросскорреляционная функция или сумма квадратов разностей яркостей соответствующих пикселей. Проблемы площадной корреляции хорошо известны – низкая достоверность идентификации из-за сильных взаимных геометрических искажений на изображениях, а также размытия резких перепадов и усреднения высоты по всему фрагменту, используемому для сопоставления.

Применение контурной обработки позволяет частично преодолеть названные выше ограничения. Алгоритмы контурной обработки устойчивы к шуму, не чувствительны к изменениям условий освещения снимков. Однако главная трудность заключается в выделения контуров, хорошо описывающих трехмерную структуру сцены, не высокой надежности их последующего сопоставления.

Общий недостаток названных выше подходов заключается в грубой аппроксимации рельефа. Для получения цифровой модели рельефа (ЦМР) высокой детальности необходимо идентифицировать достаточно большое число общих точек. Поэтому целый класс современных алгоритмов ориентирован на идентификацию всех одноименных пикселей изображений стереопары.

Идея заключается в уменьшении размеров окна, используемого для вычисления корреляционной меры для каждого пикселя изображения, что позволяет устранить основные недостатки алгоритмов площадной корреляции. Надежность идентификации при этом повышается за счет анализа коэффициентов корреляции соседних пикселей. Для этого обычно задается требование кусочной гладкости поверхности обрабатываемой сцены. Данные алгоритмы формулируются в виде задачи минимизации энергии.

К сожалению, применение описанных в литературе алгоритмов пиксельного сопоставления для обработки спутниковых стереоизображений затруднено из-за их низкого быстродействия. Диспаратность одноименных точек на реальных стереоизображениях может достигать 500 пикселей и более, что приводит к большому времени вычисления коэффициентов корреляции для всех возможных вариантов сопоставления. В докладе рассмотрен модифицированный алгоритм, основанный на механизмах пирамидальной обработки изображений. Одноименные точки идентифицируются сначала по

прореженному снимку. После чего зона поиска одноименных точек на следующем уровне пирамиды изображения ограничивается с использованием предыдущего решения. Кроме того, быстродействие алгоритма повышается за счет организации параллельных вычислений, а также конвейерной обработки для уменьшения влияния медленных операций ввода-вывода.

Разработанный алгоритм позволяет получить наиболее качественную и детальную ЦМР из всех рассмотренных подходов, обеспечивая при этом высокое быстродействие. Время формирования выходной ЦМР с разрешением 5 м по стереоизображению объемом 36000x36000 пикселей, полученного по материалам съемки КА Ресурс-ДК, на компьютере с двухядерной архитектурой процессора составляет порядка 87 мин.

УДК 681.3

***С.Л. Подвальный, Е.А. Ганцева А.Г. Корвяков***

*Воронежский государственный технический университет*

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ЦЕЛЕВОГО ФУНКЦИОНАЛА ДЛЯ ВЫБОРА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ**

Нейронные сети, применяемые в распознавании образов, принятии решений, прогнозировании, сжатии данных, а также в качестве ассоциативной памяти и т.п., в данной работе используются для классификации алгоритмов поиска, собранных в единую поисковую структуру, последующего распознавания целевого функционала и выбора наиболее эффективного алгоритма оптимизации. С этой целью проводится обучение нейронной сети, которая, учитывая результаты поиска алгоритмов на наборе тестовых функций, распределяет по классам алгоритмы, получившие удачные результаты при отыскании оптимума на конкретных функциях.

В качестве используемой топологии сети выбран многослойный персептрон, поскольку такая сеть позволяет эффективно проводить отбор алгоритмов в соответствии с заданными признаками для классификации. В качестве таких признаков используются результаты поиска на тестовых функциях. На вход нейронной сети подаются параметры решаемой задачи: сведения об особенностях тестовых функций, тип алгоритма поиска, результаты апробации алгоритмов. На выходе нейронной сети формируются результаты классификации на множестве алгоритмов, соответствующие особенностям тестовых функций. В качестве активационной функции применяются: классический сигмоид и гиперболический тангенс. Входные и выходные значения нейронной сети определены на бинарном множестве  $\{0, 1\}$ . Сеть обучается с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. В качестве числовой характеристики экспертной оценки используется среднеквадратичная ошибка применения алгоритмов на тестовых функциях:

$$E(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - d)^2 / (N - 1)},$$

где  $y_i$  – оценка, полученная алгоритмом оптимизации;  $d$  – фактическое значение оптимума.

Среднеквадратичная ошибка является аргументом пороговой функции

$$f(E) = \begin{cases} 1 & \text{если } E(y) < \varepsilon, \\ 0 & \text{если } E(y) \geq \varepsilon, \end{cases}$$

определяющей разделение алгоритмов на классы, а  $\varepsilon > 0$  – некоторая малая величина, оценивающая точность поиска. Значение среднеквадратичной ошибки устанавливает значения на выходе нейронной сети. При добавлении в программный комплекс оптимизации новых алгоритмов проводится переобучение нейронной сети как на тестовых функциях, так и на функциях, которые уже обращались к данному программному комплексу. Классификация алгоритмов после обучения нейронной сети позволяет пользователю программного комплекса подобрать алгоритмы поиска, адекватные его задаче.

Разработанный модуль используется в комплексе оптимизации. Отличительными особенностями программного продукта являются его клиент-серверная архитектура; многопользовательская среда; возможность многократного переключения с одной вычислительной процедуры поиска на другую с перенастройкой параметров, реагирующих на вид целевого функционала и текущие условия поиска; открытость комплекса и возможность добавления новых алгоритмов поиска; удобное графическое представление процесса поиска.

Данный комплекс оптимизации был настроен на тестовых функциях и эффективно применялся для решения различных задач оптимизации и идентификации сложных объектов.

УДК 004.9

**С.Л. Подвальный, М.И. Чудинов**

*Воронежский государственный технический университет*

**БЛОЧНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОЛИНЕЙНЫХ СХЕМ  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИЙ  
ДЛЯ ИХ ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ  
В ОПЕРАТИВНЫХ СХЕМАХ НОРМАЛЬНОГО РЕЖИМА  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Предлагаемые результаты разработки являются развитием топологического моделирования однолинейных схем распределительных устройств подстанций по методологии международного стандарта International Electrotech-

nical Committee (IEC) 61970-301 of the Common Information Models (CIM), реализованной в Интегрированной графической информационной системе (ИнГИС) Integrated graphic information (InGIS).

Цели разработки заданы требованиями повышения эффективности топологического и графического моделирования сетей и подстанций при создании Единой Национальной Энергетической Системы.

Основная задача формулируется как увеличение коэффициента автоматизации формирования топологических моделей и вывода их графических представлений групп однотипных присоединений с минимальным интерактивным вмешательством разработчика в процесс проектирования схем.

В конечном итоге должна быть создана комплексная система автоматизированного проектирования (САПР) топологизированных оперативных схем нормального режима электрических сетей сетевых компаний

В начальном варианте разработки существенную долю занимали интерактивные процедуры в общем объеме операций формирования топологических моделей подстанций и ручные преобразования выведенных на графику из топологических моделей первичных схем для приведения их к требуемому виду.

Дальнейшее развитие САПР подстанций потребовало комплексного решения всех аспектов проектирования графических представлений топологизированных оперативных схем нормального режима электрических сетей сетевых компаний.

Проблемы размещения однолинейных схем подстанций потребовали:

- типизации обобщенных структур подстанций;
- разработки специального формализованного языка описания типовых присоединений для всех типов однолинейных схем распределительных устройств, позволяющего в формульном виде представлять их моделируемые схемы, отличающиеся от типовых;
- дальнейшего углубленного анализа схем однолинейных схем распределительных устройств для идентификации их возможных отклонений от номинальной конфигурации и разработки корректировочных программных модулей, автоматически включающихся по заданной системным экспертом схемной формуле;
- разработки методов и алгоритмов управляющих программ поточного автоматизированного формирования топологических моделей однолинейных схем распределительных устройств подстанций по их схемным формулам;
- создания дополнительных уровней графических библиотек для ускоренного вывода на графику блочных схем комбинированных прототипов сложных присоединений радиальных и кольцевых распределительных устройств и полных схем простых подстанций в сборке с предварительно программно установленным соответствием их объектов в топологических моделях и на схеме.

Основным результатом работы явилась разработка методологии объединения разрозненных средств автоматизации схем электрических сетей и

подстанций разных видов представления в комплекс, образующий основу создания САПР.

Создан и обоснован новый способ схемного представления электрических сетей с изображением упрощенной структуры каждой подстанции в формате модели «(распределительное устройство – трансформаторы) – воздушная линия», обеспечивающий автоматизированный переход от структурных схем модели «АС-ВЛ» к проектируемым однолинейным схемам нормального режима.

УДК 656.13.658

***В.М. Попов, И.О. Рыкунова, Н.А. Чепиков***

iraida585@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ГИС-ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

Одним из важных направлений государственной политики в сфере охраны окружающей среды является создание и развитие системы информационного обеспечения природопользования, основная цель которой состоит в эффективной поддержке процесса подготовки и принятия управленческих решений.

Экологические проблемы городов связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов. Загрязнение атмосферного воздуха является самой серьезной экологической проблемой современного города, оно наносит значительный ущерб здоровью горожан, материально-техническим объектам, расположенным в городе (зданиям, объектам, сооружениям, промышленному и транспортному оборудованию, коммуникациям, промышленной продукции, сырью и полуфабрикатам) и зеленым насаждениям. По большинству загрязняющих агентов, а их в городе насчитывается сотни, можно с уверенностью сказать, что они, как правило, превышают предельно допустимые концентрации. Более того, поскольку в городе наблюдается одновременное воздействие множества загрязняющих агентов, их совместное действие может оказаться еще более значительным.

Компьютеризация воздухо-охранной деятельности является важнейшим направлением развития системы управления качеством атмосферного воздуха.

Эффективная эколого-информационная система должна включать всю располагаемую совокупность данных мониторинга и состоять из трех основных компонентов: системы управления базами данных (СУБД), обеспечи-

вающей хранение и оперативную выборку необходимой информации; геоинформационной системы (ГИС), преобразующей информацию о территории в виде набора предметных слоев на электронной карте; пакета прикладных программ (ППП), включающего библиотеку математических методов для оценки качества экосистемы.

Современные тенденции развития компьютерной технологии делают нерациональными трудозатраты каждого конкретного пользователя на разработку собственных версий СУБД или ГИС, поскольку на рынке программного обеспечения существуют многочисленные варианты соответствующих пакетов и инструментальных сред, различающихся только функциональностью, техникой внутренней реализации и стоимостью. Таким образом, технология создания эколого-информационной системы сводится к выбору наиболее подходящих программных продуктов, их приобретению и последующей адаптации с целью создания интегрированной системы.

Важным элементом системы управления качеством атмосферы г. Курска может стать ГИС-приложение «Источники выбросов ЗВ в воздушную среду г. Курска». Целью построения приложения являлось нанесение на электронную карту г. Курска источников загрязнения атмосферы, а также разработка базы данных, содержащей полную информацию об этих источниках. При этом предусматривалась возможность наложения на карту пятен загрязнения для оценки степени влияния источников выбросов на экологическую ситуацию в исследуемом районе. ГИС-приложение работает под управлением MapInfo, реализовано на языке Object Pascal с использованием компонента TKDMapInfoServer в среде визуальной разработки приложений Borland Delphi 7.0 и использует базу данных Microsoft Access. Приложение состоит из трех подсистем: для анализа выбросов от стационарных источников, от передвижных источников и для расчета платы за загрязнение окружающей среды.

Разработка подобного ГИС-приложения и его использование в системе экологического мониторинга состояния атмосферного воздуха г. Курска будет способствовать более эффективному управлению охраной окружающей среды за счет оперативных и адекватных мер, проведенных на основе геоинформационного анализа.

УДК 681.3

***С.В. Праведникова***

pravsvetlana@yandex.ru

*Курский государственный университет*

## **ЯЗЫК КАК ОСНОВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА**

Пик популярности экспертных систем отошел в прошлое по следующим причинам: не все недостатки процедурного программирования были

устранены, оставалась главная трудность – составление последовательности действий; отсутствовал эффективный аппарат для отладки знаний, представленных фактами и продукциями; требовалось постоянное присутствие эксперта, заменившего программиста. Вторым шагом, способствовавшим достижению пика развития ЭС, стало изобретение инструментария – языка Пролог. Этот язык ограничен записями для поиска независимых переменных, применением дедуктивного метода, и отказ от использования естественного языка. Кроме этого появились языки представления знаний на понятийном уровне или на уровне графов для ввода отношений между понятиями. Однако, опять же, все эти средства требуют специальных знаний по программированию и информатике, а построенные на их основе ИС не удовлетворяли запросам пользователя. Ограничения в представлении знаний, дедуктивный вывод с большими затратами времени или тупиковыми ситуациями и отсутствие альтернативных разрешений запросов только усугубляли ситуацию.

Для разработки интеллектуальной системы (ИС) необходим язык общения специалиста с компьютером, причем естественный язык, без привлечения каких-либо знаков или формальных грамматик. Однако весь естественный язык построен на основе грамматики, а это более 200 категорий плюс обширный контекст. Учитывая, что оперативная память компьютера всегда будет ограничена, рассмотрим пока только язык профессиональной прозы (ЯПП), представленный введенными в ИС понятиями и грамматикой из 20 категорий. Можно, конечно, поработать еще и с языком поэзии, однако он очень активно использует принцип умолчания и небрежно, но красиво варьирует термины и синонимы, употребляемые вместе с альтернативными значениями в других контекстах.

В основе анализа текста ЯПП лежит определение термина некоторого понятия. Допускается использование терминов, составленных из слова, знака или их сочетаний. Весь текст ЯПП состоит из абзацев, имеющих законченный смысл. Каждый абзац – набор предложений, состоящих из последовательностей терминов. Все это напоминает естественный язык, но с меньшим числом категорий, например, собраны воедино категории типов предложений. Многие термины являются стандартными – они составлены из общеупотребительных слов и знаков. В качестве терминов могут использоваться «сложение», «+», «плюс», «увеличить на», «-», «вычесть», «уменьшить на». Имеются две новые категории грамматики ЯПП: термин-операнд и термин-операция. Существительное или глагол могут быть операндами или операциями. Большинство формализаций знания рассматривает существительное как операнд, а глагол как операцию. Таким образом, ЯПП является частью естественного языка, ориентированной на конкретную профессиональную деятельность.

Тексту на языке профессиональной прозы должно предшествовать описание терминов. Каждый термин уникален, а содержащиеся в нем слова могут

состоять из основы и конца слова. Основа слова служит для идентификации термина, а конец слова – для оформления результатов работы программы. Число категорий грамматики естественного языка в ЯПП уменьшается еще за счет исключения отношений рода, числа, падежа, суффикса, окончания и т.п. Некоторые слова могут входить в различные термины с различными основами. Значения таких слов, как «красный», «красный» или «красная» в составе терминов могут быть различными (знак подчеркивания разделяет основу и конец). Совокупность терминов вместе с определениями и характеристиками соответствующих понятий называется лексиконом. Одна часть лексикона составляется из стандартных терминов, известных интеллектуальной системе из русского языка – их около 1000, другая – из терминов пользователя.

Естественный язык использует понятие синоним, а в ЯПП понятие синонима расширено. Синоним термина в грамматике естественного языка точно не определен, а в ЯПП можно вводить синонимы для любых терминов. К примеру, некоторое предложение может быть термином, и для него можно определить один или несколько синонимов. Введение понятий термина и синонима исключает категории частей речи и предложения грамматики естественного языка. Смысл синонима, который становится термином, совпадает со смыслом основного термина.

УДК 615.47

***Т.В. Пронин, А.Ф. Рыбочкин, А.А. Кузьмин***

skripz@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА**

Возможность функциональных систем организма управлять своей деятельностью является важным показателем его адаптационных резервов. Нарушения работы функциональных систем управления организма приводят к развитию различных заболеваний.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы можно оценить по психофизиологическим опросникам, с помощью биохимических методов, по вариабельности сердечного ритма (ВСР), по различным функциональным пробам.

Психофизиологические опросники дают общее представление, наиболее интегральный показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Опросники, как правило, построены на основе интегративных показателей различных систем, которые измеряются как при помощи

субъективных показателей, так и на основе объективных исследований. Например, напряженному в покое функциональному состоянию сердечно-сосудистой системы соответствуют тахикардия, повышенное давление, большой минутный объем и т.п. Также на перенапряжение могут указывать и показатели других систем: расширенные зрачки с усиленным блеском глаз, бледная сухая кожа, холодные кисти рук и т.п.

Самый значительный недостаток психофизиологических опросников – это большой субъективизм значительного количества показателей. Например, ответ на вопрос о слабом или сильном потоотделении или температуре кисти рук будет напрямую зависеть от времени года, в котором производится опрос. И даже такие объективные показатели, как показатели гемодинамики, необходимо всегда исследовать в комплексе с множеством факторов, которые могут искажать результат исследования функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Например, повышенное артериальное давление может быть «реакцией на белый халат», а тахикардия в данный момент – являться следствием глотательного рефлекса.

В механизмах управления сердечно-сосудистой системы ключевую роль играют нейротрансмиттеры. Как и другие химические вещества, нейротрансмиттеры попадают в биожидкости. Поэтому по концентрации, допустим, катехоламинов в биологических жидкостях можно оценивать функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

Высокое выделение катехоламинов с мочой может указывать на истощение функциональных возможностей систем управления. Однако выделение катехоламинов также очень сильно зависит и от состояния почек, активности ферментов, разрушающих эти нейротрансмиттеры, от точности и чувствительности методов исследования.

Очень большое количество способов определения функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека основано на исследовании вариабельности сердечного ритма (ВСР).

При исследовании ВСР различают быстрые (HF) и медленные волны (LF, VLF). Многочисленные методики определения функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека опираются на соотношения мощности быстрых и медленных волн. Однако механизмы возникновения медленных волн не вполне ясны и однозначного ответа на вопрос, являются ли волны LF отражением симпатической активности и, следовательно, напряженного функционального состояния, или являются нормальным отражением активности системы автоматической регуляции давления при возбуждении различными внешними помехами, такими как дыхание.

В любом случае, все исследователи соглашаются, что снижение общей вариабельности сердечного ритма происходит параллельно ухудшению функционального состояния. Поэтому оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека на основе общей вариабельности сердечного ритма, проведенные в заранее определенных условиях, являются наиболее адекватными и помехозащищенными.

Например, разница показаний пульса на вдохе и выдохе носит специальное название «дыхательная аритмия сердца» (ДАС). Показатель ДАС по данным многих работ отражает функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

Показатель ДАС зависит от вариабельности ритма сердца. Но ВСП несет информацию о состоянии регулирующих систем как самого сердечного пейсмейкера, так и всего организма в целом. В связи с этим существует проблема воспроизводимости результатов исследования ВСП, а, следовательно, и адекватности контроля показателя ДАС.

В последних работах по этой тематике особенно подчеркивается необходимость отстройки от нестационарности процесса регулирования сердечным ритмом, и исследования только стационарных участков ритмограммы. Для повышения стационарности процесса существуют довольно жесткие условия исследования сердечного ритма – пациент обязательно должен быть в полном покое, должны быть исключены любые раздражающие воздействия, причем к раздражающим воздействиям на сердечный ритм относят не только свет, звук, и т.п., но и даже процесс сглатывания слюны. Все это приводит к тому, что исследователи для оценки функционального состояния человека применяют усредненные (интегральные) за время наблюдения (порядка единиц минут) единицы в качестве факторов: математическое ожидание (среднее всех величин), среднее квадратическое отклонение и т.п.

Одним из важных направлений повышения устойчивости оценок регулируемости сердечной деятельности является снижение степени нестационарности регулирования ритмом сердца, то есть получение устойчивых статистических оценок ВСП, путем целенаправленных внешних воздействий и изучением ответов на эти воздействия.

Реакция управляющей системы сердечного ритма на дыхательные движения частотой около 0,1 Гц является резонансной и настолько значимой, что действие остальных раздражающих факторов практически нивелируется. Эта реакция называется явлением функционального резонанса сердечно-сосудистой системы или резонансной кардиореспираторной синхронизацией. Статистические параметры кардиоинтервалограммы при кардиореспираторной синхронизации (амплитуда, основная частота и т.д.), которые отражают общий диапазон регулируемости сердечного ритма, намного более устойчивы, чем параметры кардиоинтервалограммы в полном покое. При таком дыхании в наибольшей степени стимулируется блуждающий нерв, обратные холинергические влияния которого приводят к изменению функционального состояния человека. На основе кардиореспираторной синхронизации с организацией визуальной биологической обратной связи запатентован ряд методик определения и коррекции функционального состояния человека при гипертонии, опийной зависимости, физическом истощении и т.д.

Таким образом, биологическая обратная связь, реализованная посредством кардиореспираторной синхронизации, позволяет значительно снизить нестационарность кардио процесса, и тем самым повысить объективность оп-

ределения показателей variability ритма сердца, которые являются важными показателями функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека.

УДК 621.391.23+510.6

**М.А. Пукалов, А.С. Сизов**

*ФГУП «Курский НИИ» МО РФ*

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ МОДУЛИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ НА СВОЙСТВА НЕСУЩЕГО ХАОТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ**

Применение в системах передачи информации служб общественной безопасности сигналов на основе динамического хаоса позволяет повысить их скрытность. Однако информационный сигнал, вводимый в динамическую систему, генерирующую хаотический сигнал, вносит изменения в статистические свойства генерируемого сигнала. Актуальной является задача оценки влияния информационного сигнала на свойства хаотического сигнала канального уровня.

Известно, что наилучшими маскирующими свойствами применительно к широкому классу сигналов обладает помеха с нормальным (гауссовым) распределением вероятностей мгновенных значений.

Характеристики хаотического сигнала будут близки по своим свойствам к свойствам шумовых сигналов. Введение в хаотическую систему возмущающих факторов (информационного сигнала) вызовет изменение числовых значений второго (коэффициент асимметрии) и третьего (коэффициент эксцесса) моментов одномерного закона распределения вероятностей.

В качестве информационного рассматривается цифровой двоичный сигнал, представляющий собой импульсную последовательность. Выбор такого сигнала связан с тем, что цифровая форма представления обеспечивает широкие возможности по передаче и обработке разнообразной информации (речь, видео, данные).

Для оценки влияния информационного сигнала формируется псевдослучайный битовый массив. В ходе эксперимента цифровой двоичный сигнал, представляющий собой физическую реализацию сформированного массива, вводится в управляющую цепь динамической системы, генерирующей хаотический сигнал. Для оценки влияния параметров информационного сигнала на несущее хаотическое колебание проводится серия экспериментов при различных значениях параметров информационного сигнала. Изменяемыми параметрами сигнала будут являться: уровень мощности сигнала (средняя мощность импульсной последовательности), полоса занимаемых частот, которая определяется длительностью элементарной посылки (бита) и соответ-

ственно скоростью передачи информации. Оценка влияния информационного сигнала на несущее хаотическое колебание проводится в следующей последовательности:

- 1) передается хаотический сигнал без воздействия на него информационного сигнала;
- 2) на приемной стороне осуществляется оцифровка сигнала;
- 3) для полученной последовательности отсчетов строится распределение вероятностей мгновенных значений сигнала;
- 4) вычисляются значения коэффициента эксцесса закона распределения вероятностей для данного массива отсчетов;
- 5) вычисляются значения коэффициента асимметрии закона распределения вероятностей для данного массива отсчетов;
- 6) в управляющую цепь динамической системы, генерирующей хаотическое колебание, вводится информационный сигнал;
- 7) проводятся действия по пунктам 2 – 5;
- 8) изменяется набор параметров информационного сигнала (полоса информационного сигнала изменяется в пределах от  $0,1F$  до  $1,5 F$  с дискретой изменения  $0,1F$ , где  $F$  – полоса частот исходного хаотического колебания; средняя мощность информационного сигнала изменяется от минус 50 дБ до 0 дБ по отношению к мощности исходного хаотического колебания, дискрета изменения мощности 5 дБ);
- 9) повторяются действия по пунктам 6-8.

Фиксируются значения параметров информационного сигнала, при которых модулированный хаотический сигнал сохраняет шумовые свойства. Критерием принятия решения о шумоподобности сигнала является нахождение вычисляемых моментов в заданных пределах, значения коэффициента эксцесса не превышает 0,1, а коэффициента асимметрии не превышает 0,3.

Проведенные расчеты показывают, что мощность хаотического сигнала для указанных условий должна быть не менее, чем на 35 дБ больше мощности информационного сигнала, а полоса информационного сигнала не должна превышать полосу хаотического сигнала.

УДК 621.391.23

**М.А. Пукалов, А.С. Сизов**

*ФГУП «Курский НИИ» МО РФ*

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ХАОТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ В ЗОНАЛЬНЫХ РАДИОСЕТЯХ С ОСОБЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ**

Информационное обеспечение работы служб общественной безопасности имеет огромное значение для эффективного решения ими функциональ-

ных задач. Для подразделений ряда ведомств, таких как МЧС, МВД часто приходится решать задачи в условиях, когда отсутствует заранее созданная информационная инфраструктура, то есть отсутствуют элементы систем сбора, накопления, передачи и анализа информации. В таких условиях подразделение при решении задач по основному предназначению должно иметь возможность создать собственную информационную сеть. Основным элементом подобной сети будет являться радиосеть передачи информации. К радиосетям служб общественной безопасности предъявляются особые требования:

- оперативность развертывания;
- высокая пропускная способность;
- возможность изменения конфигурации сети;
- защищенность циркулирующей в сети информации.

Одним из вариантов создания радиосети, удовлетворяющей данным требованиям, является использование в качестве носителя информации хаотических сигналов и соответствующих приемопередающих устройств.

В настоящее время известно несколько способов передачи информации на основе динамического хаоса:

- хаотическая маскировка;
- переключение хаотических режимов;
- нелинейное подмешивание;
- дуальное нелинейное преобразование;
- опережающее управление сечением Пуанкаре.

Особенностями организации радиосетей служб общественной безопасности, которые следует учитывать при выборе способа передачи информации, будут являться следующие:

- отсутствие преднамеренных помех;
- сложные условия распространения сигналов (многолучевость, замирания, и.т.п.);
- необходимость обеспечения работы нескольких радиосетей разных служб на одной территории;
- необходимость обеспечения высокой скорости передачи разнородной информации.

Каждый из способов передачи информации на основе динамического хаоса обладает своими достоинствами и недостатками, приведенными в таблице.

Название способа	Недостатки	Достоинства
хаотическая маскировка	- низкая конфиденциальность - низкая помехоустойчивость - низкая энергетическая эффективность	- высокая скорость передачи информации

Окончание табл.

Название способа	Недостатки	Достоинства
переключение хаотических режимов	- низкая конфиденциальность - ограничения по скорости передачи информации	- слабая зависимость от параметров приемной и передающей систем - достаточно высокая энергетическая эффективность
нелинейное подмешивание	- возможность появления кроме хаотических – периодических и квазипериодических состояний в фазовом пространстве	- высокая энергетическая эффективность; - высокая конфиденциальность системы
дуальное нелинейное преобразование	- необходимость обеспечения высокой степени идентичности параметров приемной и передающей систем	- высокая скорость передачи информации - возможность передачи цифровой и аналоговой информации
опережающее управление сечением Пуанкаре	- низкая помехоустойчивость - ограничения по скорости передачи информации	- простота реализации - слабая зависимость от параметров приемной и передающей систем

Таким образом, анализ таблицы показывает, что с учетом требований, предъявляемых к радиосетям рассматриваемого класса, особенностей их функционирования наиболее перспективным для применения в радиосетях служб общественной безопасности способом хаотической передачи информации является нелинейное подмешивание.

УДК 621(397)

**И.Н. Пустынский, Е.В. Зайцева**

in@tu.tusur.ru

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

### **ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ АППРОКСИМАЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ В КРУЖКЕ РАССЕЙАНИЯ БЕЗАБЕРРАЦИОННОГО ОБЪЕКТИВА**

Аналитическое выражение распределения яркости в кружке рассеяние безабберационного объектива в радиальном направлении имеет вид

$$h(x) = [2J_1(\pi x) / \pi x]^2, \quad (1)$$

где  $J_1(x)$  – функция Бесселя 1 – го порядка,  $x = r / r_0$ ,  $r_0 = \lambda f' / D = \lambda F$  (здесь  $F = D / f'$  – диафрагменное число объектива).

За разрешаемое расстояние принимается расстояние  $r$ , при котором максимум яркости излучения одной точки совпадает с первым минимумом в распределении яркости второй (соседней) точки. Это расстояние получается равным  $r_{01} \approx 1,22r_0 = 1,22\lambda F$ .

В работе была рассмотрена аппроксимация выражения (1) гауссоидой (пунктирная линия)

$$h_1(x) = \exp \left[ - \left( \frac{x}{0,61} \right)^2 \right], \quad (2)$$

условный радиус которой на уровне  $1/e$  составляет  $r_e = 0,61r_0 = 0,5r_{01}$ , т.е. такой же, как и для выражения (1).

Выражение для «колокольной» аппроксимации при равенстве условного радиуса  $x_e = r_e/r_0 = 0,61$  может быть представлена в виде

$$h_2(x) = \frac{1}{1 + (bx)^2}, \quad (3)$$

где  $b=2,154$ .

Для аппроксимации выражения (1) в пределах  $x = -1,2 \div +1,22$  может использовать и «косинус-квадратную» функцию

$$h_3(x) = \cos^2 \left( \frac{\pi}{2a} x \right), \quad (4)$$

где при выполнении условия  $x_e = r_e/r_0 = 0,61$  коэффициент  $a=1,042$ .

На рисунке приведены зависимости погрешностей аппроксимаций (2), (3) и (4) выражения (1):  $\Delta h_1(x) = h(x) - h_1(x)$ ,  $\Delta h_2(x) = h(x) - h_2(x)$  и  $\Delta h_3(x) = h(x) - h_3(x)$ .

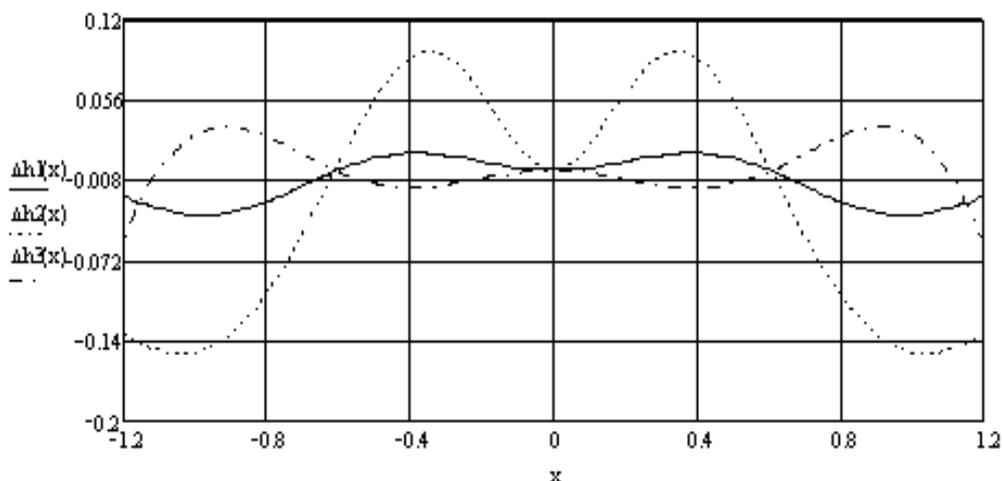


Рис. Зависимости погрешностей аппроксимации

Расчёты показывают, что максимальная погрешность получается при «колокольной» (она достигает  $-0,146$ ), а минимальная – при аппроксимации «гауссоидой» (она составляет не более  $-0,035$ ).

Следует отметить, что при суммировании изображений двух точек, расположенных друг от друга на разрешаемом расстоянии  $r_{01} \approx 1,22r_0$  при различных аппроксимациях получаются различные контрасты изображений точек. При использовании выражения (1) контраст составляет  $0,152$ , при «гауссовской» аппроксимации –  $0,161$ , при «колокольной» –  $0,21$ , а при «косинус-квадратной» –  $0,26$ , что следует учитывать при проектировании соответствующих устройств и систем.

---

1. Рыфтин, Я.А. Телевизионная система [Текст] / Я.А. Рыфтин. М: Сов. радио, 1967. 271 с.

2. Пустынский, И.Н. К оценке чувствительности и разрешающей способности телевизионных датчиков [Текст] / И.Н. Пустынский, Ю.Р. Кирпиченко // Известия вузов. Приборостроение. 2005. № 11. С. 5–9.

УДК 004.896

**С.Х. Табаси, В.П. Решетникова**

anikina\_veronika@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **БИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

В настоящее время все более широкое распространение получают биометрические системы идентификации человека на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). Преимущество таких систем заключается в том, что не требуется знание пароля или идентифицирующего предмета, который можно забыть или потерять, а также в высокой помехоустойчивости и качестве распознавания. Одно из перспективных направлений в биометрической индустрии – идентификация человека по чертам лица, для которого не требуется обязательного физического контакта человека с устройствами – одно из главных отличий направления.

Предлагается устройство для идентификации человека, содержащее блок ввода видеoinформации, работающий с аналоговым и цифровым сигналами, аналого-цифровой преобразователь, блок выделения кадрового и

строчного синхроимпульсов, контроллер ввода, статическую память для хранения и загрузки данных, блок формирования признаков, блок анализа признаков.

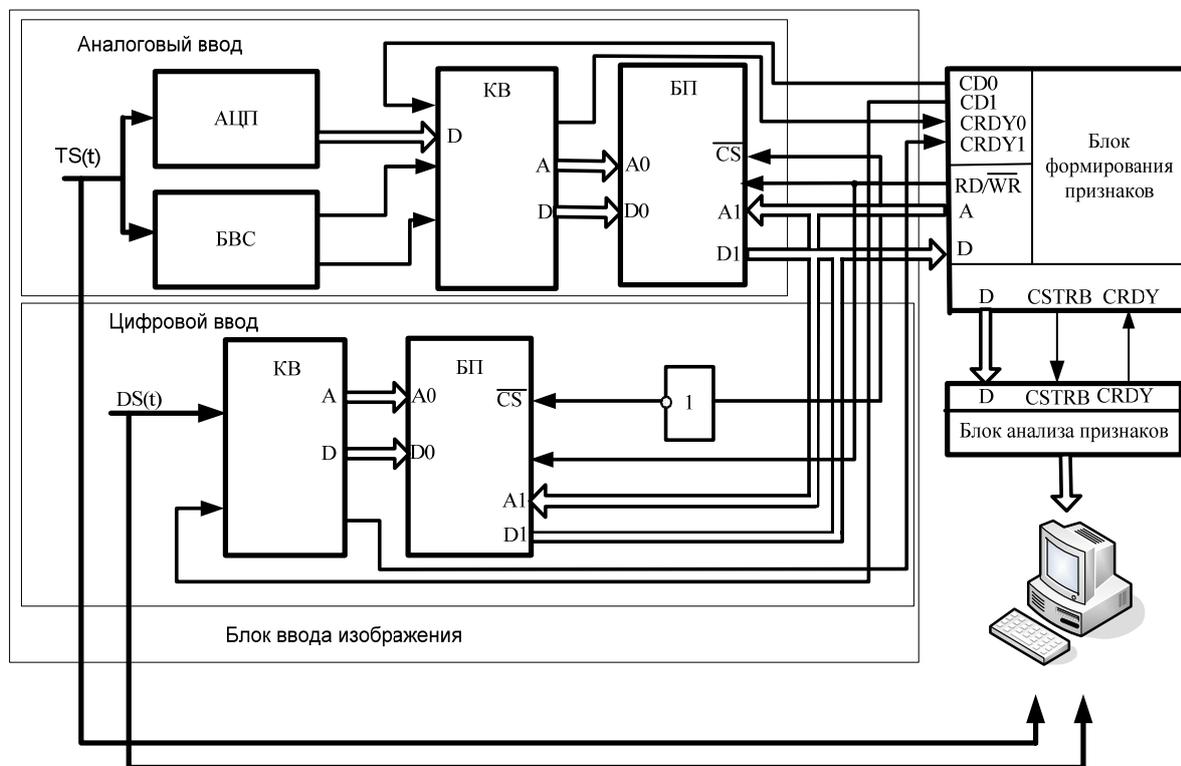


Рис. Структурная схема устройства для идентификации человека

Устройство работает следующим образом. Видеосигнал с блока ввода видеоинформации поступает на вход АЦП и на вход блока выделения кадрового и строчного синхроимпульса. После оцифровки видеосигнала формируется импульс начала полукадра, по которому блок формирования признаков переходит в состояние ожидания. Контроллер ввода производит перестановку строк, то есть производится запись данных в области нечетного или четного полукадра статической памяти. При получении сигнала подтверждения записи данных в статическую память от контроллера ввода, начинает последовательное считывание строк из памяти. Далее блок формирования признаков производит поиск информативных областей и точек интереса на изображении, с последующим построением графа зависимостей между точками интереса. Полученные данные передаются в блок анализа признаков для последующего распознавания, с использованием нейросетей. Для отображения начальной информации, а также полученных результатов с блоков формирования и анализа признаков используется персональная ЭВМ.

Предлагаемая структура устройства позволяет увеличить скорость и качество распознавания изображений за счет использования блока формирования признаков и блока анализа на базе специализированных процессоров.

УДК 681.3

**И.Н. Русин**

medpribor@sibmail.com

*Томский государственный университет*

## **КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

Распознавание образов одна из основных задач, с которыми человек сталкивается постоянно. Основываясь на своем опыте и функциональных возможностях мозга, распознавание того или иного образа занимает у нас доли секунд.

Но с постоянным ростом числа объектов, требующих идентификации в процессе человеческой деятельности, актуальным становится вопрос создания искусственных систем распознавания образов.

Импульс для развития систем распознавания образов был дан с созданием такой науки, как кибернетика. Использование математических методов позволило создать алгоритмы, обеспечивающие отнесение нового объекта к одному из заданных классов. Накопление максимально возможного количества различных образов и улучшение алгоритмов их распознавания позволяет создавать автоматические системы, способные существенно разгрузить человека, оставив за ним лишь окончательное решение.

К задачам распознавания относятся задачи технической и медицинской диагностики, геологического прогнозирования, прогнозирования свойств химических соединений, распознавания свойств динамических и статических объектов в сложной фоновой обстановке и при наличии активных и пассивных помех, прогнозирования урожая, обнаружения лесных пожаров, управления производственными процессами и многое другое.

В настоящее время мировой рынок систем распознавания образов оценивается примерно в 5 миллиардов долларов США и постоянно растет. Основными потребителями являются различные службы контроля, службы безопасности, правоохранительные и антитеррористические службы.

Основной задачей менеджмента предприятия является в данном случае правильное определение потенциальных потребителей и вывод новой продукции на их рынок. Для этого на предприятии составляется маркетинговый план – это документ, регламентирующий основные направления маркетинговой работы фирмы в планируемом периоде, представляющий собой совокупность целей, стратегий маркетинговой деятельности, а также мероприятий по их реализации на определенный интервал времени (чаще всего комбинируют общий среднесрочный план и уточняющие краткосрочные).

Способы продвижения продукции зависят от ее назначения – системы распознавания зрения могут быть ориентированны на негосударственных покупателей – службы безопасности предприятий, медицинские учреждения, промышленные предприятия и так далее, а могут быть предназначены для использования в системе какого-либо государственного органа – всевозможные специальные службы: ГИБДД, милиция, ФСБ.

Основным отличием является тот факт, что для реализации своей продукции государственным структурам придется пройти достаточно сложную процедуру государственного контракта, где принципы конкуренции работают не в полной мере.

Для узконаправленной продукции, которой являются системы распознавания образов, источником спроса которой являются специализированные учреждения, эффективными будут следующие способы продвижения:

1. Реклама в специализированных изданиях.
2. Участие в выставках и конкурсах.
3. Персонализированная реклама (адресные рассылки рекламных материалов, коммерческих предложений, оферт).

Рассмотрим их более подробно.

Реклама в специализированных журналах и газетах позволяет предприятию выйти непосредственно на заинтересованных в предлагаемой продукции специалистов. Обычно в данном случае рекламный модуль совмещается с публикацией научной статьи, которая публикуется бесплатно, на общих основаниях. Следует заметить, что многие издания предоставляют существенные (до 50%) скидки на рекламу отечественным предприятиям-производителям.

Специализация применима и для участия в выставках и конкурсах – тематическая выставка позволяет показать свой продукт профильным специалистам, являющимся потенциальными покупателями. Кроме того, выставки предоставляют хорошую возможность тщательнее ознакомиться с продукцией своих конкурентов, сравнить ее со своей продукцией, выявляя её сильные и слабые стороны.

Персонализированная реклама позволяет сфокусировать внимание уже не на группе потребителей, как предыдущие способы, а на отдельных персоналиях – обычно на директорах интересующих предприятий, руководителях служб.

Таким образом, после проведения полноценной рекламной кампании фирма выходит на некоторый уровень известности на рынке, что позволяет ей увеличить объем продаж и стабилизировать свое финансовое положение.

УДК 681.3:669.018.2

***Т.А. Рыбинская, Р.Г. Шаповалов***

mkk@egf.tsure.ru

*Технологический институт Южного федерального  
университета в г. Таганроге*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ 261001 «ТЕХНОЛОГИЯ  
ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»**

Весь учебный план специальности 261001 «Технология художественной обработки материалов» разделяется на несколько блоков дисциплин: гу-

манитарные и социально-экономические дисциплины, естественно-научные дисциплины, специальные дисциплины, художественные дисциплины, практики (учебно-ознакомительная, технологическая, художественная, производственная, преддипломная). Рассмотрим использование вычислительной техники на каждом из курсов обучения.

На первом курсе изучаются сразу три дисциплины, изучение которых без компьютерной техники невозможно в принципе: «Информатика», «Прикладная информатика» и «Компьютерная графика». В процессе изучения курса «Информатика» студенты изучают пакет программ Microsoft Office 2007, что мотивируется требованиями образовательной программы унифицированных учебных планов. Курс «Прикладная информатика» ориентирован на изучение пакета программ работы с векторной графикой CorelDRAW Graphics Suite 12. В рамках дисциплины «Компьютерная графика» студенты изучают редактор растровых изображений Adobe Photoshop CS3. По окончании изучения этих курсов студенты могут выполнять самые разнообразные графические работы, например, создавать визитные карточки, этикетки, корректировать растровые рисунки, а также производить компьютерный фотомонтаж.

По окончании первого курса студенты в рамках программы учебно-ознакомительной практики получают навыки работы в программе трехмерного моделирования Autodesk 3ds MAX 9.0.

На втором году обучения студенты изучают курс «Компьютерное моделирование художественных изделий». Целью изучения этого курса является практическое ознакомление студентов с видами трехмерного моделирования и основами математического построения поверхностей вращения и многогранных поверхностей, а также современными программами твердотельного моделирования, такими как Solidworks 2007, КОМПАС-3D LT V7 применительно к будущей квалификации «Инженер-технолог». Необходимость в изучении таких пакетов вызвана тем, что в практической деятельности современного инженера-технолога компьютер является необходимым инструментом, существенно упрощающим и ускоряющим подготовку конструкторской документации, с помощью которой художественные изделия запускаются в производство.

В программу третьего курса входят дисциплины блока художественных дисциплин «Композиция», «Живопись и цветоведение». Практические работы и отдельные этапы курсового проектирования по упомянутым курсам могут выполняться, эффективно используя изученные на первом году обучения программные комплексы CorelDRAW Graphics Suite 12 и Adobe Photoshop CS3, а также Adobe Pagemaker 7.0, ULead PhotoImpact и др.

Четвертый курс содержит преимущественно художественные и специальные дисциплины. Такой предмет, как «Дизайн», подразумевает помимо изучения общих законов дизайнерского искусства, освоение современного

направления – компьютерного дизайна. Изучение компьютерного дизайна подразумевает помимо теоретических знаний практическое применение полученных на младших курсах навыков: понятие о шрифтах и принятых в полиграфии единицах измерения («Информатика»); свойства векторных объектов и возможные преобразования, применимые к ним («Прикладная информатика»); свойства растровых изображений и цветовые модели («Компьютерная графика»); законы построения изображений («Композиция»); законы цветового восприятия («Живопись и цветоведение»).

Девятый семестр включает в себя дисциплину «Компьютеризация технологий художественной обработки материалов», которая является обобщающей в курсе дисциплин, ориентированных на использование вычислительной техники. В данной дисциплине студенты изучают способы автоматизации и компьютеризации процесса художественного конструирования, а именно создания конструкторской документации и моделирования процессов механической обработки изделия.

Десятый семестр предназначен для завершающей стадии подготовки инженера-технолога – дипломного проектирования, состоящего из преддипломной практики, написания пояснительной записки к дипломной работе и ее защиты. Студенты используют вычислительную технику для проведения расчетов, выполнения необходимых построений, создания конструкторской документации, оформления графического материала и текстовой части пояснительной записки.

Таким образом, примерно 25% учебного времени посвящено ознакомлению студентов с современным программным обеспечением и практическому применению вычислительной техники в решении задач художественного проектирования, что позволяет преподавателям готовить высококвалифицированных специалистов, готовых адаптироваться к условиям современного производства и рыночной конкуренции.

УДК 681.3

***А.Ф. Рыбочкин, А.А. Романов***

Anat\_ryboch@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

**КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ  
ПРИ АНАЛИЗЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ**

Исследование состояний пчелиных семей по их акустическому шуму включает регистрацию звукового сигнала, усиление, выделение наиболее информативных частотных полос с применением узкополосных частотных

фильтров  $N = 4$ , детектирование выходных сигналов и анализ блоков компараторов, которые сравнивают попарно по числу возможных сочетаний. На выходах блока компараторов формируются коды  $a_1, a_2, a_{24}$ , приведённые на рис., с использованием которых проводят анализ акустических процессов пчелиных семей.  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  – конечный алфавит. Источник  $S$  (акустический шум пчелиных семей) порождает случайные последовательности кодов алфавита  $A$ .

1 111111	7 011110	13 101001	19 110000
2 111011	8 011111	14 101011	20 110100
3 111001	9 001111	15 001011	21 010100
4 111000	10 000111	16 000011	22 000100
5 111100	11 000110	17 000001	23 000000
6 111110	12 010110	18 100001	24 100000

Рис. Коды алфавита  $A$

Исследуем наблюдаемую случайную последовательность полученных кодов, приведённую в таблице. Такой источник можно считать разбиением  $S = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$ , где событие  $A_i$  состоит в появлении кода  $a_i$ . Здесь  $A_1, A_2, \dots, A_k$  – последовательности экспериментов, генерирующие коды.

Пусть  $x \in A^n$  – некоторое слово из  $n$  кодов алфавита  $A$ ;  $r_i(x)$  – количество вхождений кода  $a_i$  в слово  $x$ . Тогда  $r_i(x)/n$  – частота вхождений кода  $a_i$  в слово  $x$ . Определим эмпирическую энтропию  $F(x)$  слова  $x$  равенством

$$F(x) = -\sum_{i=1}^k \frac{r_i(x)}{n} \log \frac{r_i(x)}{n}. \quad (1)$$

Пусть  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  – конечный алфавит;  $S$  – источник, порождающий коды алфавита  $A$  с вероятностями  $p(a_i)$ . Тогда

$$\left| \sum_{x \in A^n} p(x) F(x) - H(S) \right| \leq \frac{k-1}{n \ln 2}, \quad (2)$$

где  $p(x)$  – вероятности вхождения кода в слово  $x$ ;  $F(x)$  – эмпирическая энтропия;  $n$  – количество всех кодов слова  $x$ ,

Двоичные коды при исследовании акустического шума пчелиной семьи

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0

$k$  – количество наблюдаемых неодинаковых кодов в словах  $x$  алфавита  $A$  сообщений  $S = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$ ,

$$H(S) = - \sum_{i=1}^k \frac{r_i(xK)}{n \cdot K} \log \frac{r_i(xK)}{n \cdot K}; \quad H(S) = - \sum_{i=1}^k a_i \log a_i. \quad (3)$$

Была вычислена энтропия четырёх слов, взятых из первых четырёх экспериментов (табл.), которая составила  $H(S) = 3,67$  бит.

Установлено, что все четыре экспериментальных слова соответствуют условию формулы (2), т.е. 60 кодов достаточно, чтобы однозначно сделать вывод о диагностируемом состоянии пчелиной семьи.

Определим, какая необходима минимальная длительность слова  $x$ , организованная из кодов таблицы.

В ходе проведения экспериментальных работ нам точно известны частоты вхождения кодов  $x \in A$  в слово  $x \in A^n$ . Оценим количество информации этого слова, если известен его частотный состав. Пусть  $T(x) = \{y \in A^n : r_i(y) = r_i(x) \text{ для всего } i = 1, \dots, k\}$  множества слов, имеющих тот же частотный состав, что и слово  $x$ . Тогда, чтобы однозначно указать слово  $y \in T$ , нужно не менее  $\log|T|$  кодов. Оценим величину  $\log|T|$ .

Известно, что число сочетаний из  $n$  элементов по  $r_1(x), r_2(x), \dots, r_k(x)$  элементов  $k$  различных видов равняется

$$|T(x)| = \frac{n!}{r_1(x)! r_2(x)! \dots r_k(x)!} \quad (4)$$

если  $r_i = 0$ , то в знаменателе  $0! = 1 = 1!$ ).

Чтобы указать слово  $x \in A^n$  известного частотного состава, необходимо затратить не менее  $nF(x)$  битов. Коды первого эксперимента  $n=60$  были разбиты на шесть слов длиной в 10 кодов. Подставив в формулу (3) из первого слова первого эксперимента частотный состав вхождения  $k$  кодов, а затем, определив  $\log|T|$ , получим, что минимальное количество кодов для диагностирования пчелиной семьи должно быть не менее 16.

УДК 681.3

**А.Ф. Рыбочкин, С.В. Савельев**

ra3wvd@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВОИЧНОГО КОДИРОВАНИЯ**

Для анализа акустических шумов с использованием двоичного кодирования предложен исследовательский комплекс. В его состав входит микро-

фон, блок фильтров, блок детекторов, блок компараторов, устройство ввода кодов через шину ISA в ЭВМ и ЭВМ.

В ходе исследований установлено, что наиболее информативный частотный диапазон акустического шума пчелиных семей составляет 100-600 Гц. Были выделены четыре наиболее информативные частотные полосы, которые выделяются четырьмя полосовыми фильтрами на частотах  $230 \pm 15$  Гц,  $290 \pm 15$  Гц,  $360 \pm 15$  Гц,  $410 \pm 15$  Гц. Выделенные фильтрами сигналы детектируются и анализируются блоком компараторов путём сравнения по числу возможных сочетаний. На выходах блока компараторов формируются коды, которые через устройство ввода кодов поступают на материнскую плату ПЭВМ.

#### ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС

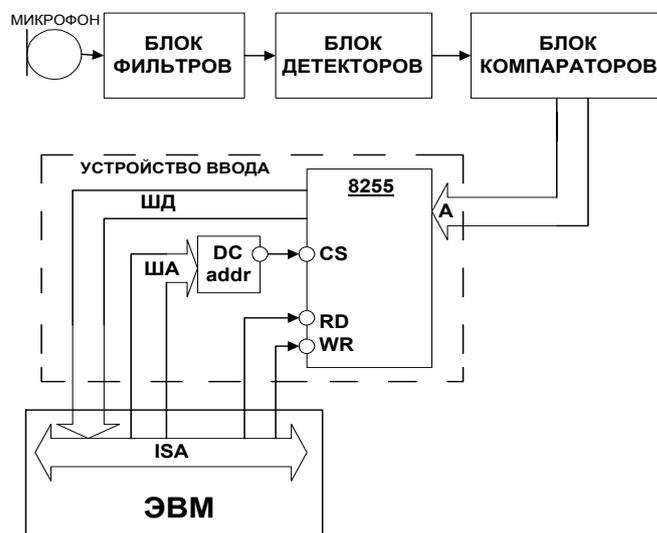


Рис. 1. Исследовательский комплекс для анализа акустического шума

Устройство ввода кодов предназначено для передачи 6-разрядных кодов через шину ISA в ЭВМ для дальнейшей математической обработки. ПЭВ представляет собой персональный компьютер, построенный на базе процессора Intel Pentium II.

Устройство ввода выполнено на основе микросхемы КР580ВВ55А (аналог 8255), которая представляет собой программируемый параллельный интерфейс, обеспечивает передачу параллельных кодов, снимаемых с блока компараторов на информационную шину материнской платы ПЭВМ. Коды считываются синхронно с частотой, заданной программой.

Так как коды на выходах блока компараторов формируются асинхронно, то в момент опроса выходов блока компараторов могут считываться коды, не соответствующие кодам, приведённым на рис. 2. Время анализа акустического сигнала задаётся программой. Программа регистрирует количество каждого из 24-х выпавших кодов, их частоту появления, вычисляет асимметрию, эксцесс, вероятности появления каждого из кодов, энтропию.

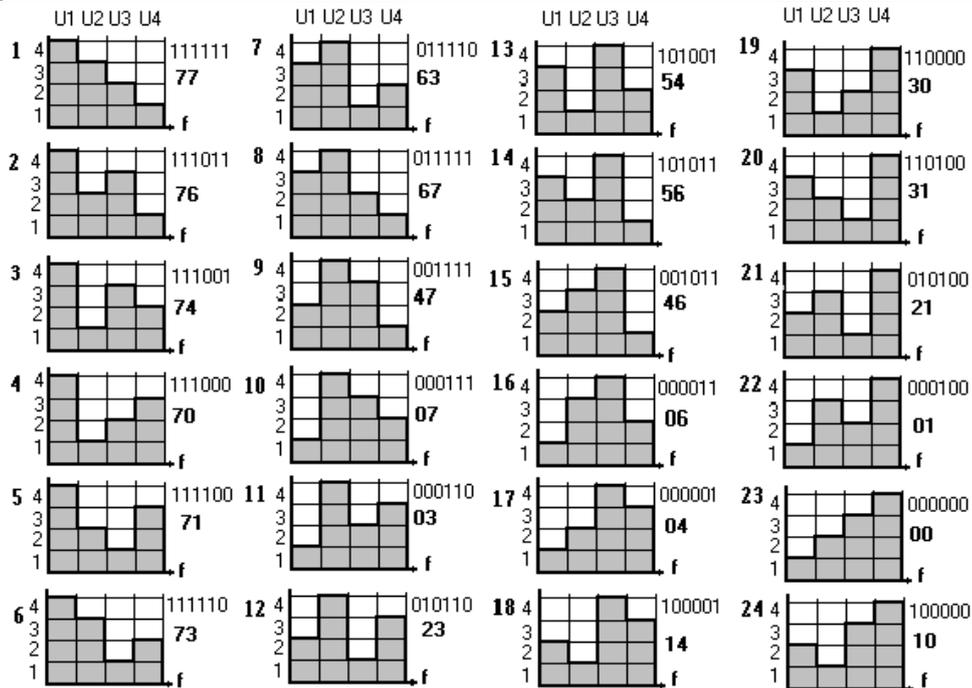


Рис. 2. Считываемые коды с блока компараторов отражают образы спектров анализируемого акустического сигнала

Таким образом, предложен исследовательский комплекс для анализа акустических шумов, который позволяет получать кодовые сообщения, характеризующие различные состояния пчелиных семей с использованием двоичного кодирования. Кодовые сообщения представляют собой образы спектров, отражающих большое количество спектров. Данный метод позволяет отфильтровывать помехи и получать информацию от интенсивных и спектральных составляющих, схема АРУ не требуется. С применением такого кодирования существенно упрощается анализ акустического шума, требуется меньше памяти ПЭВМ.

УДК 621.182.3

**С.С. Рыжиков**

SSR83@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ПОТОКА В РАСХОДОМЕРАХ ЖИДКОСТИ И ГАЗА**

Существуют два различных вида движения жидкости (газа): ламинарное движение, при котором отдельные слои среды скользят относительно друг друга, не смешиваясь между собой, и турбулентное движение, когда частицы

жидкой или газообразной среды движутся по сложным, все время изменяющимся траекториям и в среде происходит интенсивное перемешивание.

При ламинарном движении распределение скоростей по сечению имеет параболический характер: непосредственно у стенок скорости равны 0, а при удалении от них непрерывно и плавно возрастают, достигая максимума на оси трубы. При этом средняя по сечению скорость потока равна половине максимальной.

При турбулентном движении закон распределения скоростей сложнее: в большей части поперечного сечения скорости лишь незначительно меньше максимального значения, но зато вблизи стенок величина скорости резко падает в пределах очень тонкого слоя, так называемого вязкого или пристенного подслоя. При этом соотношение между средней по сечению и максимальной скоростями может быть различным в зависимости от величины расхода.

В трубопроводах систем отопления, водоснабжения, вентиляции, газоснабжения движение, как правило, является турбулентным, так как движущаяся среда (вода, воздух пар, газ) имеет малую вязкость и большое количество местных сопротивлений потоку.

На сегодняшний день одной из наиболее перспективных и динамически развивающихся технологий измерения потока газа в трубе является использование акустических расходомеров. Акустические расходомеры основаны на измерении того или иного эффекта, возникающего при проходе акустических колебаний через поток жидкости или газа, и зависящего от расхода,

Во всех акустических расходомерах излучающий и приёмный преобразователи располагаются на одной оси, совпадающей с осями главного лепестка диаграмм направленности излучающего и принимающего пьезоэлектрических преобразователей. А поскольку поперечные размеры пьезопластин много меньше поперечных размеров сечения измеряемого потока, то интегрирование (усреднение) скорости потока происходит только вдоль линии, соединяющей излучатель и приёмник ультразвука. Реальные же потоки жидкости и газа в трубопроводах характеризуются значительной дисперсией скорости по сечению трубопровода даже при ламинарных потоках. Поэтому измеренная скорость потока может существенно отличаться от усреднённой по сечению трубопровода скорости потока, а значит и вычисленный мгновенный расход может характеризоваться существенными погрешностями.

Для уменьшения этих погрешностей предпринимают целый ряд мер. Во-первых, первичный преобразователь должен размещаться на прямолинейных участках трубопровода, вдали от любых устройств, могущих нарушать течение потока. Во-вторых, вместо одного ультразвукового луча применяют несколько, направляемых по различным траекториям и пересекающих сечение трубопровода по нескольким различным хордам с последующим усреднением измеренных скоростей потока. Это, безусловно, приводит к значительному усложнению и удорожанию и самого первичного преобра-

зователя, и вторичной аппаратуры, но кардинально проблему не решает. Хороших результатов удается достигнуть в узком диапазоне скоростей, так как при увеличении или уменьшении скорости потока происходит изменение распределения локальных продольных скоростей потока по его сечению.

Из сложившегося положения выходят путем градуировки расходомеров на проливных установках и введения поправочных коэффициентов, варьируемых в зависимости от текущего расхода. Таким способом удается получить точность порядка 0,2%, но на реальных объектах эта цифра может измениться, так как на установках используются предварительно успокоенные потоки.

Более перспективным путем решения проблемы определения средней скорости потока является использование широких лучей, заполняющих все сечение трубы, что в принципе позволит измерять именно среднюю по сечению скорость. Это можно осуществить, резко снизив частоту измерительного акустического сигнала (до звукового диапазона).

УДК 621.397.01

**А.Е. Рычажников**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова /Ленина/*

## **МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ВИДЕОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ КМОП ТЕХНОЛОГИИ**

В результате интенсивного внедрения современных цифровых видеокамер, фотоаппаратов, сотовых телефонов и других бытовых и промышленных устройств, оснащенных КМОП сенсорами высокого разрешения, все большее количество пользователей, помимо наблюдения традиционного смаза, характерного для всех твердотельных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), сталкиваются с эффектом геометрических искажений изображений движущихся объектов.

Основная причина этого эффекта заключается в особенностях работы электронного затвора современного ФЭП на базе КМОП технологии. Самым распространенным типом КМОП ФЭП является КМОП с трехтранзисторной структурой, так называемого, активного пикселя. Накопление строк в таком датчике происходит не синхронно, а со смещением во времени, обусловленным отсутствием в современных КМОП датчиках изображения области памяти на кадр и построчным считыванием накопленных зарядовых пакетов из элементов фоточувствительного массива. Такой режим работы электронного затвора получил название бегущий затвор.

Движущиеся объекты получаются искаженными, т.к. за время, пока начало экспозиции дойдет от первой строки до последней, объект съемки успеет сдвинуться. Поэтому вертикальные линии движущихся объектов получаются наклонными. Особенно это проявляется при работе с короткими выдержками, поэтому бегущий затвор является серьезным недостатком для цифровой фотографии.

Вид геометрических искажений зависит от взаимной ориентации в пространстве направлений движений наблюдаемого объекта и направления горизонтальной и вертикальной развертки КМОП датчика, а их величина – от скорости движения объекта, а также формата и тактовой частоты цифровой камеры.

При переходе современных видеосистем от датчиков телевизионного разрешения к мегапиксельным ФЭП, значительно упала кадровая скорость съемки. Исключения составляют сложные стационарные видеосистемы, предназначенные для лабораторных целей. В результате современные видеосистемы наблюдения, выиграв в разрешающей способности, и тем самым значительно улучшив свои статические характеристики, уступают своим предшественникам по качеству передачи динамических сюжетов.

Измерительные видеосистемы, построенные на базе ПЗС телевизионного разрешения, используют традиционные методы подсчета пройденного наблюдаемым объектом расстояния. В их основе лежит подсчет корреляции между несколькими последовательными кадрами и определение разницы местоположения объекта в соседних кадрах. При попытке использования таких методов в системе с большей разрешающей способностью, в силу значительной временной задержки между моментами отсчета (соседними кадрами), будет наблюдаться значительная погрешность.

Эффект динамических искажений, характерный для КМОП датчиков, может быть использован для измерения параметров движения наблюдаемых объектов за время одного кадра. При этом можно выделить две группы методов, которые анализируют параметры движения объекта. Во-первых, это апостериорный анализ изображения программными средствами, с учетом математических моделей искажений динамических сюжетов. Во-вторых, построение таких измерительных видеосистем, использующих КМОП ФЭП высокого разрешения, которые учитывали бы в процессе формирования изображения, особенности передачи динамических сюжетов и позволяли бы, тем самым, проще и точнее анализировать изображение.

В докладе рассмотрены особенности использования первой группы методов, а также предложены к рассмотрению два метода, относящихся ко второй группе. Первый из них связан с усложнением оптической системы камеры, а второй – с непосредственным управлением алгоритмом работы самого ФЭП. Рассмотрены и проанализированы математические модели применения каждого метода, а также условия их применения и ограничения, присущие каждому из них.

УДК 519.92

***И.М. Гостев, С.Е. Рябинин***

*Московский институт электроники и математики*

## **О РАСПОЗНАВАНИИ ТЕКСТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ**

Основным элементом любой задачи распознавания изображений является ответ на вопрос: относятся ли данные изображения к классу изображений, который представляет данный эталон? Казалось бы, ответ можно получить, сравнивая непосредственно изображение с эталонами (или их признаки). Однако существуют области, в которых невозможно использовать большинство известных методов и необходимо разрабатывать новые. Одним из таких направлений является выявление дефектов текстуры поверхности. В этом случае фрагменты поверхности с дефектами и без них практически неразличимы. Однако более внимательное изучение показывает, что изменение структуры регулярной поверхности должно приводить к некоторым изменениям в частотной и/или временной области сигнала.

Поскольку корреляционные и спектральные методы не дают ответа на этот вопрос, в качестве инструмента исследований были выбраны непрерывные вейвлеты на основе функций Добеши и Морли. Их использование позволяет изучить сигнал не только в частотной, но и во временной области. Так широко известно, что при помощи вейвлетов хорошо разделяются гармонические колебания и шумовая составляющая.

В тех случаях, когда текстура поверхности имеет регулярный повторяющийся характер, можно применять вейвлет-разложение для отделения текстурной информации, от шумовой части, обусловленной дефектами. При этом информация в виде определенного объемного изображения от двумерного вейвлет-преобразования от регулярной структуры будет одинакова на каждом анализируемом фрагменте, а искажения – только на дефектных.

Для отделения дефектной составляющей в таком способе анализа дефектов были использованы частотные и/или пространственные пороги. При этом было необходимо определить только отличия эталонного вейвлет преобразования от текущего, имеющего дефект.

Однако задача распознавания дефектов является весьма сложной с точки зрения разделения дефектов на классы и их диагностики. В докладе рассматриваются примеры дефектной и бездефектной поверхности, изображения, полученные после вейвлет-преобразования и механизм отсека бездефектной части.

УДК 621.397.13

**Ю.С. Сагдуллаев, Т.Ю. Сагдуллаев**

ООО «НИИР-РадиоНет», г. Москва

## **ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ**

Возникновение отрасли техники-ТВ автоматизи, обусловлено непрерывно возрастающей тенденцией автоматизации процесса контроля, измерения и управления различными процессами. В настоящее время наблюдается резкое возрастание удельного веса таких систем и устройств, в связи с обновлением элементной базы в телевидении, миниатюризации и возможностью широкого использования методов и высокопроизводительных средств вычислительной техники. Главной особенностью прикладных систем телевидения при решении задач дальнометрии, является возможность их отнесения к средствам пассивной локации по сравнению с известными активными системами локации, например, лазерными дальномерами и более энергоемкими, громоздкими радиолокационными системами. Неоспоримым достоинством ТВ-методов и устройств является их скрытность по сравнению с активными системами локации, мобильность, возможность проведения измерений без своего обнаружения на некооперируемых объектах, а также объектах, находящихся в движении, или в условиях, труднодоступных и опасных для человека.

В работе [1] показан принцип измерения дальности объектов на основе ТВ-изображений. Суть его сводится к следующему. Захват в пространстве по объекту наблюдения зависит от угла поля зрения ТВ-камеры и относительной дальности  $\rho$  до него, фокусного расстояния объектива ТВ-камеры  $F$  и других величин. Относительную дальность можно определить в соответствии с выражением

$$\rho = L \cdot F / x, \quad (1)$$

где  $L$  – линейный размер объекта в направлении строчной или кадровой развертки изображения,  $x$  – линейный размер оптической проекции изображения объекта на светочувствительной поверхности (фотомишени) ТВ-датчика.

Линейный размер  $x$  оптической проекции изображения объекта на светочувствительной поверхности (фотомишени) ТВ-датчика может быть представлен в виде

$$x = X \cdot \Delta t / \Delta t_p, \quad (2)$$

где  $X$  – общий рабочий размер светочувствительной поверхности (фотомишени) ТВ-датчика;  $\Delta t_p$  – временной интервал развертки электронного луча для рабочей поверхности фотомишени;  $\Delta t$  – временной интервал развертки для изображения объекта.

Измерение величины  $\Delta t$  (длительности полезного сигнала в изображении) может производиться различными методами, например, стробированием серией импульсов  $N$  с периодом следования  $T_0$ . При этом

$$\Delta t = N \cdot T_0, \quad (3)$$

С учетом (2) и (3) выражение (1) принимает вид

$$\rho = L \cdot F \cdot t_p / X \cdot N \cdot T_0. \quad (4)$$

Поскольку величины  $F, t_p, X, T_0$  априорно известны и в целом составляют некоторое постоянное число  $Q$ , в соответствии с выражением (4), измеряемое расстояние до объекта прямо пропорционально линейному размеру объекта  $L$  и обратно пропорционально числу стробирующих импульсов  $N$ . Формирование и преобразование временного интервала  $\Delta t$  в число импульсов  $N$  возможно как по кадру, так и в направлении строчной развертки (то есть, тогда принимается, что  $\Delta t = \Delta t_k$  или  $\Delta t = \Delta t_c$ ). Используя соотношение  $x/X = \Delta z/Z$ , где  $\Delta z$  – число строк (элементов), приходящихся на ТВ-изображение наблюдаемого объекта;  $Z$  – число активных строк в кадре ТВ-изображения, выражение (4) можно представить в виде

$$\rho = L \cdot F \cdot Z / X \cdot \Delta z. \quad (5)$$

Анализ выражения (5) показывает, что при заданном значении числа строк (элементов)  $Z$  для данной ТВ камеры, дальнейшее увеличение измеряемой дальности определяется возможностью применения в ТВ-камере объектива с большим фокусным расстоянием, при этом погрешность измерения дальности будет максимальна на участке расстояний, когда изображение занимает несколько строк (элементов). Положительное приращение ошибки в измерении  $\Delta z$  вносит меньшую погрешность в измерении расстояния до объекта. Согласно выражению (4) и (5) для определения дальности объектов, необходимо знать их линейные размеры. При априорной известности дальности объектов можно определить их линейные размеры в направлении строчной и кадровой развертки изображения. При неизвестных линейных размерах объектов использование данного способа для измерения дальности объектов по их ТВ изображениям становится невозможным.

Рассмотрим способ измерения дальности при неизвестных линейных размерах объектов [2], за счет перемещения (смещения) монокулярной ТВ-камеры к объекту в радиальном, продольном или произвольном направлении на некоторое априорно известное расстояние  $\Delta r$ . Данный способ определения расстояния (дальности) до объектов применим к широкому классу светоинформационных систем (оптических, фотографических, телевизионных и др.). Использование последовательного монокулярного технического зрения в ряде случаев предпочтительней одновременного бинокулярного, поскольку изменение базиса съемки изображений объектов во втором случае

может быть более затруднительным или невозможным. Способ основан на последовательном формировании двух ТВ-изображений, с помощью ТВ-камеры, имеющей постоянное фокусное расстояние объектива  $F$ , с разных точек наблюдения, разнесенных между собой на априорно известное расстояние  $\Delta\rho$ . Рассмотрим, для примера, случай, когда ТВ-камера перемещается в радиальном направлении к объекту (приближается к нему по оптической оси) из точки  $A_1$  в точку  $A_2$  на известное расстояние  $\Delta\rho$ . Тогда для первой и второй точки формирования ТВ-сигналов изображения объекта расстояние составит величину

$$\rho_1 = L \cdot F / x_1 \text{ и } \rho_2 = L \cdot F / x_2, \quad (6)$$

где  $x_1$  и  $x_2$  – размеры оптических проекций объекта на светочувствительной поверхности (фотомишени) ТВ-датчика при наблюдении объекта из точек  $A_1$  и  $A_2$  соответственно. Принимая, для случая приближения ТВ-камеры к объекту, что величина  $\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2$ , тогда из выражения (6) находится значение

$$\Delta\rho = L \cdot F \cdot (x_2 - x_1) / x_1 \cdot x_2. \quad (7)$$

Поскольку величина  $\Delta\rho$  априорно известна, из этого выражения определяется искомый размер объекта в виде

$$L = (\Delta\rho \cdot x_1 \cdot x_2) / F(x_2 - x_1). \quad (8)$$

Подставляя значение (8) в выражение (6) определяется дальность

$$\rho_1 = (\Delta\rho \cdot x_2) / (x_2 - x_1) \text{ или } \rho_2 = (\Delta\rho \cdot x_1) / (x_2 - x_1). \quad (9)$$

Учитывая ранее приведенные соотношения (2) и (3), в выражениях (8) и (9), значения  $x_1$  и  $x_2$  представляются через соответствующее число стробирующих импульсов  $N_1$  и  $N_2$ , с периодом следования  $T_0$ . Данный способ обеспечивает измерение дальности при неизвестных линейных размерах объектов, за счет последовательного формирования сигналов изображений и их последующей совместной обработки. Он также позволяет определять линейные размеры объектов при неизвестном расстоянии до них.

---

1. Сагдуллаев, Ю.С. Определение дальности объектов по их телевизионному изображению [Текст] / Ю.С. Сагдуллаев, Н.Ю. Шелепов, Р.З. Гизатулин // Радиотехнические и оптические системы связи: сб. науч. тр. учеб. интов связи ЛЭИС. Л., 1988. С. 121-125

2. Сагдуллаев, Ю.С. Основы телевизионного контроля процесса сближения космических аппаратов / Ю.С. Сагдуллаев, Д.А. Абдуллаев, А.И. Смирнов. Ташкент, 1997. 127 с.

УДК 621.397.6

**Ю.С. Сагдуллаев, Т.Ю. Сагдуллаев**

ООО «НИИР-РадиоНет», г. Москва

## **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ**

Преобразование аналогового телевизионного (ТВ) сигнала в цифровую форму осуществляется с помощью аналогово-цифрового преобразования, включающего известные операции обработки сигналов – дискретизации сигнала во времени, квантования по уровню и кодированию в  $n$  – разрядном двоичном коде, который может представляться в параллельном или последовательном виде.

Как известно, скорость передачи ТВ-сигнала в цифровой форме равна произведению частоты дискретизации  $f_d$  и числа двоичных символов в одном дискретном отсчете:

$$C = f_d \cdot k,$$

где  $k$  – число двоичных символов в кодовой комбинации одного отсчета, принимаемого равным 8, для передачи максимально возможного числа градаций яркости реально различаемых наблюдателем в изображении. Необходимо отметить, что в данной формуле значение  $k$  должно быть целым числом, которое обычно равно восьми. Это объясняется тем, что первоначально формируют сигнал с заведомо большим числом градаций яркости  $m = 2^k = 256$ , относительно числа градаций яркости, которые может различать наблюдатель в оптическом изображении ( $m \leq 200$ ). В случае вещательного телевидения для передачи яркостного сигнала (без сжатия) при  $f_d = 13,5$  МГц и  $k = 8$  и требуемая скорость передачи данных составит величину  $C = 108$  Мбит/с.

Решение тех или иных задач одновременной передачи сигналов телевидения или иных цифровых сигналов, число которых может быть равным  $2 \leq N \leq D$ , приведет к необходимости увеличения пропускной способности каналов связи. Дальнейшее увеличение числа совместно передаваемых  $N$  цифровых сигналов в заданной полосе частот может быть осуществлено путем уменьшения частоты дискретизации сигнала  $f_d$ .

Принцип кодирования и декодирования видеосигналов со сдвигом импульсов дискретизации во времени предусматривает понижение частоты дискретизации в  $M$ -раз путем параллельного аналого-цифрового преобразования результирующего многоуровневого сигнала. На рис.1 показано одно звено такого преобразования.

Пусть на входе системы передачи видеoinформации имеется три входных сигнала  $U_1(t)$ ,  $U_2(t)$ ,  $U_3(t)$ , причем каждый из них не прошел или прошел этап сжатия видеoinформации (по MPEG-4 или др.). Рассмотрим второй слу-

чай, где скорость передачи цифровых сигналов после операции сжатия составила, например, величину 12 Мбит/с. После первого цифро-аналогового преобразования сигналов будет сформирован результирующий многоуровневый сигнал  $U_{R1}$  с полосой частот 6 МГц. Преобразование такого сигнала в цифровую форму потребует использования импульсов с частотой дискретизации не менее, чем  $f_d = 12$  МГц. Но поскольку предлагается использовать параллельное преобразование многоуровневого сигнала  $U_{R1}$  с использованием двух АЦП, частота дискретизации сигнала может быть уменьшена в два раза, то есть

$$f_{d1} = f_{d2} = f_d/2 = 6 \text{ МГц},$$

или в общем случае последующая частота дискретизации сигнала будет равна величине  $f_d/M$ , где  $M$  – число используемых АЦП в одном звене обработки сигналов. На рис. 1 штрих-пунктиром показана линия, куда могут включаться другие АЦП. Далее, в зависимости от числа исходных сигналов, таких отдельных звеньев обработки сигналов может быть несколько, которые последовательно соединяются между собой.

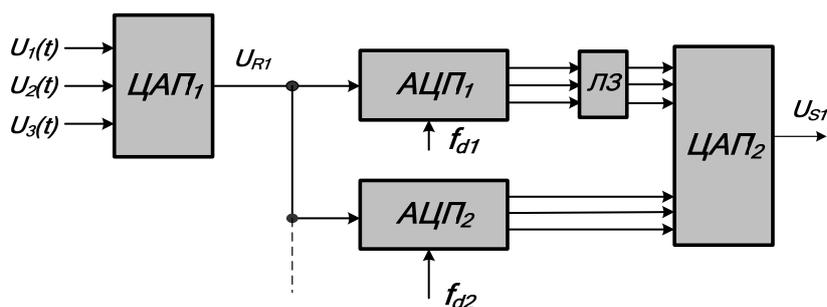


Рис. 1. Звено обработки видеосигналов со сдвигом импульсов дискретизации

Для одновременного прихода сигналов на входы АЦП<sub>2</sub> в звено обработки сигналов вводится линия задержки (ЛЗ) на время, равное  $t_s$ , для сигналов, поступающих с выхода АЦП<sub>1</sub>. После второго цифро-аналогового преобразования сигналов на его выходе формируется новый результирующий многоуровневый сигнал  $U_{S1}$ , для передачи которого необходим канал связи с полосой частот 3 МГц. На приемной стороне системы выполняются операции обработки сигналов, обратные передающей части.

Рассмотрим принцип формирования импульсов дискретизации для двух АЦП со сдвигом их во времени (рис. 2). Пусть необходимое значение частоты дискретизации исходного многоуровневого результирующего сигнала  $U_{R1}$ , для его преобразования в цифровую форму, составляет величину  $f_d = 1/T_0$ , как показано на рис. 2а. При использовании одного звена обработки входного результирующего многоуровневого сигнала и числа используемых аналого-цифровых преобразований, равных  $M = 2$ , значение частоты дискретизации для первого аналого-цифрового преобразования будет равным  $f_d/2 = 1/T_1$  (рис. 2б), поскольку  $T_1 = 2T_0$ , а для второго аналого-цифрового преобра-

зования значение частоты дискретизации будет таким же, но с задержкой тактирующего импульса на время, равное  $t_3 = T_0$  (рис. 2в). Таким образом, при использовании одного звена обработки сигналов, с двумя аналого-цифровыми преобразованиями входного результирующего многоуровневого сигнала  $U_{R1}$ , можно обеспечить снижение частоты дискретизации в два раза и, соответственно, уменьшить требуемую полосу частот канала в два раза, необходимой для одновременной передачи трех исходных сигналов, объединенных в новый результирующий многоуровневый сигнал  $U_{S1}$ .

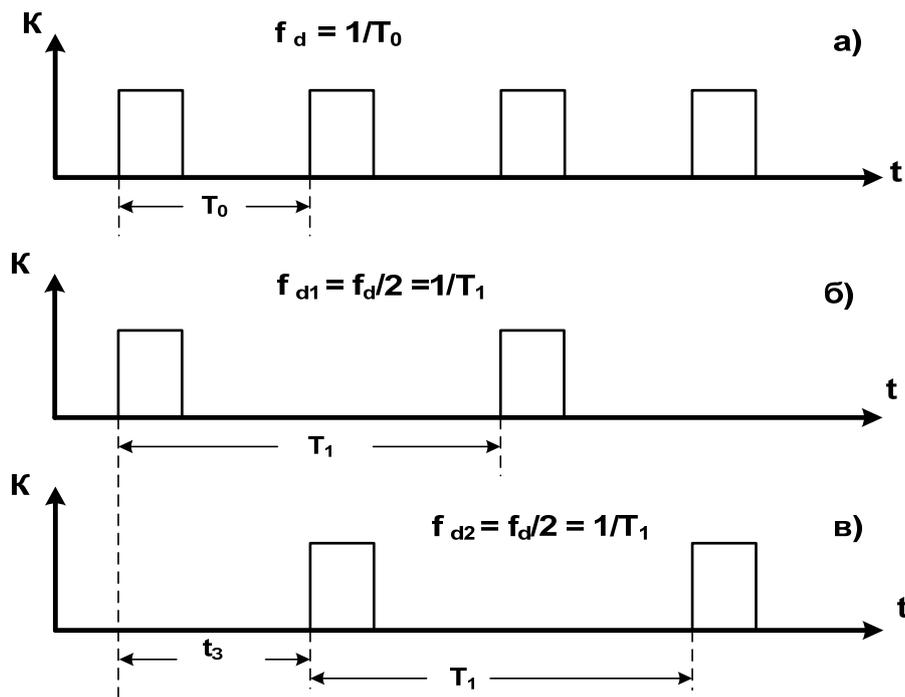


Рис. 2. Формирование импульсов дискретизации со сдвигом во времени

В общем случае, при использовании одного звена обработки сигналов, когда кратность преобразования сигналов равна  $p=1$ , достигаемый выигрыш в уменьшении необходимой полосы частот для передачи нового результирующего многоуровневого сигнала может составить величину, равную  $2,3,4 \dots < Z^2$ . При использовании последующего звена обработки сигнала, осуществляются идентичные операции для преобразования предыдущего результирующего многоуровневого сигнала  $U_{S1}$  в последующий сигнал и т.д.

Использование двух таких звеньев обработки сигналов (см. рис. 1) с формированием двух многоуровневых результирующих сигналов  $US1$  и  $US2$  и их объединения в новый результирующий сигнал  $US3$  с использованием квадратурной модуляции сигналов позволит передать шесть исходных ТВ сигналов в меньшей полосе частот канала связи. При принятых допущениях это составляет 3 МГц.

УДК 621.397.6

**Ю.С. Сагдуллаев, Т.Ю. Сагдуллаев**

ООО «НИИР-РадиоНет», г. Москва

## **МУЛЬТИМЕДИА В СЕТЯХ СВЯЗИ**

Построения мультисервисных сетей для передачи мультимедийной информации с использованием различных сетевых технологий на сегодня весьма актуальны. Кроме того, переход спутниковых и наземных распределительных сетей телерадиовещания на цифровые технологии открывает реальные возможности для рынка мультимедийных услуг в составе каналов цифрового ТВ вещания в формате DVB и на все регионы России, и будет способствовать более полной реализации различных Федеральных целевых программ. В целом сюда следует отнести не только передачу телевизионных программ и данных традиционных услуг связи, но и предоставление удаленным пользователям относительно новых видеоинформационных услуг – видео «по запросу», IP – видеотелефонии, видеоконференцсвязи и др. [1,2].

Непосредственное спутниковое телевидение должно обеспечить на территории России бесплатное распространение определенного числа федеральных телепрограмм социального блока в наиболее удобном для телезрителей режиме поясного вещания. Федеральные программы социального блока могут быть также включены в пакет из 40–50 платных коммерческих телепрограмм. В тех же пакетах могут быть и другие платные услуги: телевидение высокой четкости, видео «по запросу» и т.д.

Современный этап развития технологий и средств телекоммуникаций предусматривает использование разнородных линий связи для передачи данных на расстояния: спутниковые линии связи, волоконно–оптические линии связи (ВОЛС), кабельные и радиорелейные линии связи, медные линии связи, линии радиодоступа на участке «последней мили». Чтобы пользователь смог воспользоваться какой-либо телекоммуникационной услугой, будь то доступ в Интернет или сервис телефонии, оператор, работающий на рынке услуг связи для конечных пользователей, прежде всего, должен решить две ключевые задачи:

1. Распространить услуги магистрального оператора связи по узловым точкам (задача построения опорной сети связи).

2. Организовать доставку услуг связи от точки доступа до клиента.

При выборе технологии доступа решающее значение имеют услуги, поддержку которым эта сеть должна обеспечивать. Они будут развиваться из наиболее часто используемых услуг (телефонные услуги, услуги Интернета и передачи данных) и включают в себя относительно новые услуги – видео «по запросу», видеонаблюдение, электронную коммерцию, дистанционное обучение, видеонаблюдение, видеоконференцсвязь, IP–телевидение и др. Сего-

дня на первый план выходят сети нового поколения, так называемые мультисервисные сети. Главными характеристиками таких сетей являются возможности с одинаковым качеством передавать любые виды трафика, широкая полоса их пропускания, наличие пакетной коммутации и управляемость. Такие сети часто называют сетями передачи данных с интеграцией услуг или мультисервисными сетями связи (МСС).

Структуру мультисервисной сети можно представить в виде нескольких основных уровней: магистральный (опорный) уровень, уровень распределения и агрегирования (промежуточный) и уровень доступа (пользовательский). Такая мультисервисная сеть включает:

1. Наземную транспортную сеть первого уровня (на основе ВОЛС), которая имеет стыковку с сетью телефонии общего пользования (ТФОП), Интернет, передачи данных и сетью мобильной связи, а также с сетью спутниковой связи (DVB).

2. Транспортную сеть второго уровня, имеющую стыковку с опорной сетью и последующей сетью абонентского доступа.

3. Абонентскую сеть, с использованием различных технологий доступа пользователей к мультимедийным услугам, которая завершается абонентскими окончаниями (АО<sub>j</sub>), число которых для каждого случая принимает свои значения N, S, B, ... C.

Исходя из общей практики построения систем передачи данных, она включает следующие основные уровни:

1. Опорный уровень – высокопроизводительное ядро сети, предоставляющее транспортные услуги между узлами связи и коммутации. Опорный уровень проектируется с целью высокоскоростной передачи пакетов. На данном уровне не предполагается каких-либо манипуляций с содержимым пакетов (таких как фильтрация или уровни доступа), которые могут приводить к снижению производительности опорного уровня.

2. Промежуточный уровень, определяющий интеграцию информации различной природы, некоторые параметры адресации, управления трафиком, обеспечения гарантированного качества предоставляемого сервиса (QoS), параметры широковещательных сообщений, политику безопасности и т.д.

3. Пользовательский уровень, предоставляющий доступ в мультисервисную сеть передачи данных конечным пользователям, под которыми подразумеваются любые категории пользователей.

Построение мультисервисных сетей может осуществляться на базе самых различных технологий, как на платформе IP (IP VPN), так и на базе выделенных каналов связи. На магистральном уровне наиболее популярны сегодня технологии IP/MPLS, Packet over SONET/SDH, POS, ATM, xGE, DWDM, CWDM, RPR. Реально большая часть магистральных мультисервисных сетей сегодня строится на основе технологий POS, DWDM, которые получили значительное распространение в России, а также IP/MPLS, которые считаются особенно перспективными при значительной широте охвата и большом количестве потребителей.

Новые сети по сути своего построения и назначения должны иметь гибридную структуру, и предусматривать использование различных технологий и линий связи (ВОЛС + витая пара, ВОЛС + существующие телефонные линии, ВОЛС + сети радиодоступа, ВОЛС + спутниковые линии связи + витая пара и т. д.).

Архитектура мультисервисной сети может в большинстве случаев быть двух- или трехуровневой. Это предусматривает образование опорного уровня типа «кольцо» и возможность, по мере необходимости, последующего наращивания нижних уровней. Построение абонентских сетей доступа (с учетом требований пользователя и его местонахождения) может осуществляться с использованием различных типов среды передачи на участке абонентского доступа: оптоволоконна (FTTH), витой пары категории 5 (UTP cat.5), существующих телефонных линий (используя xDSL), коаксиального кабеля (HFC), технологии беспроводных радиосетей и др.

Одним из путей в обеспечении гарантированной доставки пользователям мультимедийной информации является создание базовых узлов в составе мультисервисной сети для передачи данных с использованием как цифровых спутниковых каналов связи, так и новых мультисервисных и более широкополосных беспроводных наземных сетей для передачи пользователю данных со скоростью до 100 Мбит/с и выше. Для достижения этого, предпочтительней осваивать и использовать технологии и системы радиодоступа не только в диапазоне частот 5,7 ГГц, но и выше 11 ГГц.

Применение высокоэффективных алгоритмов кодирования и обработки видеоизображений для их сжатия ( типа MPEG-4 и др.), а также увеличение эффективности использования полосы частот стандартного канала связи, за счет применения эффективных методов модуляции несущей (от амплитудной манипуляции до многопозиционной квадратурной амплитудной (фазовой) манипуляции и ее разновидностей), дало свои значительные положительные результаты.

УДК 004.932

**С.С. Садыков**

Sadykovss@yandex.ru

*Муромский институт (филиал) Владимирского  
государственного университета*

## **АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ КРИВИЗНЫ КОНТУРОВ И ИХ РАСПОЗНАВАНИЕ**

В машиностроительных заводах транспортировка заготовок и деталей из одного цеха (участка) в другой производится в специальных металличе-

ских тарах, в которых они лежат произвольно – навалом. Подсобный или квалифицированный рабочий осуществляет разбор лежащих навалом деталей и заготовок, что приводит к повышению стоимости продукции и снижению производительности труда. Поэтому, при массовом и крупносерийном производстве, связанном с большими объемами погрузочно-разгрузочных работ, использование адаптивных промышленных роботов для выполнения этих работ является важной задачей.

Конечно, решить эту задачу для всего многообразия существующих заготовок и деталей с помощью роботов невозможно. Но для достаточно широкого класса типовых узлов и деталей машин такую задачу можно решить успешно.

В докладе рассмотрены вопросы:

1) предварительной обработки (фильтрация, нормализация, бинаризация, выделение контуров, вращение и т.п.) изображений объектов (в основном, плоских) различной конфигурации;

2) формирования основных признаков объектов на основе значений кривизны точек их контуров;

3) формирования дополнительных признаков объектов на базе особых участков контуров и расстояний между ними;

4) обучения модели адаптивного робота;

5) идентификации (экзамен) неизвестных объектов с набором эталонных объектов;

6) оценки точности идентификации отдельных и наложенных объектов.

Достаточно подробно изложена структура алгоритмического и математического обеспечения модели адаптивного робота с СТЗ, приведены результаты проведенных исследований на тестовых и реальных объектах различных видов и форм (в основном, плоских):

1) значительную трудность создает необходимость устранения теней;

2) значения площадей объектов и длин их контуров при вращении существенно меняется с периодом  $\pi/2$ ;

3) для уменьшения вычислительных операций следует расчет кривизны проводить на аппроксимированных отрезками прямых различной длины контурах объектов;

4) в качестве дополнительных признаков целесообразно выбрать особые участки контуров объектов – места большой кривизны;

5) идентификация отдельно лежащих объектов трудностей не создает;

6) анализ и идентификация наложенных (2-х и 3-х) объектов достаточно сложная процедура и простой алгоритм сравнения векторов признаков хороших результатов не дает. Поэтому нужно использовать метод правдоподобия для распознавания наложенных объектов;

7) временные затраты на реализацию любого отдельного алгоритма – на уровне миллисекунд.

Схема вычисления угла, пропорционального кривизне в точке контура объекта, такова. Выбираются три точки контура А, В, С. Строится треугольник со сторонами АВ=а, ВС=б, АС=с. Вычисляется длина высоты  $h_c = BD$ , опущенной из точки В на сторону АС в точку D.

$$h_c = \frac{2\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}}{c},$$

где  $p = \frac{a+b+c}{2}$ .

Определяются углы  $\beta$  и  $\gamma$  в точке В двух треугольников АВD и СВD

$$\beta = \arccos \frac{h_c}{a}; \quad \gamma = \arccos \frac{h_c}{b}.$$

Значение угла кривизны  $\alpha$ , пропорционального кривизне контура в точке В<sub>1</sub>, вычисляют

$$\alpha = 180^\circ - (\beta + \gamma).$$

УДК 621.397

**И.И. Сальников, М.Н. Шмокин**

iis@pgta.ac.ru

*Пензенская государственная технологическая академия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЛОЖНОСТИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

При проектировании сложных информационных систем существует проблема оптимизации параметров, которая выполняется на основе анализа обобщенных характеристик как обрабатываемых сигналов, так и характеристик средств реализации проектируемой информационной системы (ИС). На начальном этапе необходимо определить и обосновать структурную схему ИС, определить режимы ее работы, условия эксплуатации. Затем формируется некоторая **функция выбора**, зависящая от различных факторов, анализируется ее поведение и определяются оптимальные характеристики по принятым критериям.

Примером сложной ИС может служить мобильная телевизионная техническая система охраны (ТВТСО), в состав которой должны входить следующие **основные блоки**: система сбора и обработки информации (ССОИ); устройства формирования радиоканала; телевизионные датчики (ТВД) в виде телевизионных камер с детекторами движения.

Определяются основные **технические характеристики** системы, которые для ТВТСО могут быть следующими: число ТВД, скорость передачи информации по каналам связи между ТВД и ССОИ, время автономной работы всей системы, потребляемая мощность ТВД, потребляемая мощность ССОИ, вероятность правильного обнаружения, вероятность ложной тревоги, дальность действия ТВД, пространственный объем охраняемой зоны. Все это определяет **многопараметрические и разнородные условия**, при которых необходимо выполнить анализ и оптимизацию ИС.

Для формализации задачи анализа оптимальности использованных средств и характеристик реализации проектируемой ТВТСО, конкретизации и использования количественного описания процесса анализа, необходимо ввести обобщенную характеристику системы, которая учитывала бы различные варианты построения системы, варианты программного обеспечения и используемые устройства, реализующие заданные функции системы. В качестве такой характеристики предлагается использовать **сложность информационной системы** –  $S_{ИС}$ .

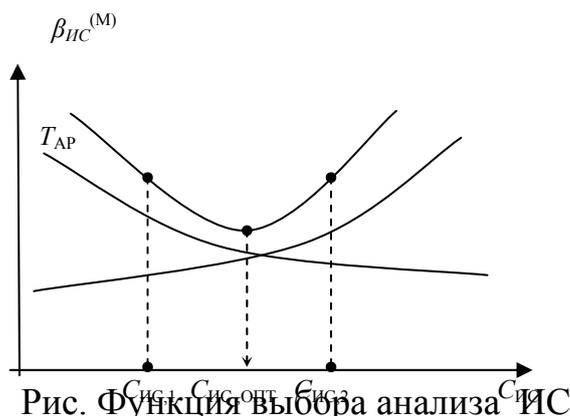
Сложность является обобщенной характеристикой, имеющей признаки **субъективизма**. Предложенные характеристики системы можно разделить на две части, которые противодействуют друг другу: значения части характеристик увеличиваются с ростом сложности системы  $S_{ИС}$ , а другой части – уменьшаются с ростом  $S_{ИС}$ .

Характеристики, значение которых увеличивается с ростом сложности системы: объем охраняемой зоны  $U_{ОЗ}$ ; вероятность правильного обнаружения  $P_{ПРАВ}$ ; скорость передачи информации  $V_1$ . Эти характеристики будут являться **информационными характеристиками системы**  $H_{ИС}$ .

Значения таких характеристик системы, как время автономной работы  $T_{АР}$  системы и вероятность ложной тревоги  $P_{ЛТ}$ , уменьшаются с ростом сложности системы. Вероятность ложной тревоги  $P_{ЛТ}$  связана с вероятностью правильного обнаружения  $P_{ПРАВ}$ , а потребляемая мощность информационной системы  $W_{ИС}$  напрямую влияет на время автономной работы  $T_{АР}$ , поэтому их можно не включать в качестве независимых аргументов в функцию выбора, а оставить только  $H_{ИС}$  и  $T_{АР}$ .

**Функция выбора** анализа модели информационной системы  $\beta_{ИС}^{(M)}$  определяет зависимость информационных характеристик системы  $H_{ИС}$  и времени автономной работы  $T_{АР}$  от сложности системы и позволяет определить оптимальное значение сложности системы  $S_{ИС,ОПТ}$  при заданных параметрах устройств, входящих в информационную систему. Она будет иметь минимальное значение, соответствующее оптимальному значению сложности системы  $S_{ИС,ОПТ}$  (рис.) при заданной емкости аккумулятора  $E_A$ .

Оптимальная сложность  $S_{ИС,ОПТ}$  – это значение сложности ИС при заданной емкости аккумуляторов  $E_A$ , когда достигается максимальное значение информационной характеристики  $H_{ИС}$  при максимальном значении  $T_A$ .



В работе предложен аналитический вид функции выбора анализа ИС  $\beta_{ИС}^{(M)}(C_{ИС})$ , соответствующей рисунку:

$$\beta_{ИС}^{(M)}(C_{ИС}) = e^{K_{РВ}K_{Н}C_{ИС}} + e^{-K_{АР}C_{ИС}} - 1,$$

где  $K_{Н}$  – коэффициент, учитывающий информационные характеристики системы и зависящий от сложности системы;  $K_{АР}$  – коэффициент, учитывающий емкость аккумулятора, потребляемую мощность и время автономной работы ИС. Важное значение при реализации ИС имеет быстродействие, которое можно учесть в виде *коэффициента реального времени*  $K_{РВ}$ .

УДК 621.397

**И.И. Сальников**

iis@pgta.ac.ru

Пензенская государственная технологическая академия

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ**

Состояние и развитие электронных компонентов напрямую зависит от развития технологии производства интегральных схем, успехи которой в настоящее время являются впечатляющими. Ведущие производители используют технологию с разрешающей способностью 65 нм, а фирма *Intel* объявила о работах по внедрению 45 нм и 32 нм – технологий.

Из всего многообразия направлений развития элементной базы цифровых систем обработки информации отметим, в первую очередь, **микроконтроллеры (МК) и сигнальные процессоры (СП)**, началом развития которых следует считать первый микропроцессор *i-4004* фирмы *Intel*, появившийся в 1971 г. Развитие технологии интегральных схем постепенно позволило разместить на одном кристалле не только процессор с устройствами управления,

но и память программы, память данных и большое количество периферийных устройств – таймеры, АЦП, ЦАП и интерфейсы ввода/вывода сигналов, поддерживающих различные стандарты.

Другим направлением являются **программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС)**. В 1985 г. фирма *Xilinx* выпустила первую ПЛИС, в которой формирование цепей на кристалле выполнялось с помощью соединительных линий и ключевых схем, размещенных на их пересечении. Реализация алгоритмов обработки информации на ПЛИС представляет собой распределенный на кристалле вычислитель, быстродействие которого определяется временем прохождения сигнала через все цифровые устройства. В настоящее время несколько десятков фирм занимаются разработкой и выпуском ПЛИС.

Важной тенденцией в развитии элементной базы являются интеграционные процессы, объединяющие достоинства МК и СП, с одной стороны, и ПЛИС, с другой стороны, выливающиеся в появлении **систем-на-кристалле (СнК)**. Примером может служить ПЛИС фирмы *Xilinx* типа *Virtex-4*, в состав которой кроме логических схем входят аппаратные модули: процессоры *PowerPC*; интерфейсы *Ethernet*; трансиверы со скоростью передачи до 11,1 Мбит/с; специализированные блоки цифровой обработки сигналов. Эти модули позволяют реализовать законченную систему с минимальным набором компонентов на печатной плате.

**БМК-технология** – это технология проектирования и изготовления цифровых устройств обработки информации на основе базовых матричных кристаллов (БМК), которая появилась раньше технологии ПЛИС. В СССР эта технология успешно развивалась, существовали такие БМК, как К1520ХМ1, а также 1556ХЛ8, 1556ХП4. Пользователь в рамках данного БМК выполнял проект по трассировке цепей, а изготовление готового продукта выполнялось на заводе-изготовителе, на котором в едином технологическом цикле с помощью фотолитографии формировались на кристалле как логические блоки, так и цепи, спроектированные пользователем. Получалась полузаказная БИС, которую нельзя уже было изменить. БМК-технология имеет важное **преимущество** перед ПЛИС – это существенно меньшие задержки в цепях. В настоящее время наблюдается возрождение БМК-технологии на новом качественном уровне. Начальное проектирование цифровых устройств обработки информации выполняется на ПЛИС, а после отладки и устранения все ошибок проект переводят на БМК, тем самым добиваются более высокого быстродействия.

В 2004 г. фирма *Anadigm* (США) выпустила на рынок электронных компонентов **программируемые аналоговые интегральные схемы (ПАИС)**. Аналоговая электроника в современных системах занимает не менее важное место, чем цифровая. В состав ПАИС входят: дифференциальные компараторы, операционные и инструментальные усилители, фильтры, ис-

точники образцового напряжения, усилители-ограничители, мультиплексоры, выпрямители с ФНЧ, генераторы сигналов различных форм, АЦП последовательного приближения и ЦАП.

В настоящее время следует отметить тенденцию к производству не одного элемента с уникальными характеристиками, а целого **семейства продуктов**, способных удовлетворить самым разнообразным требованиям потребителей. Что касается отечественных производителей электронных компонентов, то они находятся в сложной ситуации. Тем не менее имеются разработки очень высокого уровня. Отметим только 2 примера.

**ГУП НПЦ «ЭЛВИС»** разрабатывает линейку сигнальных контроллеров серии «Мультикор» и успешно реализует системы на их основе, причем на базе собственных *IP*-библиотек. Это предприятие представило первые отечественные СП 1892ВМ2Т, 1892ВМ3Т и 1892ВМ4. Эти приборы предназначены для использования в военной технике и представляют собой двухядерные структуры, состоящие из управляющего 32-разрядного *RISC*-контроллер и сопроцессорного *DSP*-ядра. Пиковая производительность *DSP*-ядра может достигать 300 *MFlops*.

**НПЦ «Модуль»** занимается разработкой и изготовлением встраиваемых бортовых ЭВМ для ответственных применений. Им разработаны следующие базовые продукты: 1879ВМ1 – цифровой сигнальный процессор; 1879ВМ3 программируемый контроллер со встроенными АЦП и ЦАП, реализующий концепцию «система-на-кристалле».

УДК 681.3

**В.И. Сырякин, И.А. Тарасенко**

D.V.Sankov@sibmail.com

*Учебно-научно-производственный центр «Технологический менеджмент» Томского государственного университета*

## **ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ ОПТИКО-ТЕЛЕВИЗИОННЫМ МЕТОДОМ**

В данной работе рассматриваются различные исследования наноматериалов и изделий из наноматериалов методом оптической микроскопии, с помощью интеллектуальной акустической оптико-телевизионной системы, определение характеристик порошков, и исследование пеннокомпозиционных материалов, определение характеристик пеностекла при помощи оптико-телевизионной измерительной системы, которая основывается на различных алгоритмах обработки видеоинформации.

Для определения дисперсного анализа субмикронных порошков наиболее целесообразно использовать метод оптической микроскопии, объеди-

няющий простоту реализации и высокую точность. Данный метод определения фракционного состава обычно используется в качестве средства контроля надежности результатов, полученных другими методами (седиментационным, кондуктометрией, лазерным, рентгеновским и др.). Точность метода основана на прямом измерении размеров частиц.

Существует несколько способов определения диаметров частиц с помощью микроскопа:

- определение наибольшего размера каждой частицы;
- измерение каждой частицы в одном и том же направлении, т.е. определение линейной проекции частиц на некоторую общую ось;
- определение «диаметра Мартина» – длины линии, делящей площадь частицы на две равные части;
- вычисление диаметра круга, площадь которого эквивалентна проекции частицы на плоскость, перпендикулярную оси наблюдения;
- вычисление среднего диаметра как полусуммы длины и ширины частицы.

Основными и традиционными недостатками оптической счетной микроскопии считаются:

- большие субъективные ошибки в оценке размеров объектов и их количества при «ручном» анализе лаборантом;
- необходимость обсчета большого количества объектов, что увеличивает трудоемкость и время анализа;
- трудности визуальной оценки размеров объектов в диапазоне менее 5 мкм.

Указанные недостатки в значительной степени устраняются с использованием в процессе исследований оптико-телевизионной измерительной системы для определения характеристик различных материалов, в том числе пеностекла и др.

Обобщенный алгоритм обработки изображения подобен алгоритму обработки изображений порошков. На практике в ряде случаев возможно получение изображений с объектами сложной структуры или неоднородных отражательных свойств. При бинаризации подобных изображений проявляются различные оптические эффекты, приводящие, например, к образованию светлых областей внутри выделенных объектов, поэтому определение периметров и площадей происходит со значительной ошибкой. Для исключения влияния таких эффектов на результаты измерений применяются алгоритмы дополнительной фильтрации (коррекции отражательных свойств). Применение таких алгоритмов позволяет в большинстве случаев получать однородные по свойствам изображения объектов исследования.

Пеностекло – высокопористый материал, получаемый при спекании тонкоизмельченного стеклянного порошка с порообразователем, в качестве которого используются вещества органической или неорганической приро-

ды, выделяющие при нагревании кислород, сернистый газ, азот или углекислый газ[5].

В работе были исследованы пенокомпозиционные материалы при различном процентном содержании исходных компонентов. Были получены оптические изображения материалов, построены гистограммы и определены средние размеры структурных элементов поверхности материала, проанализированы геометрические параметры структурных элементов поверхности материала.

В данной исследовательской работе показана возможность использования различных типов материалов. Проведена аттестация гранулометрического состава порошков с использованием черно-белых телеизображений.

УДК 519.62

**В.И. Синицын, Э.Р. Корепанов, Е.С. Агафонов**

*Институт проблем информатики РАН*

## **УСЛОВНО ОПТИМАЛЬНЫЕ СТОХАСТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ И АУДИТА КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ**

В докладе рассматриваются принципы и подходы к анализу и синтезу условно оптимальных (по Пугачеву) стохастических информационных технологий off-line и on-line контроля и мониторинга функционирования сложных компьютерных систем (КС) на базе методов условно оптимального оценивания.

При проектировании различных КС конструктор синтезирует характеристики, обеспечивающие достижение заданных значений показателей качества. Совокупность показателей качества определяет способность КС выполнять свои функции и, следовательно, характеризует обобщенное состояние КС. Любые характеристики КС можно с достаточной для практики точностью представить конечным множеством параметров. Показатели качества определяются набором этих параметров, а достижение заданных значений показателей качества осуществляется выбором значений параметров.

Случайный разброс показателей качества приводит к неопределенности в выполнении КС своих функций. Уменьшение этой неопределенности достигается измерением параметров и вычислением показателей качества. Следовательно, первой задачей контроля является получение информации о фактическом состоянии КС. На основании полученной в результате измерения информации решается вторая задача контроля – принятие решения о годности или негодности конкретной КС для выполнения определенных функций. В случае, если принимается решение о негодности КС, то возникает третья задача контроля – диагностика неисправностей. На основании результатов диагностики решается четвертая задача – принятие решений о необходимости регулировки, отправки в ремонт или списания данной КС.

Результаты контроля и аудита КС необходимо оформлять в виде отчетов (report). В отчете необходимо представлять в понятной пользователю форме информацию о выявленных ошибках и неоднозначностях проверяемой системы. Трудностью является подготовка отчета о состоянии не статического, а динамически меняющегося перечня выявленных ошибок. При большом числе возможных ошибок количество связей и сочетаний порождаемых случайным набором выявленных в данный момент ошибок просто огромно, что делает очень трудоёмким, а порой и невозможным подготовить отчеты для всех комбинаций, а универсальный (избыточный) отчет заведомо не оптимален для понимания пользователем. Отчеты формируются не только в результате контроля и аудита КС, но и о текущем состоянии КС, представляя собой некую выборку, и тут необходимо предоставлять пользователю возможность формирования наиболее широкого спектра комбинаций запросов. Необходим гибкий метод, возможно с алгоритмами обучения системы, способной из анализа предыдущих запросов пользователя упрощать формирование очередного.

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

УДК 37+681.3

**М.Н. Смирнов, А.С. Сизов, А.Н. Игнатенко**

broockwood@e-mail.ru

ФГУП «Курский НИИ» МО РФ

## **ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В ВИДЕ НЕЧЕТКОГО ГИПЕРТЕКСТА**

Представление знаний в автоматизированной обучающей системе (АОС), с учетом особенностей применения технических средств в чрезвычайных ситуациях и требований, предъявляемых к разрабатываемой системе, целесообразно осуществлять в виде базы знаний (БЗ) на основе гипертекста (ГТ). Структура БЗ приведена на рисунке.

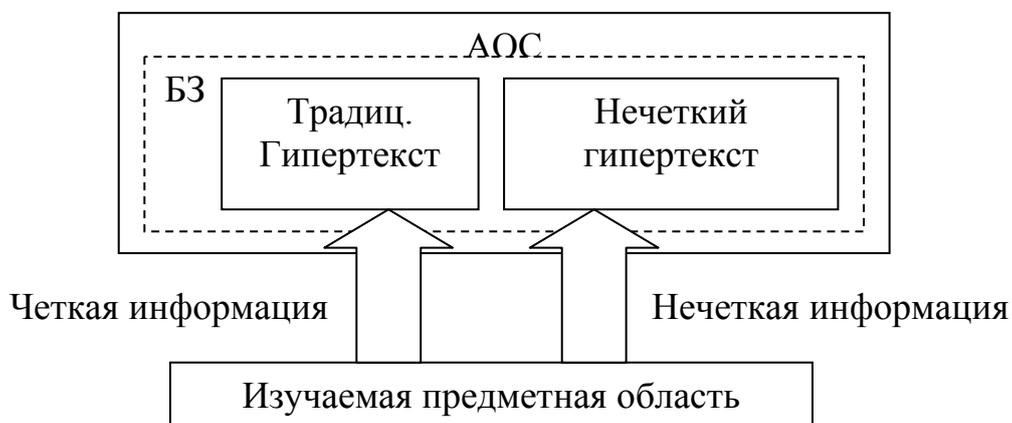


Рис. Структура БЗ

Модель представления знаний на основе ГТ наиболее близка к классу семантических сетей. Однако ГТ позволяет избежать основного недостатка данного класса моделей – «сложность организации процедуры поиска вывода на семантической сети» [1].

Особенностью данной структуры является то, что помимо четкой информации, представляемой в виде традиционного ГТ, в БЗ хранится и нечеткая информация. Реализация данной особенности основана на применении нечеткого ГТ.

Традиционный ГТ достаточно освещен в современной литературе, поэтому остановимся более подробно на нечетком ГТ. Для его описания воспользуемся теорией графов, а в качестве математического аппарата рассмотрим нечеткие деревья.

Пусть  $G=(V,E)$ - граф, состоящий из множества вершин  $V$  и множества ребер  $E$ . Введем индексацию для вершин и ребер:

$$V = \{V_1, \dots, V_n\}, \quad (1)$$

$$E = \{e_1, \dots, e_m\}, \quad (2)$$

где  $n$  – количество вершин, а  $m$  – количество ребер.

Тогда возможны следующие комбинации нечеткостей на графе:

1) нечеткое множество ребер и определенные, точно заданные вершины (1):

$$E = e_1/\mu_1 + \dots + e_m/\mu_m; \quad (3)$$

где  $\mu_i$  – степень принадлежности соседних узлов;

2) нечетко заданные вершины с четко определенными ребрами (2):

$$V = v_1/\mu_1 + \dots + v_n/\mu_n; \quad (4)$$

3) граф с нечеткими весами:

$$w_i = w_{i,1}/\mu_1 + w_{i,2}/\mu_2 + \dots; \quad (5)$$

4) нечетко заданные вершины (4) с нечетко определенными ребрами (3).

Для унифицированного представления знаний в АОС целесообразно использовать гипертекст с нечеткими связями. Для представления четкой информации связи определяются с принадлежностью, равной единице. При нечеткой – в интервале (0;1).

Для аналитической интерпретации и последующей автоматизации процедуры поиска семантических сведений в гипертекстовом массиве необходимо составить математическое описание этой процедуры. В этом случае следует выделить родственные объекты для того, чтобы установить требуемые тезаурусные связи.

Таким образом, представленный подход позволяет проводить обучение по применению технических средств с помощью АОС при неполном знании о чрезвычайной ситуации.

УДК 614.8 – 057.441.01

***Н.А. Сотникова, С.В. Крюкова, Л.Е. Горяинова***

*Курский государственный технический университет*

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ**

Для рационального принятия управленческих и лечебных решений кардиологом или терапевтом важное значение в современных условиях приобретает осуществление прогнозирования болезни в зависимости от ряда медицинских, биологических, социальных факторов риска и отклонений гомеостаза. Решение данной задачи возможно на основе разработанной нами компьютерной системы по прогнозированию гипертонической болезни.

Основу данной системы составляют ряд новых функциональных подсистем и информационное обеспечение. Отличительной особенностью системы является то, что она предназначена для выполнения прогнозирования на индивидуальном уровне.

В структуре компьютерной системы данная задача осуществляется подсистемами отбора информативных признаков, индивидуального прогнозирования, определения прогностичности признаков, анализа биоритмов гемодинамических показателей гомеостаза. Подсистема отбора информативных признаков в плане информационного обеспечения представлена результатами анкетирования больных гипертонической болезнью, включающем выделенные градации медицинских, социальных, биологических факторов риска и степень отклонений результатов лабораторных и инструментальных показателей. Отбор указанных разнотипных признаков выполняется с учетом разработанного алгоритма анализа факторов риска, лабораторных показателей и их оценки у больных гипертонической болезнью.

Подсистема определения прогностичности исследуемых разнородных признаков определяет прогностическую значимость выделенной градации признака при его наличии или отсутствии у больного с гипертонической болезнью.

Информационное обеспечение подсистемы индивидуального прогнозирования представлено разработанными критериями группы персонального риска, стадиями гипертонической болезни и лечебно-профилактическими мероприятиями в зависимости от группы риска:

- I – благоприятного прогноза,
- II – внимания,

III – неблагоприятного прогноза,

IV – высокого риска.

Компьютерная система обеспечивает индивидуальное прогнозирование степени риска развития гипертонической болезни в пересчете на один случай за  $2,2 \pm 0,1$  минуты, что значительно сокращает время в отличие от традиционного ручного способа.

Компьютерная система обеспечивает также отбор информативных признаков за более короткий период времени. Она осуществляет интеграцию информации о достоверных социальных, медицинских, биологических факторах риска, лабораторных и инструментальных данных. Автоматизированный отбор информативных признаков выполняется за  $15,71 \pm 0,3$  минуты, что значительно быстрее, чем при выполнении данной процедуры в расчете на одного больного при ручном способе обработки информации, составляющем  $3,25 \pm 0,2$  часа. Выделение наиболее информативных лабораторных показателей и методов исследования с последующим математическим моделированием на основе сетей Петри в рамках созданной системы привело к уменьшению на 25-31% избыточности лабораторного и инструментального обследования больных гипертонической болезнью независимо от стадии заболевания и сопутствующей патологии, что способствовало совершенствованию диагностического процесса.

Подсистема анализа биоритмов гемодинамических показателей осуществляет определение акрофаз частоты сердечных сокращений, систолического артериального давления, диастолического артериального давления, показателей системы свертывания, протромбинового индекса, липидного обмена. Оценка биоритмов интегральных показателей физиологических функций осуществляется в режиме суточного мониторинга с графической и табличной визуализацией данных.

Эффективность компьютерной системы по прогнозированию развития гипертонической болезни определяется возможностью анализа разнотипных признаков и отнесением больного к определенной группе прогноза, что позволяет осуществлять дифференцированную терапию и уменьшить продолжительность лечения как в амбулаторных, так и стационарных условиях.

К достоинствам созданной компьютерной системы следует также отнести возможность ее интеграции с территориальной системой здравоохранения, осуществляющей регистрацию факторов риска в рамках обязательной государственной статистической отчетности. После соответствующей адаптации информационного обеспечения функциональных подсистем компьютерная система может решать задачи прогнозирования не только на индивидуальном, но и на территориальном уровне. При этом одновременно выполняется классификация факторов риска и выделение приоритетных для организации профилактических мероприятий.

УДК 616.131-005.7; 681.5.01

**А.Н. Стрелкова, А.А. Степченко, М.И. Труфанов**

A.N.Strelkova@gmail.com

*Курский государственный технический университет*

## **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

В России каждый 10-й взрослый житель страдает, по данным регистрации, тем или иным заболеванием органов пищеварения. Среди них значительную долю составляют так называемые кислотозависимые и хеликобактерзависимые заболевания (гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, язвенная болезнь, хронический активный гастрит, дуоденит).

Несмотря на то, что научно-технический прогресс открыл перед медициной широкие возможности для совершенствования диагностики заболеваний брюшной полости вообще и желудочно-кишечного тракта в частности, в настоящее время перед разработчиками эндоскопов остаются не полностью решенными две задачи.

Первая связана со значительной потерей яркости света в месте стыковки фиброволокна с узлом эндоскопа, предназначенным для передачи света. Известным решением данной проблемы является применение мощных источников света. Однако при увеличении интенсивности освещения существенно увеличивается вероятность появления на получаемом эндоскопом изображении засвеченных областей и бликов. Другая задача заключается в коррекции искажений, вызванных аберрациями оптической системы эндоскопа. В частности, в результате воздействия коматической и сферической аберраций снижается резкость изображения, дисторсия оптической системы эндоскопа вызывает искажения периферических областей поля зрения. Эта задача в настоящее время частично решается введением в оптическую систему эндоскопа корректирующих линз, устраняющих искажение изображения. Однако введение в оптическую систему дополнительных корректирующих элементов вносит другие искажения и увеличивает габариты эндоскопа, что недопустимо.

Решением указанных задач является коррекция искажений после получения изображения на основе его цифровой обработки. Принцип обработки заключается в коррекции указанных аберраций при получении изображения и последующем восстановлении искаженных бликами областей изображения двумя различными способами в зависимости от величины блика.

Коррекция сферической и коматической аберраций проводится посредством повышения резкости изображения в зависимости от координат точек изображения и коэффициентов сферической и коматической аберраций оптической системы эндоскопа. В случае сферической аберрации производится увеличение резкости по всему изображению, а в случае коматической – от

центра к периферическим областям кадра. Коррекция дисторсии осуществляется путем записи каждого поступающего пикселя изображения в позицию, определяемую скорректированными координатами.

Восстановление засвеченных областей изображения основано на обнаружении бликов и определении количества точек, их составляющих. При этом если площадь блика не превышает заданную пороговую величину, то блик корректируется посредством медианной фильтрации. В противном случае дополнительно производится получение кадра изображения в текущей позиции эндоскопа с уменьшенной чувствительностью датчика изображения, позволяющей уменьшить влияние блика. На вновь полученном изображении производится коррекция сферической и коматической аберраций и дисторсии и замена искаженной области на исходном изображении на соответствующую область дополнительно полученного изображения. После коррекции бликов скорректированное изображение может быть передано для дальнейшего анализа.

Таким образом, предлагаемый способ позволит повысить качество эндоскопических изображений и, как следствие, точность выявления патологических изменений и правильность постановки диагноза, что будет способствовать оптимизации терапии, улучшению прогноза заболевания, сокращению сроков лечения.

УДК 621.397.01

**В.В. Сусин, П.В. Сусин**

*Курский государственный технический университет*

## **СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МУЛЬТИПЛЕКСОРА С ВЫХОДНЫМИ ОЧЕРЕДЯМИ**

Потоки сообщений, обрабатываемые в мультиплексорах, используемых в вычислительных и телекоммуникационных системах, носят, как правило, вероятностный и случайный характер и относятся соответственно к классу случайных процессов. Поскольку требования, предъявляемые к характеристикам мультиплексора, в основном и определяются характеристиками потоков сообщений, представляет интерес разработка статистической модели мультиплексора. Использование этой модели позволит рассчитать оптимальные характеристики мультиплексоров для различных условий их функционирования.

В данной работе рассматривается статистическая модель наиболее перспективного в настоящее время мультиплексора с выходными очередями. В общем случае при работе мультиплексора с выходными очередями обрабатываемые сообщения характеризуются следующими условиями.

1. На любом из  $n$  входов мультиплексора может появиться сообщение, адресованное на любой из  $n$  выходов мультиплексора.

2. Поток входных сообщений является потоком без последствия, то есть вероятность появления числа сообщений и их адреса на любом участке времени не зависят от того, какое число сообщений и какие их адреса попали на другие участки времени, не пересекающиеся с данным.

3. Поток входных сообщений можно считать одинарным, так как сообщения на каждый из входов могут поступать только последовательно с частотой, не превышающей тактовую частоту.

4. Поток выходных сообщений можно считать одинарным, так как сообщения на каждом из выходов очереди могут появляться только последовательно с частотой, не превышающей тактовую частоту.

5. Потоки входных, а соответственно и выходных сообщений могут менять свою интенсивность (например, для телекоммуникационных систем от времени суток), однако при моделировании для упрощения расчетов можно считать потоки стационарными, воспользовавшись при необходимости набором интенсивностей различной величины. Правомерность такого представления подтверждается, по крайней мере, для телекоммуникационных систем тем, что время обработки сообщения в мультиплексоре с выходными очередями существенно меньше времени изменения интенсивности потока входных сообщений.

6. Распределение адресов в сообщениях на всех входах мультиплексора целесообразно принять равномерным, то есть вероятность появления любого из  $n$  адреса сообщения равна  $1/n$  – такое ограничение позволит, анализируя состояния одной очереди мультиплексора с выходными очередями, интерпретировать полученные результаты на состояния всей матрицы хранения очередей мультиплексора.

Отмеченные условия позволяют считать потоки входных сообщений распределенными по закону Пуассона

$$P(X = m) = P_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a}, \quad (1)$$

где  $X = 0, 1, 2, \dots, m, \dots$ ,  $a > 0$ , – параметр закона Пуассона.

Формирование очереди на входе регистра хранения очереди из  $n$  независимых потоков сообщений, описываемых выражением (1) и имеющих один адрес. Формирование очереди происходит при одновременном поступлении нескольких сообщений с одним адресом. При одновременном поступлении  $k$  сообщений с одним адресом длина очереди увеличивается на  $k-1$  сообщений. При наличии очереди и отсутствии сообщений длина очереди уменьшается с каждым тактом.

Представленная статистическая модель мультиплексора с выходными очередями позволит провести оценку распределения длины очереди мультиплексора в зависимости от интенсивности входных потоков и числа входов мультиплексора оценить возможности минимизации матрицы хранения очередей.

УДК 621.397.01

**В.В. Сусин**

*Курский государственный технический университет*

## **О ПРОБЛЕМЕ ИЗБЫТОЧНОСТИ МАТРИЦЫ ХРАНЕНИЯ В КОММУТАТОРАХ С ВЫХОДНЫМИ ОЧЕРЕДЯМИ**

Использование наиболее перспективных в настоящее время коммутаторов с выходными очередями происходит, как правило, в условиях случайного характера поступления сообщений. На каждый интерфейс коммутатора поступает разное количество сообщений в единицу времени. Вследствие этого одни интерфейсы коммутатора могут простаивать, а другие в этот же момент времени могут получать количество пакетов, приводящее к отказу в обслуживании. При интенсивном обмене пакетами, при организации видеоконференции, телевидении по требованию (Video On Demand), р2р сетей (каждый с каждым), ip-телефонии, охранного видеонаблюдения, особенно с централизованным хранилищем, требования к коммутатору существенно возрастают.

Из-за существования неопределенности, с какого входа и на какой выход поступит множество пакетов, в коммутаторе должна быть заведомо заложена избыточность по длинам выходных очередей. При построении универсального устройства, независящего от конкретной задачи, длины выходных очередей могут быть весьма значительными на любом из выходов. Коммутатор с выходными очередями использует для хранения сообщений в выходных очередях матрицу хранения из регистров одинаковой длины для каждого выхода. По этой причине известная модель коммутатора обладает избыточностью матрицы хранения, что приводит к существенным аппаратным затратам при реализации.

Таким образом, является актуальной разработка модели коммутатора, обеспечивающей сопоставимую с известным коммутатором пропускную способность и внутреннюю задержку в коммутаторе при минимизации матрицы хранения выходных очередей.

УДК 681.5

**В.И. Сырямкин, И.Н. Рожнёв, В.С. Шидловский, А.В. Батурина**

mimino@sibmail.ru

*Томский политехнический университет*

## **КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СТРУКТУРНО-ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ**

Наряду с оптимизацией управляющей части комплексов ориентации и навигации (КОН), общим направлением их развития является совершенствование информационной части КОН.

Объединение отдельных систем в навигационные комплексы и совместное использование информации позволяет увеличить точность и надежность данных о параметрах движения и состоянии систем, а также повысить безопасность движения. Вместе с тем многообразие систем создает проблемы в организации связей в комплексе, существенно усложняет его структуру.

Критериями эффективности работы КОИ являются такие характеристики, как быстродействие, точность и надёжность. Для повышения эффективности работы интегрированных КОИ предлагается использовать новый принцип обработки. Принцип заключается в том, что в функциональную структуру (рис.) системы вводятся перестраиваемые вычислительные среды, способные использовать единую информацию о текущей окружающей обстановке, получаемую по различным цифровым информационным каналам.

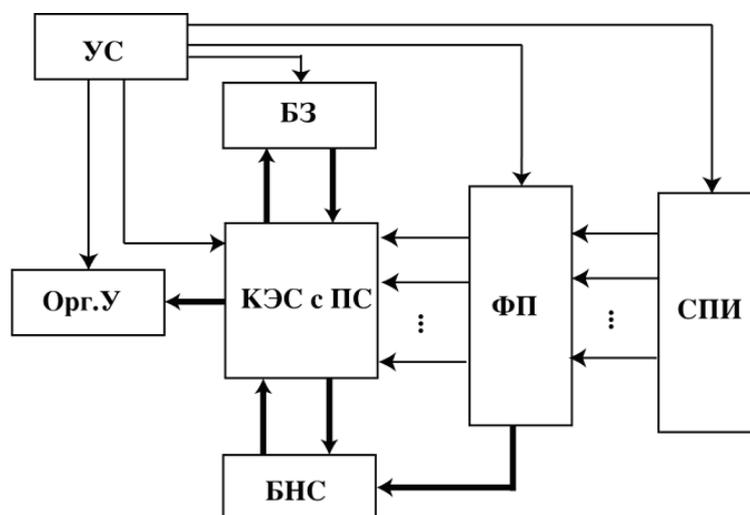


Рис. Обобщённая функциональная схема: СПИ – средства получения информации различной физической природы об окружающей среде; ФП – функциональный преобразователь; БЗ – база знаний; КЭС с ПС – корреляционно экстремальная система с перестраиваемой структурой; БНС – блок настройки структуры; УС – устройство синхронизации; Орг. У – органы управления

Основной концепцией достижения высокой производительности является параллельная обработка информации, осуществляемая с помощью многопроцессорных систем.

Одним из типов многопроцессорных систем являются однородные вычислительные среды, представляющие собой матрицы, состоящие из одинаковых ячеек, т.е. процессорных элементов (перестраиваемых автоматов), соединенных регулярными связями. Наиболее важными преимуществами таких сред является: возможность использования вычислительной мощности большого числа процессорных элементов, работающих параллельно; высокая регулярность межпроцессорных связей, которая облегчает разработку топологии СБИС, содержащих большое число процессорных элементов; слабая за-

висимость времени проектирования такой системы от числа процессорных элементов в ней; простота практически неограниченного модульного расширения системы; высокая надежность, обеспечиваемая за счет однотипности используемых в среде элементов, которые могут перестраиваться на решение требуемых задач в случае выхода из строя соседних элементов.

Принципиальной особенностью предлагаемых вычислительных сред является повышенная технико-экономическая эффективность цифровой обработки сигналов, связанная с переходом на автоматный принцип обработки, включающий в себя достоинства программного и аппаратного подходов; при этом программное начало закладывается в алгоритмах обработки и реализуется в архитектуре вычислительных сред, а аппаратное – в параметрах и архитектуре перестраиваемых автоматов.

Построение интегрированных навигационных систем на перестраиваемых вычислительных средах позволит решить проблемы организации связей в КОН и согласованием потоков информации от различных датчиков, снизить массогабаритные показатели, повысить надёжность, быстродействие и точность работы.

УДК 004.932

***В.И. Сырямкин, О.В. Усцов***

*Томский государственный университет*

***А.В. Юрченко***

*ОАО «Научно-исследовательский институт  
полупроводниковых приборов»*

*niirp@inbox.ru*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ**

Современные системы распознавания личности не позволяют обеспечить достаточную точность идентификации, а также не являются высокозащищенными системами. Кардинальное отличие интегрированной интеллектуальной системы охраны (ИИСО) от уже существующих аналогов состоит в том, что анализ состояния (набора некоторых параметров) человека происходит одновременно по нескольким признакам, таким как: телевизионное изображение лица, силуэта лица, отпечаткам пальцев, выдыхаемому газу, голосу, и на основании этих параметров, сопоставляя их с данными базы данных, ИИСО формирует интегральную оценку личности.

Данная система (ИИСО) может применяться в жилых домах (VIP жилье), в государственных учреждениях, таких как архивы с ограниченным

доступом, исправительные учреждения, правоохранительные органы, а также в банках, аэропортах, на вокзалах, либо на производственных предприятиях, где уделяется большое внимание безопасности и конфиденциальности производства.

Современные системы охраны способны установить личность человека по телевизионному изображению (лица, отпечатки пальцев), оценить состав выдыхаемого газа. Вместе с этим системы охраны имеют основной серьезный недостаток: нестабильность установления личности человека в случае выполнения им специальных маскировочных операций. Указанный недостаток значительно уменьшает область применения таких охранных систем. Устранить указанный недостаток можно только применением интегрированных интеллектуальных систем охраны, анализирующих цветные телевизионные изображения лица, его силуэта, отпечатков пальцев, выдыхаемого газа и голоса.

Задачей предлагаемой ИИСО является определение (распознавание) конкретного человека на основе вычисления оценки:

$$\hat{v} = \arg \text{ext}R(F_1, F_2(v)),$$

где  $R$  – мера близости текущего изображения и эталонного изображения (ЭИ). ТИ и ЭИ представляют собой интегрированные изображения (текущая эталонная информация), синтезированные на основе датчиков информации о человеке: телевизионные трехмерные цветные изображения лица человека и его силуэта, изображения отпечатков рук, выдыхаемого газа и голоса человека. ЭИ человека хранится в памяти ИИСО, а ТИ считывается датчиками информации и соответствует состоянию параметров человека в данный момент времени.

Конечным объектом воздействия системы является человек, личность которого требуется установить. Анализ объекта производится комплексом измерительных датчиков, показания с которых через интерфейс, после обработки спецпроцессорами передаются на персональный компьютер, на котором установлено программное обеспечение, позволяющее с высокой точностью идентифицировать личность. Интерфейс служит для обеспечения всех внутренних связей в объекте: сопряжения персонального компьютера (через спецпроцессоры) с осветителями, датчиками, исполнительными устройствами. Осветители в данной системе являются вспомогательной аппаратурой, служащей для создания благоприятных условий работы видеодатчиков. Спецпроцессоры служат для преобразования сигнала от датчиков к наиболее удобному для восприятия персональным компьютером сигналу, а также для обслуживания (формирования управляющих сигналов) вспомогательных механизмов и исполнительных устройств. Данная система может работать как в автоматическом режиме, так и в автоматизированном, т.е. управляться непосредственно оператором, что определяется настройками программного обеспечения.

ИИСО состоит из следующих подсистем:

- Видеосистемы, считывания и анализа изображений различных размерностей и цветностей, включая телевизионные инфракрасные датчики изображений.
- Газоанализатора, основанного на анализе физико-химических процессов, и относящихся к классу многокомпонентных и многоканальных систем.
- Анализатора голоса, включающего блок ввода и распознавания речевой информации.
- Система автономного питания на базе солнечных батарей.

УДК 621.3

***С.Х. Табаси***

*Курский государственный технический университет*

## **ПОСТРОЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ВИДЕОДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ КМОП ПРИЕМНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Благодаря одинаковой технологии изготовления появилась возможность интеграции КМОП-видеодатчиков и различных обрабатывающих и запоминающих устройств, что, в свою очередь, позволило перенести некоторые функции по обработке сигнала в видеосистеме из специализированного видеопроцессора непосредственно в датчик изображения. Подобные устройства уже являются разновидностью интеллектуальных датчиков. Интеллектуальный или адаптивный видеодатчик представляет собой фактически искусственную сетчатку (ретиноподобную структуру), где так же, как в биологической сетчатке, механизм фотопреобразования тесно связан с обработкой информации нейронными структурами. Существует два основных подхода к разработке схемы управления адаптивного видеодатчика: централизованный (видеодатчик является пассивным преобразователем свет/сигнал) и децентрализованный (часть обрабатывающих и управляющих схем расположена в самом датчике, а часть – вне кристалла). Децентрализованный подход представляется более перспективным, так как позволяет повысить скорость и точность обработки видеосигнала.

Для использования такого подхода существует несколько основных причин:

- обработка воспринимаемых данных непосредственно внутри пикселя позволяет локализовать области концентрации информации. Данный подход позволит не только уменьшить объем и время передаваемой из фотоприемной матрицы информации в самом блоке формирования изображений, но и во всех остальных частях СТЗ позволит уменьшить сложность, величину потребляемой энергии, габаритные размеры и конечную стоимость;

- обработка информации, в зависимости от того, где и как она преобразуется, позволяет намного увеличить реакционную способность СТЗ;
- «интеллектуальность» СЭ - единственное решение для индивидуального управления каждым преобразующим элементом фотоматрицы, что может использоваться для точной настройки диапазона чувствительности в реальном масштабе времени и позволит настраивать спектральную чувствительность или обеспечивать ее необходимые значения путем локальных преобразований в микрооптической системе, реализовывая тем самым концепцию активного восприятия.

Основным блоком интеллектуального видеодатчика, требующим адаптивного управления для получения качественного изображения в неблагоприятных условиях (большое количество шумов), является КМОП приемник излучения (ПИ). В КМОП ПИ с активными светочувствительными элементами по сравнению с приборами с зарядовой связью (ПЗС) существует несколько дополнительных источников шумов. К тепловому, дробовому и токовому шуму добавляются шумы транзистора сброса СЭ, транзистора-повторителя тока, и транзисторов доступа. Данные шумы относятся к временным шумам видеодатчика. Кроме этого, существуют еще и пространственные шумы – геометрический шум и шум фиксированной разводки. Источником шума фиксированной разводки в КМОП ПИ является не только выходная усилительная схема, как в ПЗС ПИ, но и столбцовые и внутриэлементные усилители. Наиболее общим подходом к подавлению внутренних шумов видеодатчика является применение двойной выборки сигнала, благодаря чему уменьшаются и пространственные, и временные шумы, а отношение сигнал/шум увеличивается.

Анализ показал, что главным недостатком устройств подавления внутренних шумов видеодатчика является отсутствие средств адаптации к изменяющейся внешней освещенности и, как следствие, резкое уменьшение отношения сигнал/шум (на 20% и более) в условиях слабой освещенности.

Структура видеодатчика, устойчивого к шумам и способного адаптироваться к внешним условиям, должна содержать следующие блоки: КМОП ПИ с активными пикселями, блоки обеспечения доступа к строкам и столбцам матрицы ПИ, схемы формирования сигналов сброса и выбора строки, схему формирования сигналов считывания пикселя, блок аналоговой обработки, АЦП, схему формирования тактовых и управляющих сигналов, контроллер для формирования сигналов интерфейса с блоком обработки верхнего уровня (ЭВМ или специализированный процессор); статическую память, предназначенную для временного хранения строки изображения; блоки фильтрации, осуществляющие подавление шумов и реализующие первоначальную обработку (например, для решения задач распознавания).

УДК 004.021

**Е.А. Титенко, В.С. Евсюков, В.Ю. Мудрик**

*Курский государственный технический университет*

## **СПОСОБ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПОИСКА ВХОЖДЕНИЙ ОБРАЗЦОВ**

Алгоритмы поиска информации в глобальной сети, объемы которой растут колоссальными темпами, основаны на индексации представленной в Сети информации. Поисковые системы не хранят оригинальные тексты документов и Web-страниц, а используют лишь их специальные представления – индексы, для формирования которых используются алгоритмы индексации, предназначенные для быстрого и удобного поиска. Чаще всего индексы документов и Web-страниц – это матрицы вхождения слов в эти документы и Web-страницы.

Обзоры существующих программных и программно-аппаратных алгоритмов поиска информации показывают недостаточную быстроту обнаружения вхождения образца в исходную последовательность, особенно при необходимости обнаружения всех вхождений, например, для определения контекста, в котором используется образец.

Предлагаемый алгоритм ассоциативного поиска и сопоставления информации ориентирован на аппаратную поддержку реализации, а, следовательно, обработку битовой информации. Поисковый запрос (образец) и, например, проиндексированный документ (исходная последовательность) глобальной сети, должны быть представлены в наиболее низкоуровневом для поисковой машины виде – последовательности бит. Если традиционные алгоритмы естественным образом зависят от длины исходной символьной или битовой последовательности, то предлагаемый алгоритм соответствует всем принципам параллельной обработки битовой информации с полной инвариантностью времени поиска к длине исходной битовой последовательности.

Ассоциативный поиск всех начал вхождений обеспечивается путем представления исходной битовой строки  $S$  длиной до  $p=n \times m$  разрядов в виде двумерной матрицы из  $n$  строк по  $m$  разрядов в каждой строке, где  $m$  определяется разрядностью битового образца  $O$ . При таком представлении строки  $S$  битовый образец  $O$  длиной в  $m$  разрядов параллельно сравнивается по  $n$  строкам матрицы в полном соответствии с известными способами ассоциативного поиска, что демонстрируется на рис. 1-7 для  $S=110010101100010$  и  $O=1001$ . И в случае положительного сравнения (рис. 3) и в противном случае (рис. 1, 5, 7) выполняется сдвиг  $S$  на 1 разряд в сторону начальной позиции (рис. 2, 4, 6) и выполняется следующий цикл параллельного сравнения образца по  $n$  строкам матрицы. В случае положительного сравнения начальная позиция вхождения сохраняется в память поисковой машины. Следовательно, для обнаружения всех начал вхождений битового образца в исходную битовую строку потребуется не более чем  $m-1$  сдвигов.

	↓	↓	↓	↓							↓	↓	↓	↓								
O=	1	0	0	1		O=	1	0	0	1		O=	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		O=	1	0	0	1
S=	1	1	0	0		S=	1	0	0	1		S=	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		S=	0	0	1	0
	1	0	1	0			0	1	0	1			0	1	0	1			1	0	1	1
	1	1	0	0			1	0	0	0			1	0	0	0			0	0	0	1
	0	1	0				1	0	←				1	0					0	←		

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

	↓	↓	↓	↓							↓	↓	↓	↓								
O=	1	0	0	1		O=	1	0	0	1		O=	1	0	0	1		O=	1	0	0	1
S=	0	0	1	0		S=	0	1	0	1		S=	0	1	0	1		S=	0	1	0	1
	1	0	1	1			0	1	1	0			0	1	1	0			0	1	1	0
	0	0	0	1			0	0	1	0			0	0	1	0			0	0	1	0
	0						←															

Рис. 5

Рис. 6

Рис. 7

Аппаратная реализация предлагаемого алгоритма основана на использовании ассоциативного устройства поиска информации [3], количество разрядных срезов (разрядность ячеек) которого определяется количеством битов в образце. В каждый момент времени ячейки ассоциативного устройства содержат один бит исходной битовой последовательности. Если ассоциативный поиск по разрядным срезам на совпадение с образцом не дает положительного результата, то фрагменты исходной битовой последовательности, загруженные в ячейки ассоциативного устройства, перегруппируются, смещаясь влево и вверх по разрядным срезам. При этом максимальное количество сравнений определяется только количеством бит в образце – количеством разрядных срезов – и равно  $m-1$ , где  $m$  – количество бит в образце.

Таким образом, предлагаемый аппаратно-ориентированный способ ассоциативного поиска битовой информации по большинству значимых критериев (быстрота обнаружения всех вхождений, малая ресурсоемкость, аппаратная поддержка, время на предобработку данных, параллелизм вычислительных процессов, нечеткий поиск) превосходит многие традиционные и современные алгоритмы поиска информации.

УДК 004.021

**Е.А. Титенко, С.В. Малюк, Д.А.Воронин**

johntit@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОИСКА ОБРАЗЦА**

Обработка символьной информации занимает огромные объемы вычислительных ресурсов в мировом масштабе. В связи с этим актуальны анализ и последующий выбор наиболее оптимального метода поиска.

Для определения наличия образца в тексте и его позиции были созданы различные методы, имеющие различную временную и емкостную сложности. При этом интересы разработчиков в области теории алгоритмов и устройств вычислительной техники связываются с уменьшением временной сложности процессов сопоставления и созданием аппаратно-ориентированных алгоритмов, а также устройств, их реализующих.

В процессе анализа будут рассматриваться следующие алгоритмы: использующие последовательное сравнение символов и предварительную обработку образца – стандартный, Кнут-Моррис-Пратта, Бойер-Мура, Бойер-Мур-Хорспула; алгоритм, использующий сравнение сигнатур строк – Карпа-Рабина; алгоритмы, ориентированные на аппаратную реализацию – Кулика и СДВИГ-И.

Для проведения сопоставительного анализа рассмотренных методов строится сводная таблица сравнения алгоритмов по предлагаемым критериям.

Сводная таблица сравнения алгоритмов поиска образца

Алгоритмы	Характер сравнения в процессе поиска	Возвраты при просмотре текста	Временная сложность предварительной обработки образца	Дополнительная емкостная сложность	Аппаратная ориентированность алгоритма	Степень распараллеливания
	1	2	3	4	5	6
Стандартный	1:1	+	Обработка отсутствует	Отсутствуют затраты	Низкая	Низкая
Кнут-Моррис-Пратта	1:1	-	$O(m)$	$m$	Средняя	Низкая
Бойер-Мура	1:1	+	$O( R +m)$ $+O(m)$	$ R +m$	Низкая	Низкая
Бойер-Мур-Хорспула	1:1	+	$O( R +m)$	$ R $	Низкая	Низкая
Карп-Рабина	N:M	+	Обработка отсутствует	Отсутствуют затраты	Средняя	Низкая
Кулика	1:N	+	Обработка отсутствует	$m*n$	Высокая	Высокая
Сдвиг-И	1:M	+	$O(m)$	$m$	Высокая	Высокая

Осуществляется переход к качественным оценкам и в 6-мерном пространстве строится квалиметрия алгоритмов поиска.

Как видно из диаграмм (рис. 1, 2), перевес имеют методы, в которых реализуется одновременное сравнение множества символов, в особенности ориентированные на аппаратную реализацию процессов поиска.

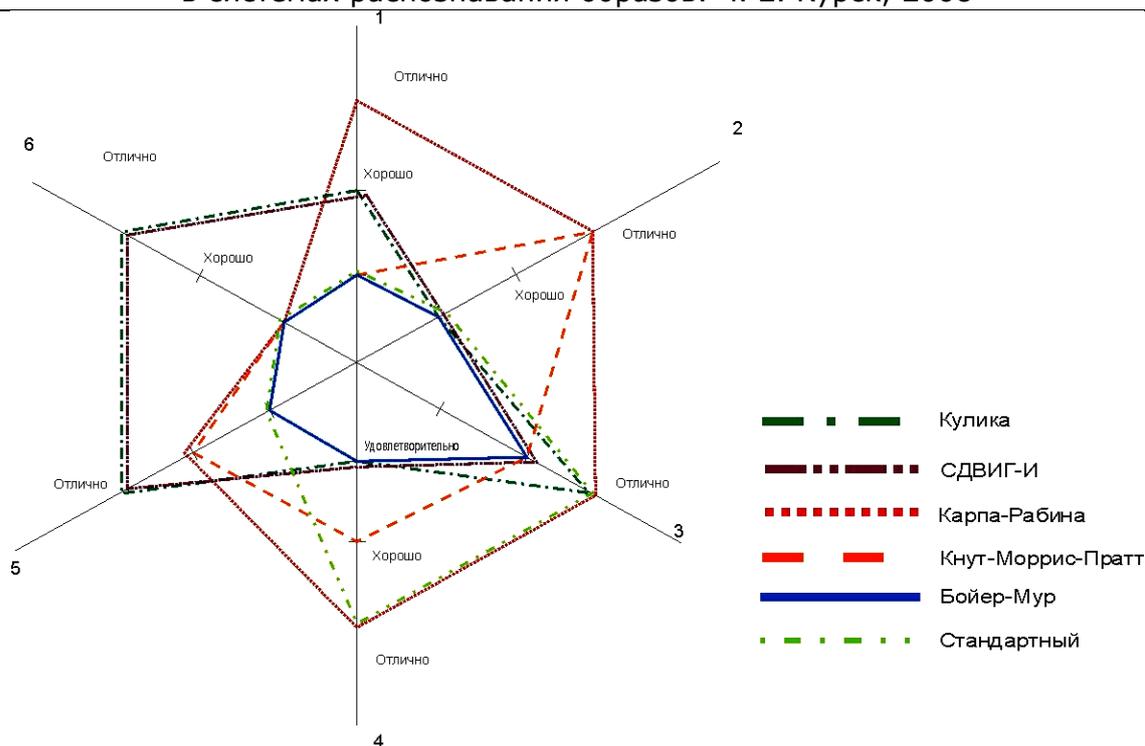


Рис. 1. Результаты сравнительного анализа существующих методов поиска образца

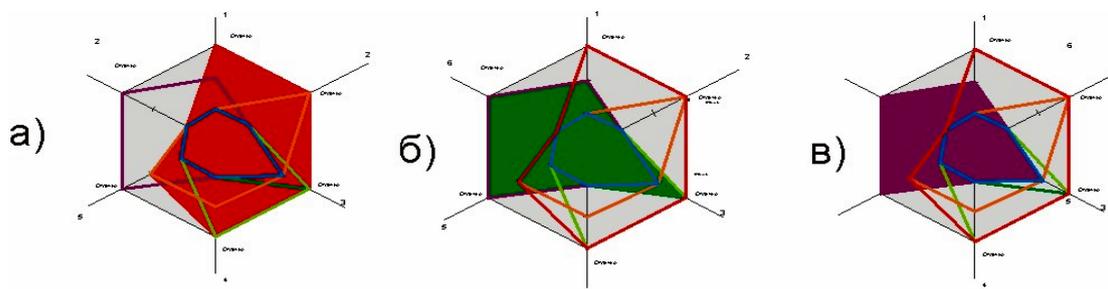


Рис. 2. Квалиметрия методов: а – Карпа-Рабина; б – Кулика; в – СДВИГ-И

УДК 622.765

**В.С. Титов, Д.С. Потапов, И.Е. Чернецкая**

dm-potapov@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ РУДНЫХ ПОТОКОВ**

Обеспечение оперативного контроля влажности железорудного концентрата является существенным фактором при поддержании устойчивого процесса производства окатышей. Точное и оперативное определение влажности концентрата в потоке позволит при производстве окатышей управлять

процессами дозирования бентонита и известняка, а также осуществлять расход энергоносителей при сушке и обжиге в области рациональных режимов.

Согласно техническим требованиям, установленным для контроля влажности железорудного концентрата, абсолютная погрешность измерения влажности не должна превышать  $\pm 0,3\%$ , что соответствует ошибке 3% при среднем значении влажности 10%.

На начальном этапе разработки опытного макета СВЧ – влагомера для оперативного контроля потока железорудного концентрата, поступающего на фабрику окомкования, была создана лабораторная установка для измерения диэлектрической  $\epsilon$  и магнитной  $\mu$  проницаемости в диапазоне:  $1 < \epsilon < 30$  и  $1 < \mu < 10$ , т.е. для контроля влажности концентрата, возникает необходимость решения задач одновременного измерения диэлектрической  $\epsilon$  и магнитной  $\mu$  проницаемости, что позволит исключить влияние содержания магнетита на результат определения влажности.

В состав макета СВЧ-влагомера входят: ЭВМ, измеритель комплексных коэффициентов передачи радиосигнала частот 100 кГц и 164 МГц, излучающая антенна для подачи сигнала на проходящий по конвейеру материал и принимающая антенна для улавливания прошедшего через материал сигнала.

Работа влагомера основана на измерении коэффициента передачи на частотах 164 МГц и 100 кГц; и дальнейшего преобразования этих результатов с целью цифровой обработки и индикации измеряемых величин.

Анализ результатов полупромышленных испытаний показал, что абсолютная погрешность измерения влажности не превышает  $\pm 0,2\%$ , что соответствует техническим требованиям, установленным для контроля влажности железорудного концентрата при производстве окатышей.

УДК 621.385:06

**В.А. Тобоев, С.В. Оборин**

stoboev@gmail.com

*Чувашский государственный университет*

## **ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ**

Основное предназначение модуля – контроль и управление микроклиматом помещений по основным физическим параметрам (температура, влажность, концентрация кислорода и углекислого газа). Управление нагрузками по температуре, влажности и газовому составу можно осуществлять по заданным режимам, например, по выходу измеряемых значений за пределы определенных интервалов. Предусмотрено также управление по дням недели,

дням в месяце, или по выбранным месяцам. Термостатирование (управление охлаждением или нагреванием) можно привязать к внешней температуре.

Телеметрический модуль (далее – просто модуль) имеет встроенную флэш-память для сохранения и накапливания значений измеряемых величин. Данные также могут быть в реальном времени считаны и сохранены по USB кабелю в память ПК. При использовании Bluetooth – адаптера кабель не требуется и оператор может получить данные с расстояния до 100 м. Для быстрой цифровой индикации измеряемых данных к модулю может быть подключен многострочный алфавитно-цифровой ЖКИ, в который встроен контроллер, аналогичный по интерфейсу основному контроллеру.

Размер модуля составляет 110x90x35 мм. К нему все датчики подключены с помощью съемных разъемов. Датчики миниатюрные, защищены сетчатыми колпачками. В качестве датчиков использованы: аналоговый датчик концентрации кислорода в воздухе KE-25 (Figaro Engineering Inc., Japan), аналоговый датчик углекислого газа HS-811 (Sencera, Taiwan), аналоговый датчик влажности НН-4000 (Honeywell International Inc., USA), цифровой датчик температуры DS18B20 (Maxim, Dallas Semiconductor, USA) и терморезистор СТЗ-19 (Россия). Возможно использование датчиков других типов.

Модуль имеет встроенные 32 КБ флэш-памяти, предназначенные для сохранения измерений. Одно измерение, включающее в себя значения текущей даты и времени, концентрации кислорода, углекислого газа, влажности и температуры занимает 15 байт, что позволяет хранить до 2184 измерений. Модуль имеет возможность автоматически производить измерения и сохранять их в своей памяти в виде таблицы. Интервал между измерениями – от 1 до 255 минут. Интервал в 10 минут обеспечит заполнение всей встроенной флэш-памяти примерно за две недели. При исчерпании флэш-памяти запись будет производиться поверх наиболее старых значений. Использование микросхем памяти больших объемов (до 128 МБ) позволяет записывать и сохранять данные в течение 6 месяцев непрерывных измерений.

Средний потребляемый модулем ток не превышает 500 мкА, что позволяет модулю непрерывно работать с одной подзарядки аккумулятора 6F22 емкостью 175 мА\*ч около двух недель. Имеется возможность подзарядки внешним зарядным устройством, а также подключения внешнего аккумулятора (например, это может быть свинцовый аккумулятор, если модуль работает при низких температурах). Внутри модуля имеется встроенная литиевая батарея, предназначенная для поддержания хода часов в случае полного разряда основного аккумулятора.

Измерительная часть телеметрического модуля реализована на базе 24-битного аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) AD7714YN фирмы Analog Devices. Эффективное разрешение АЦП составляет 19-20 бит, что обеспечивает 5-6 правильных знаков в измеряемом значении напряжения и определяет разрешающую способность модуля. В качестве источника опор-

ного напряжения (ИОН) использована микросхема REF195G с максимальным температурным коэффициентом  $5 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  в температурном диапазоне  $-40\dots+40^\circ\text{C}$ . Такой температурный коэффициент обеспечивает дрейф полной шкалы не более чем 0,04% во всем температурном диапазоне. Измерения АЦП можно проводить по четырем каналам, каждый из которых имеет настраиваемый предусилитель. Наличие предусилителя позволяет легко подключать к АЦП различные аналоговые датчики (магнитного поля, УФ, положения, скорости воздушных потоков и т.д.).

Аналоговые датчики и терморезистор (по мостовой схеме) подключены к АЦП. Измеренное выходное напряжение датчиков преобразуется АЦП в 24-битные коды, которые могут быть сохранены в модуле или выданы по запросу через интерфейс RS-232.

Сбор и обработка информации, а также организация интерфейса с компьютером осуществляется микроконтроллером PIC16F628A. Большую часть времени микроконтроллер находится в «спящем» режиме, что позволяет снизить средний потребляемый им ток до 100 мкА. На этом же микроконтроллере реализованы часы, стабилизированные кварцевым резонатором, с разрешающей способностью 1 минута. Точность хода характерна для кварцевых часов.

Калибровка аналоговых датчиков производилась по приводимым в документации к ним данным, т.е. по типичным для датчиков калибровкам. Вся процедура калибровки осуществляется вне модуля, интерфейсной программой на стороне компьютера. В нашем случае эта программа написана на C++. Модуль лишь выдает коды АЦП в ASCII-формате.

Формат команд общения с модулем и откликов от модуля позволяет использовать для работы с ним стандартные терминальные программы Windows, например, HyperTerminal. Для обработки и анализа данных можно использовать математические пакеты MathCAD, MATLAB, а графики строить в Origin, Excel и т.д.

УДК 37.01

**А.А. Толкушев, В.В. Умрихин, С.Н. Мальцев**

*Курский государственный технический университет*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ**

Автоматизированная система организации обучения, созданная в Ульяновском государственном техническом университете, в настоящее время является одной из наиболее работоспособных управленческих пакетов образовательного процесса. Она реализована за счет программных средств MS SQL Server 2000 и MS Access из пакета MS Office XP по технологии клиент-сервер. Рядовым пользователям данной системы необходимо знать работу

программы Windows XP, и пакета прикладных программ Office (Word, Excel, Access, Outlook). Клиентский пакет MS Access реализует всю логику работы программы и используется для визуализации ввода исходных данных, результатов работы и получения различных выходных документов в форматах MS Word и MS Excel.

Основой всей логической структуры построения различных процессов (организации учебного процесса, создания необходимых документов делопроизводства) является база данных, которая начинает формироваться с начала подачи заявления абитуриентом в учебное заведение. По мере прохождения абитуриентом, а позже студентом (слушателем) различных этапов поступления, зачисления, обучения, отчисления, взаимодействия его в процессе обучения с различными структурными подразделениями вуза база данных постоянно уточняется, что позволяет получать необходимую информацию в любой момент текущего времени, а также формировать необходимые для делопроизводства документы на бумажном носителе. Формирование текущих справочных данных для анализа учебного процесса как на мониторе компьютера, так и на бумажном носителе, удобно и быстро проводится с помощью конструктора списков MS Access.

Перед началом эксплуатации программного обеспечения необходимо внесение предварительной справочной информации, доступ к которой рядовым пользователям программы недоступен. Это гарантирует исключение ошибок рядовых исполнителей на различных стадиях образовательного процесса, начиная с приема документов, формирования личных дел, составления приказов учета информации, заканчивая оформлением приложений к дипломам студентов (слушателей). База данных структурно разделена на блоки анкетных данных студента, учетной информации, архива и нормативно-справочной информации.

Подпрограмма «приемная комиссия» позволяет формировать все необходимые документы на бумажном носителе по абитуриенту, для формирования личного дела, обрабатывать данные по вступительным испытаниям, формировать приказ на зачисление.

Подпрограмма «деканат» позволяет на основе приказа о зачислении проводить организацию учебного процесса в постоянных и временных группах, проводить индивидуальную работу со студентами с учетом их предыдущего образования, формировать запросы с помощью конструктора по успеваемости студента (слушателя), его оплате за обучение, выполнению учебного плана, печати академических справок, приложений к дипломам. Возможно также формирование диагностических сообщений по студентам, не сдавшим экзамены или курсовые работы, студентам, у которых не соответствует предлагаемый и присвоенный им аттестационные планы. При отчислении студента происходит его перемещение в архив, возможно его восстановление в студенты из архива. Недостатком программного обеспечения систе-

мы «деканат» следует считать невозможным автоматизированный перевод его на другие аттестационные планы, которые отличаются друг от друга незначительным количеством дисциплин, например дисциплинами специализаций. По данной схеме необходимо провести процедуру перезачетов ранее изученных дисциплин.

Подпрограмма «кафедра» позволяет вести личные дела преподавателей (тьюторов), учет учебно-методических материалов, создаваемых тьюторами.

Администратору баз данных отведены эксклюзивные режимы работ по ведению учетной карточки студента, архива льгот студентов, перерасчета плановых цен при замене прејскуранта цен на обучение, а также проведение ревизии всех баз данных.

Подпрограмма «лайт» позволяет студентам просмотреть в сети общую информацию о себе, о расписании, о состоянии изучения дисциплин, прејскурант цен, о курсовых работах, о собственной оплате за обучение, о преподавателях (тьюторах), статистику своей успеваемости.

Автоматизированная система организации обучения интегрирована с другими системами: автоматизированной информационно-библиотечной системой Mark-SQL, и WebCT. Интеграция с системой Mark-SQL позволяет просматривать книгообеспеченность, которая необходима при составлении расписания, текущего и перспективного планирования издания учебных пособий на различных носителях информации, информацию о читателях. Интеграция с системой WebCT, которая широко используется сейчас во всем мире, позволяет организовать сетевое обучение. Взаимодействие этих программ позволяет формировать индивидуальный график обучения, реализовать поиск и вывод справочной информации, формирование виртуальной группы провести загрузку и подписку на курс, в электронной системе обучения, вести статистику как по каждому студенту, так и по группе.

УДК 621.384.3

***И.П. Торшина***

*Московский государственный университет  
геодезии и картографии*

## **АДЕКВАТНОСТЬ КАК ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

Компьютерная модель оптико-электронных систем (КМ ОЭС) должна учитывать особенности оптико-электронных систем (ОЭС), их специфику и отвечать требованиям адекватности, универсальности и устойчивости. Адекватность характеризуется достоверностью отображения в модели некоторых заданных свойств ОЭС и условий его функционирования. Она может оцениваться способностью модели отображать эти свойства и условия с погрешно-

стью, не больше заданной. Одна из целей моделирования сводится к приближению модели к отображаемому объекту-оригиналу с требуемой степенью адекватности. Под универсальностью понимается возможность использования модели при рассмотрении, исследовании и проектировании различных явлений, объектов и систем. Устойчивость модели – способность сохранять адекватность при исследовании работоспособности системы в определенных условиях, а также при внесении изменений в конфигурацию модели.

Область адекватности модели определяется диапазоном значений входных данных модели, при которых погрешность моделирования не превышает заданного значения. Неопределенность этих данных (факторов) имеет различную природу: стохастическую (возникает из-за случайного характера проявления факторов), вариабельную (возникает из-за наличия нескольких возможных вариантов значений факторов) или параметрическую (принципиально не имеет стохастической природы и возникает из-за невозможности получения полной совокупности параметров).

Адекватность может быть выражена в количественной мере через различия свойств, отображаемых в модели, и свойств моделируемого объекта-оригинала (ОЭС), например, показателя функционирования (критерия качества ОЭС). Неадекватность или недостаточная адекватность модели часто объясняется несовершенством методов получения информации об объекте-оригинале, ограниченными возможностями средств моделирования для исследования и описания действительности, а иногда и ограниченными возможностями человека.

Адекватность и неадекватность модели связаны с упрощенностью и приближенностью математического аппарата, который применяется для описания моделируемых свойств объекта-оригинала (фоноцелевой обстановки, в которой работает ОЭС; звеньев ОЭС и др.). Кроме того, модель отображает объект-оригинал только в конечном числе свойств, главных с точки зрения будущего потребителя (пользователя) модели. Под упрощением модели понимается пренебрежение несущественными деталями (свойствами) или принятие предположений о более простых зависимостях, описывающих ОЭС и условия её работы, нежели это имеет место в действительности. Например, часто используемое представление ОЭС в качестве линейной системы – является упрощенной трактовкой реальности. Указанные обстоятельства и объясняют применение на практике упрощенных моделей.

Целесообразно после того, как составлено выражение, описывающее показатель функционирования ОЭС (критерий качества), оценить влияние изменения количественной оценки адекватности математических моделей (субмоделей) отдельных структурных частей (СЧ) ОЭС на адекватность КМОЭС. На основании этой оценки можно выявить СЧ, влияние которых на результирующую адекватность минимально. Следовательно, требования к адекватности этих субмоделей могут быть снижены, что позволит выбрать из баз данных СЧ более простые математические модели. Кроме то-

го, этот факт может быть учтен при локальной оптимизации этих СЧ. По значениям количественной оценки адекватности модели или субмодели можно также выдвигать требования к точности задания исходных данных в техническом задании на моделирование ОЭС, к адекватности данных в базах данных (БД), используемых при моделировании и форме их представления в БД.

Важно отметить, что при моделировании многодиапазонных (многоспектральных) ОЭС сведения о спектральных характеристиках различных объектов (целей) и фонов, содержащиеся в БД, необходимо оценивать с точки зрения их адекватности реальным условиям работы моделируемой ОЭС с учетом того факта, что эти условия могут отличаться от тех, в которых были получены данные, входящие в БД.

Для сравнения различных субмоделей требуется разработать и представлять оценки их адекватности, которые характеризовали бы изменение оцениваемого показателя адекватности при изменении точности задания входных данных субмодели. В качестве оценок точности могут выступать количественные показатели модельных испытаний, например, критерии качества работы, метрологические показатели. При этом количественные показатели тестирования модели (субмоделей) могут являться основой для руководства по улучшению (изменению) модели.

УДК 621.397.01

**Г.Г. Аньшаков, Е.Б. Болецкий, М.И. Труфанов,  
И.В. Журавлев**

*Центр информационных технологий в проектировании РАН  
Курский государственный технический университет*

## **ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ КАТАРАКТЫ НА РАННЕЙ СТАДИИ**

Актуальной задачей современного здравоохранения является создание и внедрение автоматизированных приборов ранней диагностики заболеваний, которые могут быть использованы низкоквалифицированным медицинским персоналом, что позволит выявлять заболевания уже при первичном медицинском осмотре, охватывающем широкие круги населения, и при необходимости направлять пациента на более детальное обследование.

Предлагаемое оптико-электронное устройство предназначено для выявления помутнения хрусталика глаза, являющегося признаком развития катаракты, и выполняет следующие функции: диагностику глаза посредством субъективной оценки видимости источника излучения видимого диапазона; автоматическое измерение степени помутнения хрусталика; сохранение данных во встроенной энергонезависимой памяти устройства; вывод ранее сохраненных данных; обмен данными с ПЭВМ.

Устройство состоит из подбородно-лицевого упора, вычислительного модуля на базе микроконтроллера Atmel, двух оптико-электронных каналов, содержащих световод, красный, инфракрасный светодиоды и фотоприемник.

После включения устройства устанавливается текущий уровень излучения красных светодиодов (рис., блоки 1-3 алгоритма). Осуществляется позиционирование световода таким образом, чтобы излучение светодиодов было направлено в зрачки. Если пациент не видит в торце световода красный свет, то производится увеличение мощности излучения до тех пор, пока пациент не начинает его видеть (блоки 4-7 алгоритма).

Затем происходит переход в следующий режим работы, предназначенный для диагностики катаракты посредством определения степени помутнения хрусталиков глаз (блоки 8 – 16 алгоритма). В блоке 9 выключается красный светодиод и включается инфракрасный (ИК) светодиод. При этом напряжение  $U_{IR}$ , подаваемое на инфракрасный светодиод, зависит от выбранного в блоках 1 – 7 уровня  $i_u$  излучения. Производится измерение напряжения  $U_{F1}$  на выходе фотоприемника (блоки 9, 10) и сравнение его с константой  $c_1$ . Добиваются расположения световода на таком расстоянии от глаза, при котором возможно автоматическое определение степени помутнения хрусталика.

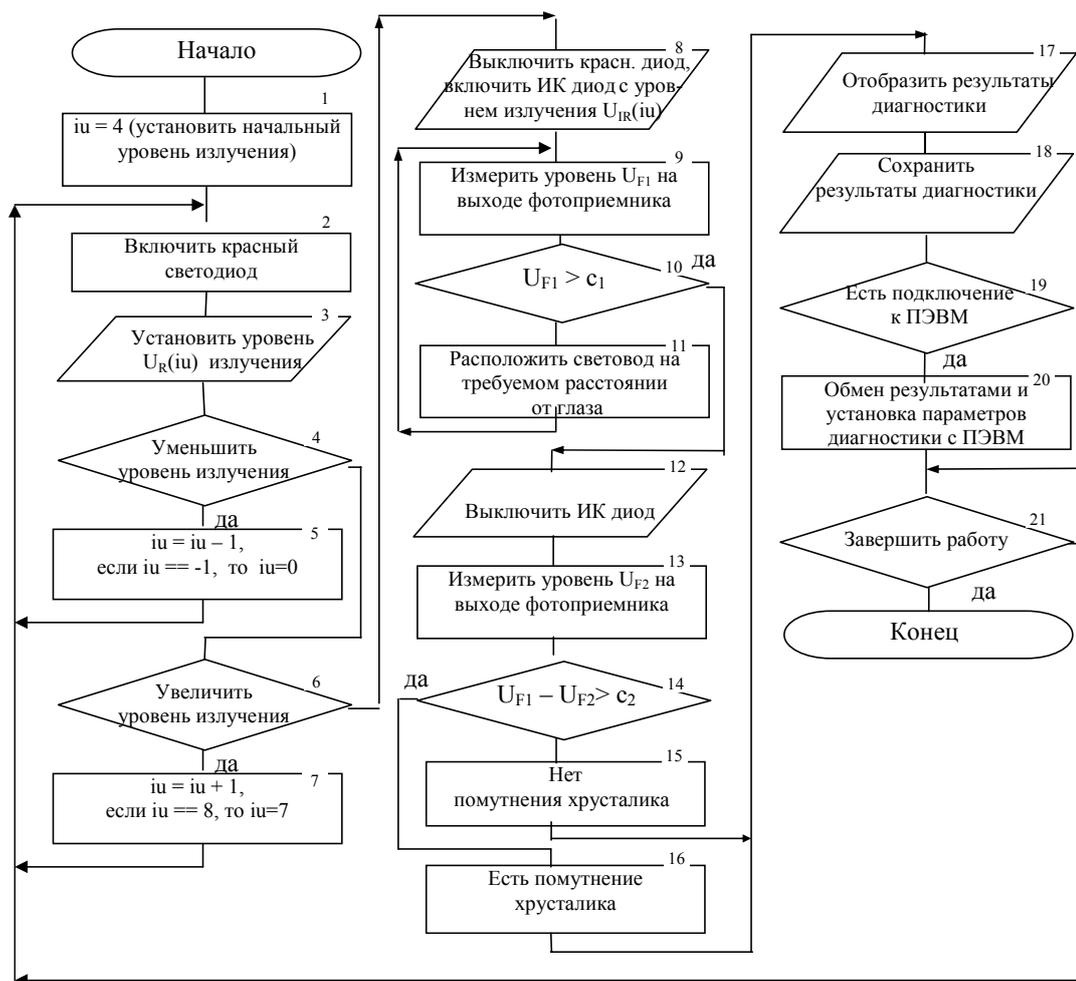


Рис. Алгоритм обнаружения катаракты оптико-электронным устройством

Отключается инфракрасный светодиод и измеряется напряжение  $U_{F2}$  на выходе фотоприемника, позволяющее учесть влияние фонового освещения на результат диагностики (блок 13).

Превышение разности напряжений  $U_{F1}$  и  $U_{F2}$  предварительно заданной константы  $c_2$  свидетельствует о помутнении хрусталика и возможном наличии катаракты (блок 16).

Отображение текущих и ранее записанных результатов производится в блоке 17. Полученные результаты могут быть записаны в энергонезависимую память устройства (блок 18).

При наличии связи с ПЭВМ (блоки 19, 20) могут быть произведены операции:

- передачи результатов диагностики в ПЭВМ;
- записи в энергонезависимую память устройства параметров диагностики.

Далее процесс диагностики может быть повторен с очередным пациентом или завершена работа.

Представленное оптико-электронное устройство может быть использовано для скрининг-диагностики катаракты у широкого круга пациентов при диспансеризации и других видах первичных медицинских осмотров, что обеспечит своевременное обнаружение отклонений зрения.

УДК 621.397.01

**М.И. Труфанов**

*Курский государственный технический университет*

## **БИНОКУЛЯРНАЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОТКЛОНЕНИЙ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Широко распространенные способы диагностики бинокулярного зрения человека практически не изменились за последние несколько десятилетий и основаны на субъективном анализе признаков заболевания врачом, что приводит, в случае низкой квалификации врача, к несвоевременному и, иногда, неправильному определению диагноза. Применение инструментальных средств диагностики позволяет точно измерять количественные признаки заболевания и объективно ставить диагноз.

Для диагностики офтальмологических заболеваний наиболее целесообразным является применение оптико-электронных устройств (ОЭУ), позволяющих бесконтактно и быстро измерять параметры зрения человека и адекватно и своевременно ставить диагноз. Одним из заболеваний, вызванным отклонениями глазодвигательного аппарата, является косоглазие.

Предлагаемая оптико-электронная система реализует принцип диагностики косоглазия, основанный на измерении параметров саккадических (быстрых) движений зрачков глаз при фиксации взгляда человека на заданной врачом точке по изображениям, поступающим с двух видеокамер, составляющих бинокулярную оптико-электронную систему. Отличительными особенностями принципа функционирования устройства является измерение трехмерных координат зрачков глаз, позволяющее с большей точностью определять степень косоглазия, а также обнаружение зрачков на изображении способом, характеризующимся низкой вычислительной сложностью, обеспечивающим измерение параметров движений зрачков (направления, амплитуды) при помощи несложного с точки зрения схемотехнической реализации аппаратного модуля.

Оптико-электронная система состоит из видеокамер, модулей ввода изображения и персональной ЭВМ, обеспечивающей формирование на экране дисплея тестовых объектов и измерение параметров движения глаз в процессе наблюдения человеком предъявляемых ему объектов.

Диагностику производят следующим образом. На экране дисплея формируются тестовые объекты – геометрические фигуры. Испытуемого в различные моменты времени просят наблюдать тестовые объекты.

На вход ПЭВМ поступает изображение  $I$ , представляющее собой двумерную матрицу, элементами которой являются яркости пикселей кадра:

$$I = I(x,y)|_{x=1,\bar{X},y=1,\bar{Y}},$$

где  $X, Y$  – размер кадра изображения.

На изображении при помощи специального программного обеспечения, установленного в ПЭВМ, производится определение двумерных координат центра каждого зрачка. Последовательно пиксель за пикселем сравнивают значение яркости текущего анализируемого пикселя с пороговой величиной  $I_p$ , позволяющей отделить зрачок от фона, и формируют массив  $P$ , содержащий множество координат  $(x_i, y_i)$  пикселей, имеющих яркость, меньше пороговой  $I_p$

$$P = \{P_i\}|_{i=1,\bar{N}_e}, P_i = \{x_i, y_i\}: I(x_i, y_i)|_{x_i=1,\bar{X},y_i=1,\bar{Y}} < I_p.$$

По сформированному массиву  $P$  производится определение средних арифметических абсцисс  $x_e$  и ординат  $y_e$  пикселей, имеющих яркость меньше пороговой  $I_p$ . Затем на изображении в области, ограниченной окружностью с центром в точке  $(x_e, y_e)$  и радиусом  $r_e$  (где  $r_e$  – радиус зрачка на изображении), производится подсчет количества  $n_p$  пикселей, принадлежащих массиву  $P$ .

При превышении количества  $n_p$  указанных пикселей площади  $S_e$  зрачка более, чем в  $k_s$  раз

$$\frac{n_p}{S_e} > k_s, \tag{1}$$

$$k_s \in [0,3; 1,0]$$

делается вывод о том, что на изображении найден зрачок с центром с координатами в точке  $(x_e, y_e)$ .

В случае если массив  $P$  пустой, или не выполнено условие (1), принимается решение о том, что глаз закрыт.

На основе двумерных координат глаза, определяемых по изображениям, поступающим с различных видеокамер, ПЭВМ рассчитывает трехмерные координаты и оценивает направление взгляда.

Определяемые для каждого  $k$ -го кадра изображения координаты зрачка  $(x_{ek}, y_{ek}, z_{ek})$  и признак «закрытый/открытый глаз» сохраняются в массиве  $E$ .

Анализ массива  $E$  с запаздыванием относительно реального времени на время  $\Delta t$  поступления нескольких кадров обеспечивает определение траектории движения зрачка (рис. 2б) и выявление саккадических движений, что позволяет исследовать механизм анализа тестового объекта зрительной системой и выявить отклонения зрения.

Для экспериментальной проверки созданного устройства создана имитационная модель, описывающая принципы формирования изображения в оптико-электронном устройстве диагностики и процесс наблюдения точки в пространстве глазами человека. Результаты экспериментов на имитационной модели подтвердили возможность практической реализации предложенного устройства. Устройство может быть применено при решении медицинских задач, связанных с анализом движения зрачков глаз, в частности, диагностики косоглазия и нистагма.

УДК 004.896:621.865

**А.В. Тырышкин, А.А. Андраханов**

taw@tcde.ru, rim1282@mail.ru

*Томский государственный университет систем управления  
и радиоэлектроники*

## **НЕЧЕТКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ МГУА В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ**

В настоящее время большое внимание уделяется задаче распознавания препятствий для автономных мобильных роботов (АМР). В частности, отмечаются следующие особенности задачи распознавания препятствий:

- объекты распознавания являются сложными плохо-обусловленными системами с размытыми характеристиками; априорной информации об объектах недостаточно;
- перед тем, как классифицировать объекты по признаку препятствие/непрепятствие необходимо произвести классификацию по признаку полезный/бесполезный с точки зрения целей объект;

- для разделения ряда объектов (определяемых авторами как «условные препятствия» [2]) на препятствия и непрепятствия необходим учет внутренних параметров АМР;
- в соответствии с предложенной авторами схемой классификации задача распознавания препятствия в лучшем случае является двухступенчатой, а в худшем – шестиступенчатой;
- нет необходимости в полной идентификации объекта.

Выявленные особенности показали тесную взаимосвязь задачи распознавания препятствий с другими частными задачами управления роботом. С учетом этих особенностей была предложена структура системы и метод управления автономным роботом на основе двухуровневого итерационного алгоритма МГУА. Применение индуктивного метода МГУА позволяет автоматически находить знание об объекте непосредственно по выборке данных. Этот метод показал свою эффективность в задачах распознавания образов, нахождения эмпирических закономерностей, прогнозирования. Несмотря на множество удачных практических применений МГУА, работы по применению этого метода в задаче управления автономными комплексами встречаются крайне редко и относятся к новейшим разработкам.

Известно, что при решении задачи распознавания образов можно непосредственно применять алгоритмы МГУА, если перейти от дискретной постановки задачи к использованию непрерывной функции принадлежности изображений к тому или иному образу. Только при непрерывных переменных можно получить преимущества нефизических моделей и решающих правил [5]. В связи с этим, на первом уровне предложенного алгоритма предлагается переход к непрерывной функции принадлежности за счет наличия области условных препятствий. То обстоятельство, что выходной функцией второго уровня итерационного алгоритма является управляющая функция, позволяет использовать аппарат нечеткой логики для перехода к непрерывным функциям принадлежности и непосредственному управлению роботом.

УДК 378

***В.В. Умрихин, А.А. Толкушев, С.Н. Мальцев***

dir@kstu.kursk.ru

*Курский государственный технический университет*

## **РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В КУРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Под дистанционными образовательными технологиями понимаются технологии, реализуемые с применением информационных и телекоммуни-

кационных средств при опосредованном (на расстоянии) или не полностью опосредованном взаимодействии обучающегося и преподавателя.

В дистанционном образовании применяются следующие технологии обучения: кейс-технологии, сетевые технологии и технологии видеоинтерактивного обучения, а также вариации этих технологий.

Кейс-технологии предполагают при обучении использовать учебно-методические материалы на бумажном носителе (CD-дисках, аудио- и видеокассетах и т.д.) с очным посещением консультаций и последующей аттестацией.

Сетевые технологии базируются на использовании локальных и глобальных сетей Интернет и Интранет и реализуют все формы взаимодействия между преподавателем и студентами: представление в сети учебно-методических материалов, предназначенных для самостоятельной работы студентов; организацию общения, консультации с преподавателем; взаимодействие группы студентов между собой и с преподавателем, проведение контрольных мероприятий.

Технологии видеоинтерактивного обучения (видеоконференцсвязи) используют глобальные и локальные сети для взаимодействия обучающихся с преподавателем и между собой в режиме реального времени. Это обучение позволяет максимально приблизить дистанционное обучение к классическому, обеспечивает возможность удаленной организации определенных форм учебного процесса: лекций, семинарских занятий, лабораторных и практических занятий, консультаций, экзаменов и т.д.). Эти технологии позволяют людям видеть и слышать друг друга посредством соединения преподавателя и обучаемого через компьютерные сети, либо по каналам цифровой связи.

Для организации обучения по дистанционным технологиям в Курск-ГТУ в 2002 году был организован Центр дистанционного образования. В настоящее время обучение проводится по кейс-технологиям по заочной форме по следующим специальностям: юриспруденция, менеджмент организации, финансы и кредит, государственное и муниципальное управление. Количество обучающихся составляет более 1300 человек. Консультации с обучающимися проводятся по субботам. Разработаны учебные планы, в которых общее количество часов работы преподавателя с обучающимся составляет около 180 часов за учебный год.

Для организации сетевых дистанционных технологий за основу взята автоматизированная система организации обучения (АСОО) Ульяновского государственного технического университета. АСОО включает две многоуровневые, многофункциональные подсистемы:

1. Организация, технология, управление образовательной деятельностью, условно названная «Менеджмент, организация, технология (МОТ)».

2. Интегрированная среда разработки и использования сетевых (электронных) курсов, условно названная «Технология образовательных ресурсов (ТОР)».

Подсистема МОТ автоматизирует работы приемной комиссии, деканатов, кафедр, учебной части, отдела кадров, планово-финансовой деятельности, бухгалтерского учета, учета основных средств, расчета заработной платы и другие сферы деятельности вуза. Функции, выполняемые данной подсистемой, позволяют создать в Интернете сайт для передачи обучаемому на расстоянии учебно-методических материалов по дисциплинам, ведение образовательных процессов, организацию учета обучения студентов через Интернет.

Подсистема ТОР обеспечивает разработку учебных материалов, хранение учебного материала в репозитории, системы поиска и авторизации, ведение учебного процесса и т.д.

КурскГТУ является партнером Московского государственного строительного университета, который в рамках реализации национального проекта «Образование» осуществляет инновационный локальный проект «Создание Открытой сети передачи и распространения профессиональных знаний, в том числе для бизнес-образования в строительной отрасли». В рамках этого проекта в КурскГТУ создан Региональный центр открытой сети в строительной области (РЦОС). Ресурсное обеспечение РЦОС включает:

- компьютерный класс на 14 мест;
- комплект спутникового (приемо-передающее оборудование) и мультимедийного оборудования;
- сервер;
- программное обеспечение.

Это оборудование позволяет организовать учебный процесс с применением технологий видеоконференцсвязи.

УДК 681.5

***В.А. Умрихина***

valentinka\_u@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ**

Одной из основных проблем при создании авиационного оборудования является разработка автоматизированных систем контроля их параметров в целях производства, эксплуатации и ремонта. В последнее время вопрос о сопровождении произведенных изделий и разработке к ним аппаратуры кон-

троля становится все более актуальным в условиях жесткой конкуренции на рынке авиационного оборудования.

Одним из путей решения проблемы автоматизации процесса диагностирования авиационного оборудования является применение объектного принципа построения аппаратуры контроля (рис.) в виде единой программно-аппаратной системы, имеющей возможность гибко менять как аппаратную, так и программную конфигурацию.

Основными требованиями к такой аппаратуре, вытекающими из мировых тенденций, являются: автоматизация процессов контроля параметров, т.е. разработка аппаратуры с применением вычислительной техники, модульный принцип построения аппаратной части.

Автоматизированная аппаратура контроля предназначена для контроля работоспособности электронных устройств специального назначения (в дальнейшем объектов контроля (ОК)) и обеспечивает обмен информацией с ОК в соответствии с программой тестового контроля при помощи следующих видов функциональных связей: разовые команды, аналоговые сигналы, двуполярный код, магистральный последовательный интерфейс. На предприятии контроль ОК обычно проводится пошаговым ручным тестовым методом с применением технологического стендового оборудования и имитационных устройств.

Разрабатываемая аппаратура контроля работоспособности ОК обеспечивает формирование необходимой номенклатуры и состояний входных сигналов и массивов информации ОК, контроль состояния выходных сигналов и массивов информации ОК в реальном масштабе времени, измерение длительности, периода и интервала между сигналами, измерение количества импульсов, анализ информации, поступающей с ОК, предупреждение о неправильной работе ОК, визуализацию результатов контроля.



Рис. Аппаратура контроля

Принцип действия автоматизированной аппаратуры контроля заключается в пошаговых стимулирующих воздействиях на ОК и пошаговом сравнении полученных от него данных с заранее заданными эталонами. Последовательность шагов, описывающая алгоритм проверки работоспособности ОК, составляет программу тестов контроля.

Достоинствами разрабатываемой автоматизированной аппаратуры контроля являются высокая степень автоматизации процесса контроля ОК, высокая достоверность контроля, возможность наращивания дополнительных функций контроля программным способом, отображение результатов контроля в режиме реального времени на матричном буквенно-цифровом индикаторе с возможностью контроля со стороны оператора.

УДК 519.218

***О.С. Урмаев, И.Н. Синицын***

*Институт проблем информатики РАН*

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ В ПОТОКЕ**

В настоящее время широко распространены различные технологии, связанные с проблематикой интеллектуального видеонаблюдения. В частности, широко представлены методы автоматической детекции человеческого лица в видеопотоке, поступающего с камер наружного наблюдения. В большинстве приложений, связанных с видеонаблюдением, разработчики ограничиваются данной технологией для частичной автоматизации работы оператора. В то же время интенсивное развитие биометрических технологий позволяет с достаточной степенью надежности распознавать человека по цифровой фотографии. Естественным развитием данных подходов является создание системы видеонаблюдения с функцией автоматического распознавания лиц. В настоящее время существует ряд систем такого рода. Однако их количество далеко от числа распространенных технологий по распознаванию лиц и детекции лиц в видеопотоке. В такой ситуации является перспективным создание специализированных методов, позволяющих синтезировать системы распознавания лица в видеопотоке на основе отдельно поставляемых технологий распознавания и извлечения лиц. Такой подход позволяет одновременно удешевить получаемые системы видеонаблюдения и улучшить качество функционирования за счет большего выбора отдельных компонент.

Возможны два принципиально методологических отличных подхода к данной проблеме. Первый заключается в выделении изображения приемлемого качества из видеопотока или серии лиц в схожем ракурсе предельно низкого качества (низкая четкость, плохое разрешение) с целью дальнейшего сравнения полученного изображения высокого качества с эталоном. Второй –

сравнение всей серии кадров с эталоном с последующим вычислением итоговой меры сходства на основе информации о мере сходства отдельных кадров с базой эталонов. В данном докладе рассматривается второй путь к созданию методов и информационных технологий автоматического распознавания лиц в видеопотоке. Отметим следующие основные проблемы предложенного подхода:

- стандартизация входных и выходных данных библиотек;
- алгоритмы идентификации по серии изображения лица;
- одновременное исполнение нескольких библиотек.

На сегодняшний день стандарты по представлению биометрической информации, полученной из видеопотока, практически отсутствуют. При разработке интеграционных решений в данной области следует опираться на требования стандартов по лицевой биометрии, которым стараются следовать производители алгоритмов и библиотек по распознаванию лица. Здесь, в первую очередь, следует отметить следующие стандарты: bioAPI и ГОСТ Р ИСО/МЭК 19784-х. Согласно требованиям этих стандартов, библиотека распознавания изображения лица имеет две функции: регистрация (получение компактного шаблона изображения лица) и сравнение двух шаблонов. Соответственно, в ходе видеонаблюдения выполняются следующие действия: извлечение лиц из кадра; регистрация, создание шаблона для каждого лица; сравнение с базой эталонов; по окончании серии (человек покидает кадр), идентификация по результатам сравнений изображений лица данного человека с базой эталонов.

С методологической и алгоритмической точки зрения, интерес представляет последняя функция, поскольку первые три стандартно реализованы в соответствующих библиотеках прослеживания и сравнения лиц. Функция идентификации человека по серии цифровых изображений реализуема методами интеграции биометрической технологий. А именно, требуется достичь минимальных ошибок распознавания на основании мер сходства отдельных кадров с эталоном. Авторами разработаны алгоритмы, решающие данную проблему.

При выбранном подходе приходится также решать проблемы с одновременным исполнением на одном вычислительном средстве модулей. Многоядерная архитектура современных настольных компьютеров частично снимает эту проблему. Однако на специализированных вычислительных средствах при ограничении на производительность, следует уделять определенное внимание выделению приоритетных процессов. В видеонаблюдении безусловно наиболее критичной задачей является обработка видеосигнала, поскольку несвоевременная обработка видеопотока может привести к значительному запаздыванию процесса видеонаблюдения.

Изложенные подходы реализованы в виде экспериментального программного обеспечения. Измеренная динамика ошибок в зависимости от

длины серии показывает, что ошибки распознавания значительно падают с числом обработанных кадров. Более того, они существенно меньше, чем заявленное качество распознавания библиотеки сравнения лиц на базах фронтальных фотографий FERET. Данное обстоятельство связано, в первую очередь, с тем, что выбранный подход во многих случаях устраняет такой критичный фактор для идентификации по лицу, как угол поворота головы.

УДК 621.315.592

**А.С. Хайрулина, Н.С. Грушко**

white-led@mail.ru

*Ульяновский государственный университет*

## **СПЕКТРЫ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ И ПАРАМЕТРЫ РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ СТРУКТУР $IN_{x}Ga_{1-x}N/Al_{y}Ga_{1-y}N/GaN$ С ЛЮМИНОФОРНЫМ ПОКРЫТИЕМ**

Широкое применение белых светодиодов (СД) во многом определяется их преимуществами. Высокие значения квантового выхода открывают возможность создания на основе таких СД источников белого света, способных составить конкуренцию существующим лампам накаливания. Влияние дефектов на основные параметры не выяснено до сих пор. Ведется поиск путей повышения яркости СД, возможности использовать их в других областях и приборах. Реальное положение дел определяется дефектами в  $GaN$  структурах, плотностью дислокаций между подложкой и пленкой и т.д. Не выясненные вопросы затрудняют работу над улучшением параметров приборов. Благодаря однодолинной структуре нижней зоны проводимости нитридные структуры  $InGaN/AlGaN/GaN$  могут создать конкуренцию материалам  $GaAs/AlGaAs$  в приборах с поперечным транспортом. Нами предложены способы определения параметров глубоких уровней, участвующих в формировании рекомбинационного потока для структур  $AlGaN/InGaN/GaN$  и  $InGaN/SiC$ , используя  $R_{np}$ , вероятность туннелирования и концентрацию  $N_{2l}$ . В данной работе изучается туннельная рекомбинация. В белых СД (фирма Foryard Optoelectronics) на основе  $InGaN/AlGaN/GaN$  с тонким активным слоем  $InGaN$  и верхним люминофорным покрытием (алюмоиттриевый гранат, активированный церием), полученных на подложке  $Al_2O_3$ , определены параметры центров рекомбинации по приведенной скорости рекомбинации  $R_{np}$ : энергии активации и соответствующие им коэффициенты захвата. Установлен диапазон изменения концентрации глубоких уровней  $N_{2l}$  и вероятности туннелирования в интервале изменения напряжения  $1 \div 2V$ .

Анализ приведенной скорости рекомбинации  $R_{np}(U)$  дает возможность определить коэффициент захвата уровня и его энергию активации. Измерены температурные зависимости прямых ВАХ ( $291 \div 333K$ ) и по зависимости  $R_{np}(U)$  определены энергии шести уровней  $E_a$ , эВ:  $0,889$ ;  $0,773$ ;  $0,697$ ;  $0,547$ ;  $0,36$ ;  $0,273$  и коэффициенты захвата при условии  $c_n=c_p=c$ ,  $см^3/с$ :  $2,33$ ;  $1,83 \cdot 10^{-3}$ ;  $1,58 \cdot 10^{-3}$ ;  $1,21 \cdot 10^{-4}$ ;  $3,14 \cdot 10^{-3}$ ;  $1,76 \cdot 10^{-7}$ . На зависимости  $\partial\beta/\partial U = f(U)$  проявляются те же уровни. Наблюдается совпадение  $E_a$  в пределах погрешности. Для уровня  $0,697$  эВ  $c=f(T)$  с ростом температуры уменьшается на порядок величины в исследованном диапазоне температур. Установлено, что основным механизмом токопереноса является туннелирование с участием прыжкового механизма. Вероятность туннелирования  $\omega/N=f(U)$  изменяется от  $1 \cdot 10^{-13} \div 7,5 \cdot 10^{-13} см^3/с$ . Концентрация  $N_{zt}=f(U)$  принимает значения  $2 \cdot 10^{16} \div 4,5 \cdot 10^{16} см^{-3}$  в диапазоне напряжений  $1 \div 2В$ . Это важные величины, так как при указанном механизме токопереноса они учитываются при вычислении параметров. Коэффициенты захвата имеют большую величину. Это может указывать на существование комплексов.

Зависимость КПД от напряжения на образце определялась из измерений зависимости яркости ( $B$ ,  $кд/м^2$ ) излучения исследуемой структуры от напряжения. КПД определяется как отношение оптической мощности к электрической:  $\eta = \frac{P_0}{P_{эл}} = \frac{P_0}{IU}$ , где  $U$  – напряжение, приложенное к исследуемой

структуре;  $I$  – протекающий через нее ток. Полученный КПД составляет 34% с учетом полученной остронаправленной диаграммы направленности. Результаты говорят о возможности применения белых СД в освещении. Электролюминесценция измерялась при комнатной температуре в диапазоне  $U = 2,5 \div 3,6$  В. Основная полоса излучения  $\hbar\omega_{max} = 2,69$  эВ ( $\lambda \approx 460$  нм) обусловлена рекомбинацией между квантовыми уровнями в квантовой яме. При малых напряжениях приложенного к структуре смещения наблюдается пик  $\lambda = 430$  нм ( $\hbar\omega = 2,88$  эВ), который может быть объяснен примесными состояниями с глубокими уровнями в запрещенной зоне. При увеличении напряжения происходит насыщение примесных состояний, и интенсивность этого пика становится пренебрежимо малой. Можно предположить, что энергия его максимума обусловлена зона-зонными переходами в материале GaN с хвостами плотности состояний, т.е. при малых напряжениях на структуре носители проскакивают КЯ и рекомбинируют в основном материале. С увеличением напряжения на структуре, вероятно, усиливаются процессы безызлучательной рекомбинации, т.е. туннельный поток поставляет в основной материал большее количество носителей. Увеличение отношения интенсивностей чипа и люминофора ( $J_{ч}/J_{люм}$ ) с повышением напряжения показывает, что эффективность преобразования излучения уменьшается. Это объясняется дина-

мическим насыщением центров свечения в люминофоре при больших плотностях мощности возбуждения.

УДК 61

***Р.С. Халед Абдул, В.Н. Шевякин, С.А. Филист***

SFilist@gmail.com

*Курский государственный технический университет*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОПЛЕТИЗМОГРАММ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ**

Многолетний опыт использования низкоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ) в медицинской практике свидетельствует о том, что низкоинтенсивное лазерное терапевтическое воздействие обладает существенными преимуществами перед общепринятым медикаментозным лечением. Для эффективной НИЛТ необходимо владеть информацией о величине порогового уровня низкоинтенсивного лазерного излучения, влияющего на организм пациента. Эти уровни различны у разных людей. Поэтому проблема подбора индивидуальных доз лазерного воздействия до настоящего времени остается актуальной.

Для предупреждения отрицательных реакций НИЛТ необходима комплексная методика, ключевую позицию в которой занимает система мониторингового контроля адаптационных свойств организма во время выполнения сеанса, позволяющая оценить влияние внешних воздействий на адаптационные резервы организма.

Одним из важнейших показателей нормального физиологического состояния органа или ткани является капиллярный кровоток, для исследования которого наиболее целостно подходит методика фотоплетизмографии.

Одной из важнейших характеристик фотоплетизмограммы является ее спектр. Морфологию спектра фотоплетизмограммы иллюстрирует рис. 1.

Спектр Фурье фотоплетизмограммы определен в окне шириной 30 с. По энергетическому составу в нем преобладают волны первого порядка и их высшие гармоники. Поэтому, исходя из рис. 1, в оконном спектре фотоплетизмограммы можем выделить сегмент дыхательной волны (I), сегмент первой гармоники кардиоцикла (II) и сегменты высших гармоник кардиоцикла (III). В третьем сегменте могут быть от одной до пяти гармоник. Так как амплитуда первой гармоники кардиоцикла максимальна, то все остальные амплитудные параметры целесообразно нормировать относительно этой гармоники, то есть амплитуда первой гармоники не рассматривается как информа-

тивный параметр. Это объясняется тем, что амплитуды гармоник зависят от ряда факторов, не связанных с адаптационным резервом человека.

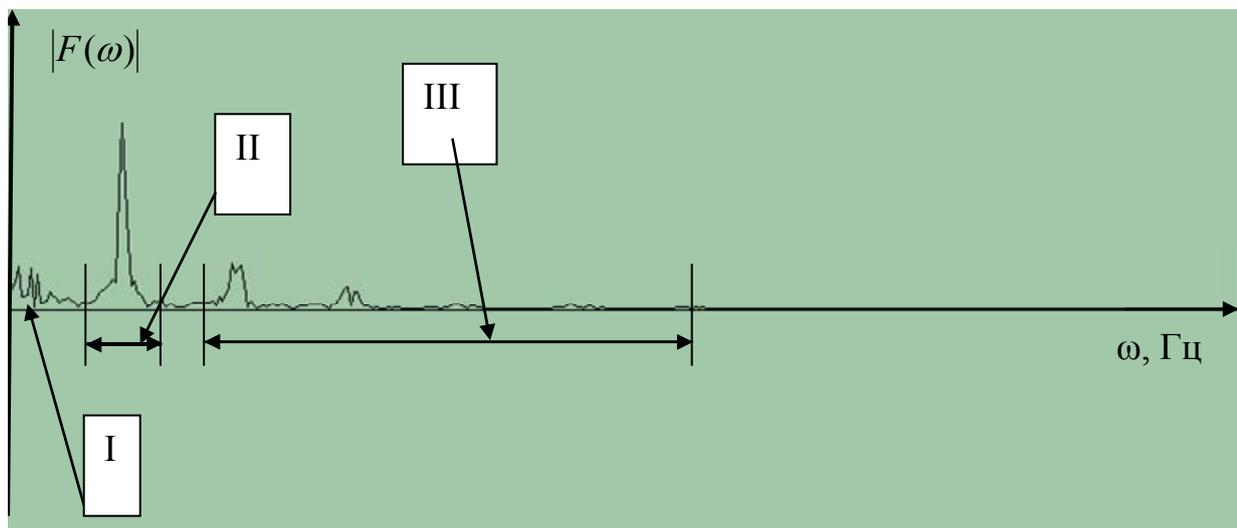


Рис. 1. Амплитудный спектр Фурье фотоплетизмограммы

Следовательно, амплитудные параметры спектра фотоплетизмограммы дадут столько информативных признаков, сколько гармоник в третьем сегменте фотоплетизмограммы. В то же время, первая гармоника весьма полезна тем, что за счет высокой амплитуды ее координата локализуется с высокой точностью и, локализовав ее координату, можно определить координаты кратных ей гармоник третьего сегмента с достаточной точностью, несмотря на возможность высокого зашумления в этом сегменте.

Принимая во внимание только три первых гармоники кардиоцикла, получаем два информативных параметра, определяемых по следующим формулам:

$$X1 = \frac{|F(\omega)|_{2\max}}{|F(\omega)|_{1\max}}, \quad (1)$$

$$X2 = \frac{|F(\omega)|_{3\max}}{|F(\omega)|_{1\max}}, \quad (2)$$

где  $|F(\omega)|_{i\max}$  – модуль максимальной амплитуды в полосе  $i$ -й гармоники кардиоцикла спектра фотоплетизмограммы.

Такое нормирование еще полезно и тем, что если в спектре отсутствует одна или несколько кратных гармоник, то информативные признаки, связанные с этими параметрами спектра фотоплетизмограммы, принимают значение нуля.

Таким образом, на каждой гармонике фотоплетизмограммы выделяем два информативных параметра:

- ширина гармоники (ширина частотного диапазона, который занимает гармоника);
- частота гармоники.

Рис. 2 иллюстрирует методику определения амплитудных и частотных параметров спектра фотоплетизмограммы, которая может быть отнесена к любой гармонике фотоплетизмограммы.

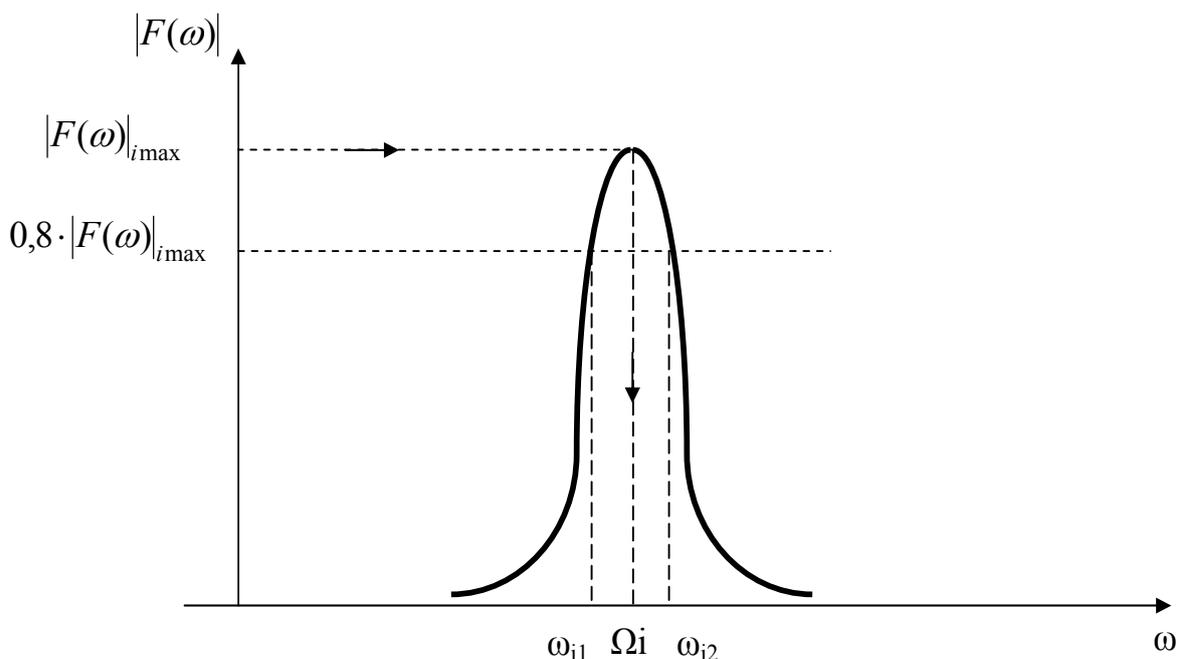


Рис. 2. Способ определения абсцисс полосы частот, занимаемой гармоникой фотоплетизмограммы

Все гармоники кардиоцикла на фотоплетизмограмме размыты, то есть занимают некоторую частотную полосу (это объясняется нестационарностью сигнала в окне). На рисунке эта полоса ограничена координатами  $\omega_{i1}$  и  $\omega_{i2}$ .

Информативные параметры, соответствующие частотным координатам гармоник кардиоцикла фотоплетизмограммы, определяются по следующим формулам:

$$X3 = \omega_{i2} - \omega_{i1}, \quad (3)$$

$$X4 = \omega_{22} - \omega_{21}, \quad (4)$$

$$X5 = \omega_{32} - \omega_{31}, \quad (5)$$

$$X6 = \Omega_1 = (\omega_{i2} + \omega_{i1})/2, \quad (6)$$

$$X7 = \Omega_2 = (\omega_{22} + \omega_{21})/2, \quad (7)$$

$$X8 = \Omega_3 = (\omega_{32} + \omega_{31})/2. \quad (8)$$

Кроме спектральных полос гармоник кардиоцикла на спектрограмме фотоплетизмограммы имеются спектральные полосы, вызванные дыхатель-

ным циклом (приблизительно 0,33...0,4 Гц) и спектральная полоса 0,1 Гц. Координаты этих спектральных полос определяются эмпирически, так как не у всех пациентов они ярко выражены. Поэтому в качестве информативного параметра использована только спектральная плотность в соответствующем диапазоне частот.

Таким образом, для управления экспозицией электромагнитного излучения при низкоинтенсивной лазерной терапии было предложено использовать информативные признаки, получаемые по амплитудным спектрам фотоплетизмограммы. Статистические исследования этих информативных признаков показали их удовлетворительную чувствительность к изменению адаптационных резервов человека, вызванных низкоинтенсивной лазерной терапией.

УДК 681.3

***С.Э. Харзеева, Е.И. Лушникова***

kharzeeva@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИЮ СМЫСЛОВОЙ СТРУКТУРЫ НАУЧНОГО ТЕКСТА В ПРОЦЕССЕ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ**

В условиях компьютеризации обучения и развития самостоятельности обучающихся важнейшее значение, с психологической точки зрения, имеет активная познавательная деятельность обучающихся в процессе восприятия и обработки информации.

В последние годы имеется тенденция рассматривать восприятие как активный процесс и в том смысле, что оно изменяет воспринимающего. С этой точки зрения, особую актуальность приобретает обучение восприятию, которое связывается с восприятием искусственных объектов, в том числе символических средств отображения реальности. Известные психологические концепции обучения человека также учитывают знаковое опосредствование восприятия. Одним из необходимых в процессе обучения способов обработки знаково-символической информации является восприятие учебно-научного текста.

С позиций теории уровневой обработки информации предполагается построение читателем по меньшей мере двух моделей текста: синтаксической и смысловой модели. За счет построения читателем смысловой модели текста может быть обеспечено понимание последнего, которое, в отличие от информации, не может быть непосредственно передано в процессе обучения.

Нами разработана компьютерная технология обучения распознаванию смысловой структуры учебно-научного текста. Она основана на разработанном С.Э. Харзеевой теоретическом подходе к обучению смысловой обработ-

ке информации с формированием и использованием для ее смысловой репрезентации ментальных когнитивных структур («схем»). Последние представляются в процессе обучения на естественном или графическом языках. Данный подход учитывает ряд базовых психологических феноменов, свойственных активному восприятию информации человеком. Одним из них является стремление к укрупнению единицы опознания; в этом смысле «схема» представляет собой пакет информации. Другим важным феноменом является антиципационный механизм восприятия, то есть предвидение, предвосхищение в процессе восприятия; с этой точки зрения наличие «схем» в когнитивном опыте человека способствует формированию определенных ожиданий, что обеспечивает активизацию понятийных и ассоциативных связей. Восприятию человека свойствен также механизм апперцепции, то есть информационно-значимостное обогащение воспринимаемой информации за счет имеющихся знаний, чему также способствует формирование и использование когнитивных «схем», хранящихся в памяти обучающегося. Таким образом, активизация хранящейся в памяти «схемы» создает контекст (как психическую конструкцию), в котором происходит восприятие текста.

Для реализации технологии нами разработан программный комплекс. В структуру комплекса входят следующие модули:

- модуль описания технологии;
- модуль обучения;
- модуль поддержки самостоятельной работы с текстом;
- вспомогательный модуль;
- модуль контроля понимания текста;
- библиотека текстов.

Модуль обучения реализует два уровня (режима) работы пользователя с текстом. При работе на первом уровне пользователь (обучающийся) получает текст с соответствующей ему смысловой схемой, заполненным рабочим бланком, а также с объяснением выполнения всех действий в соответствии с алгоритмом работы с текстом. Работа на втором уровне предполагает: 1) получение пользователем текста; 2) выбор им адекватной смысловой схемы из предложенного набора; 3) заполнение рабочего бланка и 4) получение результата в виде краткого конспекта текста, а также его возможной графической репрезентации. При этом выполнение действий 1-3 контролируется программой, а полученный результат или представляется преподавателю (при непосредственном контакте или дистанционно), или сверяется обучающимся с примерным образцом, предоставляемым программой.

Модуль поддержки самостоятельной работы с текстом предназначен для самостоятельного построения смысловой модели текста по заданному алгоритму.

Вспомогательный модуль позволяет оказать помощь обучающемуся в построении исходной синтаксической модели текста, декомпозиции текста на фрагменты с целью облегчения выбора смысловой схемы из предложенного набора. При отсутствии адекватной тексту схемы в предложенном набо-

ре программа предлагает обучающемуся процедуру формирования смысловой схемы.

При работе с модулем контроля понимания текстов обучающийся выполняет упражнения, предназначенные для проверки глубины понимания текста.

УДК 621.391.266

**Р.Г. Хафизов, Ю.Е. Третьякова**

rts@marstu.mari.ru

*Марийский государственный технический университет*

## **СИНТЕЗ 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Урологическая практика нуждается в разработке новых информационных технологий, предназначенных для оказания помощи хирургу в операционной. Во время резекции предстательной железы, отсутствие дополнительной информации о положении резектоскопа может привести к серьезным осложнениям. Данная работа направлена на решение задачи визуализации предстательной железы при помощи аппарата кватернионных сигналов с последующим применением ее при проведении хирургических вмешательств.

Исследуемые изображения получаются в результате сканирования пациента компьютерным томографом. Градации яркости на исходных изображениях соответствуют уровням абсорбции тех или иных тканей организма человека. Процесс визуализации предстательной железы состоит из следующих этапов:

- анализ плоских двумерных срезов, получение контурных сцен;
- оценка степени корреляции между срезами, получение множеств последовательно изменяющихся контуров органов и тканей на разной глубине сканирования;
- формирование кватернионных сигналов на основе полученных множеств.

На подготовительном этапе необходимо провести улучшение изображений. Наиболее предпочтительными в этом случае являются методы предварительной обработки, связанные с преобразованием функции яркости, т.к. здесь не возникают искажения форм объектов на изображении.

На основе пороговой обработки изображения получаем контурные сцены  $I^r$ , состоящие из  $R$  отдельных замкнутых контуров  $\Gamma^r = \{\gamma^r(n)\}_{0, s^r-1}$ , где  $s^r$  – размерность контура на срезе  $r$ ,  $r=0, 1, \dots, R$ ,  $R$  – количество срезов. Для определения изменения формы предстательной железы в зависимости от контурной сцены (томографического среза) производится корреляционный анализ. Данная процедура осуществляется посредством вычисления взаим-

нокорреляционной функции двух эквализированных контуров, принадлежащих соседним контурным сценам  $I^r$  и  $I^{r-1}$ . Посредством анализа двумерных сцен получаем координаты контура капсулы предстательной железы в последовательно следующих плоскостях. Формирование трехмерного изображения капсулы предстательной железы осуществляется на основе упорядоченного набора параллелей и меридианов, заданных кватернионами, и, соответственно, предполагает наличие трех координат. Так как толщина срезов компьютерного томографа является постоянной величиной, третья координата будет пропорциональна номеру среза.

Восстановление трехмерного контура капсулы предстательной железы осуществляется методом «сэндвича», т.е. посредством наложения полученных контуров  $\Gamma^r = \{\gamma^r(n)\}_{0,5^r-1}$  последовательно друг на друга в соответствии с номером среза  $r$ . При этом начало системы отсчета определяется однозначно из томографических изображений, т.к. тело пациента неподвижно во время обследования и вид проекции (фронтальная, аксиальная) строго зафиксирован.

Для описания полученной трехмерной модели удобно использовать аппарат кватернионных сигналов, т.к. кватернионы более информативны и позволяют упростить некоторые процедуры, в частности, вращения. Преобразование комплекснозначного кода в кватернионные сигналы показано на рисунке.

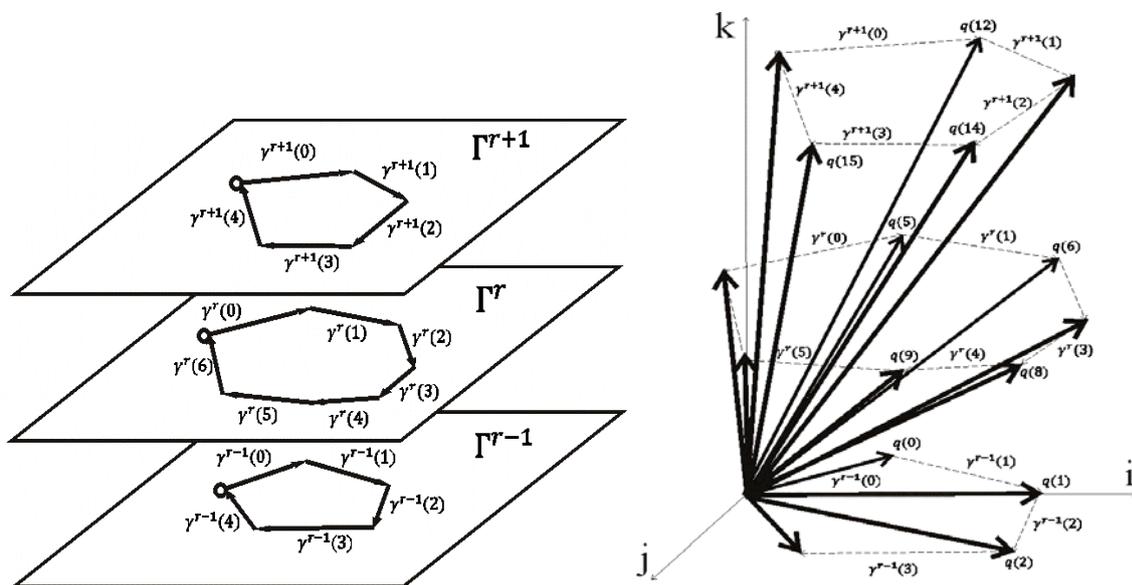


Рис. Восстановление трехмерного контура капсулы предстательной железы методом «сэндвича»

Таким образом, каждая элементарная площадка восстановленного трехмерного изображения поверхности предстательной железы задается кватернионом  $q(m)$  в унитарном пространстве.

**Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 07-01-00058а).**

УДК 621.391.266

**Р.Г. Хафизов**

rts@marstu.mari.ru

*Марийский государственный технический университет*

## **СИНТЕЗ ФОРМЫ С МЕТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПЛОСКИХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Решение задач распознавание образов и анализа изображений, особенно пространственных, актуально для таких научно-технических направлений, как радио- и гидролокация, астронавигация, дистанционное исследование земной и водной поверхности и т.п. Проблемы обработки изображений, сформированных техническими датчиками, вызваны чрезвычайно большими объемами информации, статистической неоднородностью изображений и отсутствием быстрых и эффективных алгоритмов, например таких, как в свое время было появление БПФ. В связи с этими проблемами интерес представляют подходы, основанные не на эвристике, а на строгих методах теории сигналов, применяемых к упрощенным моделям фрагментов изображений с высоким уровнем содержащихся в них информации.

Одним из таких фрагментов изображений является его форма, отличающаяся не только высокой степенью содержащейся информации об объекте, но и значительной инвариантностью к освещенности объекта, типа используемого датчика, времени года и суток. В то же время объем точек изображения, относящихся к форме, незначителен по сравнению с количеством всех точек изображения. Объем информации, содержащейся в форме изображения, в целом ряде случаев достаточен для надежного распознавания и оценки его параметров. В настоящее время неизвестны подходы к определению формы изображения, особенно пространственных, к получению математической модели формы изображений, а особенно моделей, обладающих метрическими свойствами, но и к получению алгоритмов распознавания и оценки параметров изображений.

Известен подход к аналитическому представлению формы плоских изображений. При этом форма изображения интерпретируется как заданный в аналитическом виде сигнал, для обработки которого используются методы контурного анализа.

В данной работе предложен подход к векторному представлению формы пространственных изображений, основанный на развитии идеи аналитического представления формы плоских изображений.

Аналитическое представление формы пространственного изображения может быть получено следующим образом.

1. Определяется контур  $D = \{d(n)\}_{0,s-1}$  пространственного изображения.

2. Выбирается ЭВ  $d_{\max}$  этого пространственного контура, имеющий максимальную длину.

3. Начало отсчета контура  $D = \{d(n)\}_{0,s-1}$  совмещается с началом ЭВ  $d_{\max}$  так, что  $d(0) = d_{\max}$ , т.е. параметр сдвига начальной точки  $t$  определяется номером ЭВ  $d_{\max}$ .

4. Контур  $D^{(t)} = \{d^{(t)}(n)\}_{0,s-1}$  нормируется и поворачивается таким образом, чтобы ЭВ  $d(0)/\|D\|$  совместился с осью  $i$ . Угол поворота  $\varphi_i$  и ось вращения  $r_i = r_1 i + r_2 j + r_3 k$  либо вращающий вектор  $b_i = b_0 + b_1 i + b_2 j + b_3 k$  могут быть найдены по результатам нормированного скалярного произведения (НСП) вектора  $d(0)$  и оси  $i$ .

5. Контур  $D_{\varphi_i}^{(t)} = \{d_{\varphi_i}^{(t)}(n)\}_{0,s-1}$  поворачивается в пространстве таким образом, чтобы грань, к которой принадлежит ЭВ  $d_{\varphi_i}^{(t)}(0)$  этого контура, совместился с плоскостью, образованной векторами  $i$  и  $j$ .

Аналитическое представление преобразованного таким образом пространственного контура  $D = \{d(v)\}_{0,s-1}$  и будет формой  $\Phi$  пространственного изображения. Вектор-форма  $\Phi$  записывается в виде

$$\Phi = \frac{1}{\|D\|} \{b_{ij} \cdot b_i \cdot d(n-t) \cdot b_i^{-1} \cdot b_{ij}^{-1}\}_{0,s-1}.$$

Таким образом, предложен подход к векторному представлению формы пространственных изображений, основанный на развитии идеи аналитического представления формы плоских изображений. Синтезировано пространственное изображение, контур которого обладает свойствами, аналогичными свойствам дельтовидного контура.

**Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 07-01-00058а).**

УДК 681.3

**М.В. Хорошев, Ю.Л. Овчинников**

mkhoroshev@miigaik.ru

*Московский государственный университет  
геодезии и картографии (МИИГАиК)*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ОРИЕНТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА**

Необходимость ориентации человека с помощью автономных устройств имеет место в ряде специальных применений, когда в силу метеоро-

логических или созданных искусственно условий возникают плотные туманы или дымовые завесы, исключаящие возможность прямой видимости и способности опознавания реперных точек на местности. Предварительно подготовленная система автономной ориентации позволяет перемещаться в незнакомом или плохо освещенном пространстве. Работа по созданию автоматизированного программно – информационного устройства (АПИУ) ориентации человека направлена на обеспечение автономной программной ориентации человека в условиях отсутствия или ограниченной оптической видимости, отсутствия достаточной освещенности, задымления местности или применения маскирующих аэрозолей. Устройство обеспечивает ориентацию человека как в городских условиях, так и на открытой местности, не имеет российских и зарубежных аналогов и дает возможность человеку ориентироваться в окружающем его пространстве в различных условиях эксплуатации, в том числе в экстремальных ситуациях, связанных с ведением боевых действий или спасательных операций. АПИУ позволяет осуществить автоматизированную запись протяженности и конфигурации маршрутов следования с последующей трансляцией их ведомому человеку с помощью речевых сигналов, а так же обеспечивает предупреждение об опасных участках маршрута и времени пребывания на маршруте.

Автоматизированное программно – информационное устройство ориентации человека может быть использовано для ориентирования инвалидов по зрению в городских условиях и на открытой местности, при спасательных операциях, проводимых подразделениями МЧС и МВД и при оказании оперативной медицинской помощи.

Логикой работы аппаратуры определены два режима работы АПИУ – программный и автономный. Программный режим работы АПИУ необходим при прохождении сложных по конфигурации маршрутов, например в городских условиях или на многоуровневых объектах со сложными коммуникациями. При этом устройство ведет человека по ранее записанному маршруту, выполняя функции электронного поводыря. Автономный режим работы АПИУ применим на открытых пространствах, лишённых ориентиров, и может быть особенно полезен для слепых людей, живущих в сельской местности, или в системах двойного назначения. При этом режиме запись конфигурации маршрутов осуществляется компонентами, встроенными в блок электроники.

В состав АПИУ входят следующие составные части: шагомер; геомагнитный датчик; звуковой индикатор, выполненный в виде наушников; блок электроники; выносной пульт управления с записью маршрутов и с наборным полем; комплект соединительных кабелей; аккумуляторы и зарядное устройство.

Предлагаемое конструктивное исполнение АПИУ обеспечивает замену ведомому человеку сопровождающего, подсказывающего слепому голосом

об опасных участках маршрута, узловых точках ориентации, направлении движения, корректируя, при необходимости, отклонения от маршрута. Целью разработки является создание конструкции, наиболее полно обладающей функциями сопровождающего (поводыря).

УДК 681.511.42; 530.182

**Ж.Т. Жусубалиев, С.Ю. Чевычелов, Е.А. Бас**

zhanybai@mail.kursk.ru

*Курский государственный технический университет*

### **С-БИФУРКАЦИЯ РОЖДЕНИЯ ИНВАРИАНТНОГО ТОРА**

Практические приложения, в которых приходится прибегать к рассмотрению кусочно-гладких отображений, необычайно широки. Это, например, системы с сухим трением и виброударные осцилляторы, релейные и импульсные системы автоматического регулирования.

Усложнение колебаний в кусочно-гладких системах связано с двумя типами бифуркаций. Первый тип точно такой же, как и в гладких системах. Это так называемые локальные бифуркации. Второй тип не имеет аналогов в гладких системах и связан с ситуацией, когда траектория периодического движения проходит через границу одной из поверхностей кусочной непрерывности. Такие бифуркации получили название С-бифуркаций.

Известно, что динамические явления, связанные с С-бифуркациями, могут быть исследованы путем построения нормальной формы:

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{cases} f_-(x, y), & x \leq 0; \\ f_+(x, y), & x > 0, \end{cases} \quad f_{\pm}(x, y) = \begin{pmatrix} \tau_{\pm} x + y + \mu \\ -\delta_{\pm} x \end{pmatrix}, \quad (x, y) \in R^2. \quad (1)$$

Фазовая плоскость системы (1) разделяется на две области:  $D_-$ , где  $x \leq 0$  и  $D_+$ , где  $x > 0$ . В (1)  $\tau_{\pm}$ ,  $\delta_{\pm}$  – след и определитель матрицы Якоби, соответственно в областях  $D_-$  и  $D_+$ ;  $\mu$  – параметр. В докладе рассматривается случай, когда  $\delta_- < 1$ ,  $\delta_+ > 1$  и  $-(1 + \delta_-) < \tau_- < 1 + \delta_+$ ,  $-2\sqrt{\delta_+} < \tau_+ < 2\sqrt{\delta_+}$ . Если  $\mu < 0$ , то отображение имеет единственную нетривиальную неподвижную точку  $\mathbf{x}_*$ , определяемую из уравнения  $\mathbf{x} = f_-(\mathbf{x}, \mu)$ ,  $\mathbf{x} = (x, y)^T$ . С-бифуркация имеет место при  $\mu = 0$  и соответствует точке  $\mathbf{x}_* = (0, 0)^T$ . При изменении знака параметра  $\mu$  координата неподвижной точки  $\mathbf{x}_*$  также меняет знак и устойчивая неподвижная точка переходит в неустойчивую, удовлетворяющую уравнению  $\mathbf{x} = f_+(\mathbf{x}, \mu)$ . При

этом из неподвижной точки рождается двумерный инвариантный тор. Нам удалось установить функциональную зависимость между параметрами исходного отображения и параметрами  $\tau_{\pm}$  и  $\delta_{\pm}$  нормальной формы. Это позволило получить критерии рождения инвариантного тора из периодической орбиты в локальной форме.

УДК 004.057.8, 004.942

**С.Ю.Чевычелов**

chevychelov@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **КАРКАС ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЙ БИФУРКАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Предлагаемый каркас приложений позволяет разрабатывать программы, предназначенные для расчета, моделирования и бифуркационного анализа динамических систем.

Архитектура каркаса состоит из четырех компонент: библиотеки математической модели, программы метода бифуркационного анализа, программы визуализации результатов моделирования, программы-менеджера.

Интерфейс математической модели, представляющий собой набор функций, жестко определен и используется программой бифуркационного анализа. Это позволяет представить отдельную модель в виде динамически подключаемой библиотеки без необходимости внесения правок в исходный код программы.

Ядром приложения, создаваемого на основе предлагаемого каркаса, является программа, реализующая алгоритм бифуркационного анализа. Каждый метод бифуркационного анализа реализован в виде отдельной программы, на вход которой поступают настройки алгоритма, а также библиотека модели вместе с ее параметрами и начальными условиями. Результаты моделирования и расчета отображаются в текстовом виде на дисплее пользователя или сохраняются в выходных файлах, указанных в настройках.

Разработанные на основе каркаса приложения не привязаны к графическому интерфейсу пользователя. Это обеспечивает переносимость между различными операционными системами и возможность использования готовых средств представления информации.

Создание библиотек математических моделей и программ, реализующих методы бифуркационного анализа на базе предлагаемого каркаса приложений, обеспечивает возможность расширения функциональных возможностей программного комплекса с сохранением преемственности существующих моделей и программ расчета.

УДК 621.317.

**И.И. Сальников, М.Н. Чернышев**

maximumch@gmail.com

*Пензенская государственная технологическая академия*

## **ФОРМИРОВАНИЕ КОНТУРА ИЗОБРАЖЕНИЯ НАРУШИТЕЛЯ В РАДИОЛУЧЕВЫХ СИСТЕМАХ ОХРАНЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОМЕХ**

Решение проблемы определения геометрических размеров нарушителя (Н) охраняемой зоны для 2- позиционных радиолучевых технических средств охраны (РЛ ТСО) позволит уменьшить количество ложных тревог. Принципиальным фактором, ограничивающим точность определения размера Н в направлении его перемещения, являются флуктуации электромагнитного поля в точке нахождения антенны приемника (ПРМ). Шумы на выходе ПРМ 2- позиционных РЛ ТСО обусловлены турбулентностью среды распространения радиоволн, метеорологическими процессами, помехами от других источников радиоизлучения, колебаниями передающих и приемных антенн и т.д. Пример изменения интенсивности  $I(t)$  реального выходного сигнала ПРМ при преодолении охраняемой зоны Н приведен на рис. 1.

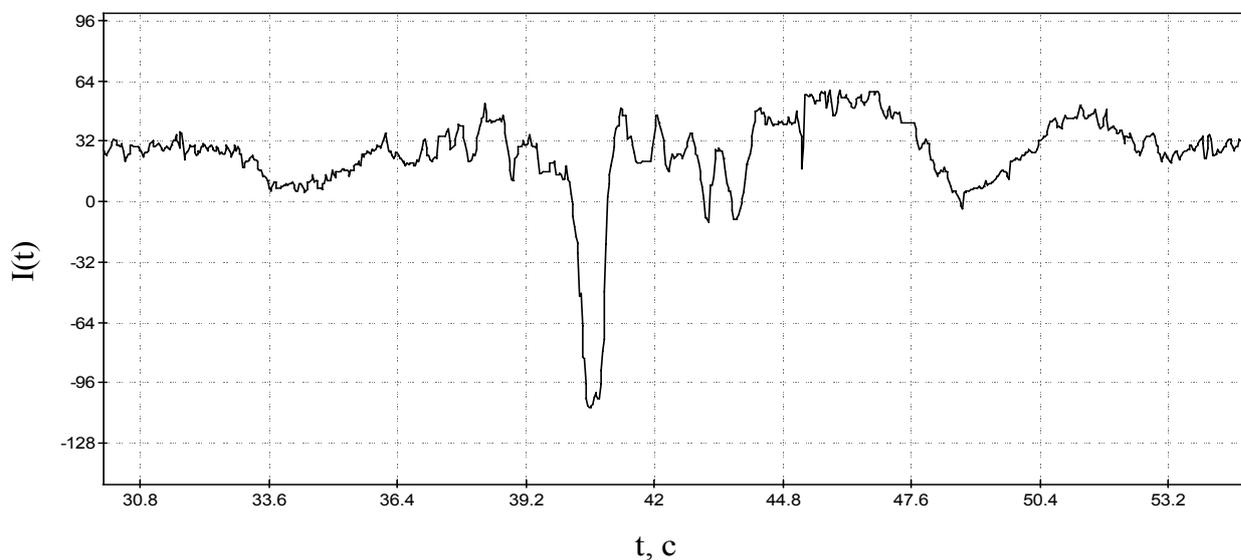


Рис. 1

На рисунке 2 приведен график изменения интенсивности  $IF(t)$  шума на выходе ПРМ, когда нарушитель в охраняемой зоне отсутствует.

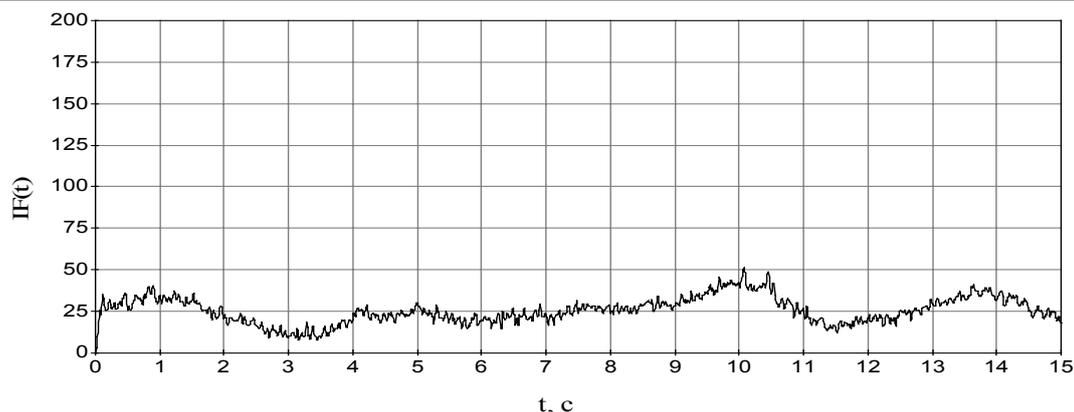


Рис. 2

Оцифровка интенсивности шума  $IF(t)$  с последующим суммированием различных участков этой кривой с полученными в работе [1] графиками сигналов на выходе ПРМ без учета шума, приводят к следующим возможным видам реализации выходного сигнала ПРМ, приведенным на рисунках 3а и 3б *слева*. На этих же рисунках *справа* приведены результаты восстановления функции пропускания  $\tau_{пр}(x)$  нарушителя по сигналам с выхода ПРМ. В предлагаемой работе разработан метод восстановления контура изображения нарушителя, позволяющий определить его пространственные параметры. На рисунке 3 представлены графики интенсивности выходного сигнала ПРМ на фоне помех при различном отношении мощности сигнал/шум (*слева*) и результаты восстановления функции пропускания (*справа*) объекта по этому сигналу при неизменном размере нарушителя  $L_H = 0,6$  м: а)  $P_C/P_{ш} = 10$ , б)  $P_C/P_{ш} = 0,01$ .

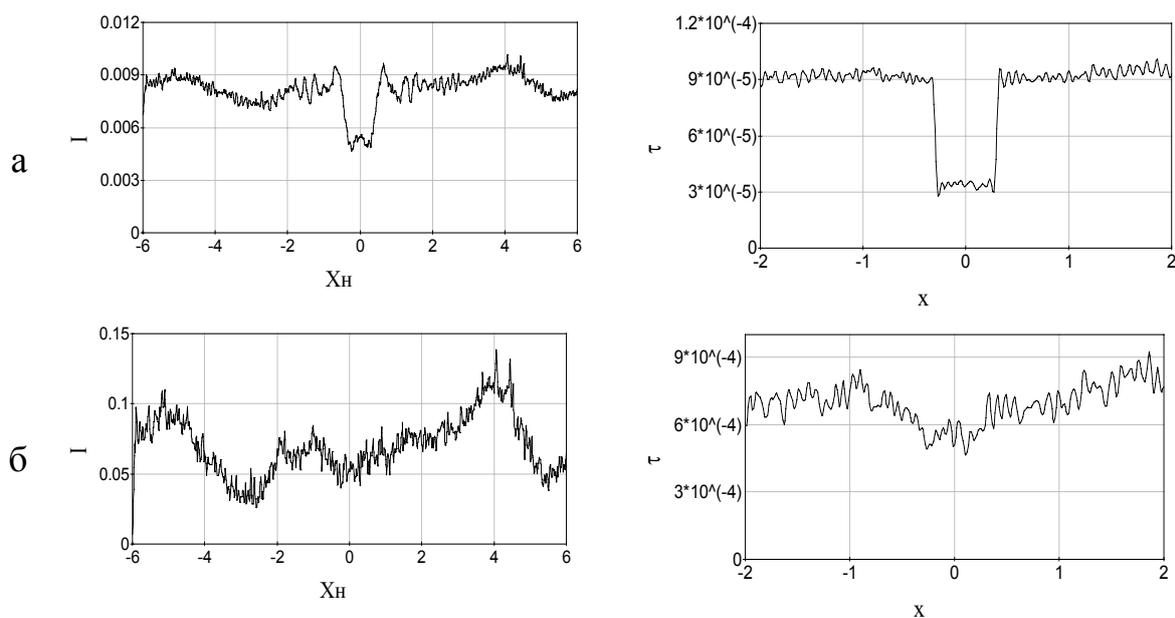


Рис. 3

Использование графиков зависимости функции пропускания  $\tau_{\text{пр}}(x)$ , приведенных на рис. 3, позволяет определить размер  $H$  по направлению его движения вплоть до значений  $1 \div 0,1$  отношения сигнал/шум путем отсчета протяженности импульса на уровне  $0,5$  от установившегося значения.

---

1. Потапов, А.А. Радиофизические эффекты при взаимодействии электромагнитного излучения миллиметрового диапазона волн с окружающей средой. Ч. 1 [Текст] / А.А. Попов // Зарубежная радиоэлектроника. 1992. № 8. С. 36.

УДК 621.397.01

**Д.В. Чертков, С.В. Дегтярев**

chert500@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС**

Современный уровень развития теории и техники антенн не позволяет создавать антенные системы с заданной точностью без соответствующей экспериментальной отработки. В связи с этим возникает необходимость создания и применения технических средств для антенных измерений. Среди совокупности измеряемых параметров антенн наибольшую трудоемкость имеют измерения пространственных характеристик, таких как диаграмма направленности, коэффициент усиления. Важность измерений пространственных характеристик антенн обусловлена тем, что эти характеристики непосредственно влияют на основные эксплуатационно-технические параметры соответствующих радиотехнических систем.

Создание автоматизированных измерительных комплексов с требуемыми эксплуатационно-техническими характеристиками представляет собой сложную научно-техническую задачу. Излишняя точность автоматизированного измерительного комплекса может оказаться так же вредна, как и ее недостаточность. Кроме того, рост сложности аппаратуры автоматизированного измерительного комплекса при увеличении точности приводит к возрастанию стоимости работ по созданию комплекса, увеличению затрат на его эксплуатацию и обслуживание. Возникают трудности при оптимизации автоматизированного измерительного комплекса, то есть при изыскании такого варианта построения аппаратуры комплексов, при котором приемлемая точность измерений сочеталась бы с приемлемыми показателями производительности, надежности, стоимости.

Разработанный комплекс позволяет производить измерения с достаточной точностью, является сравнительно недорогим и надежным.

Основными узлами комплекса (рис. 1) являются: передающая и исследуемая антенна, генератор, анализатор, редуктор азимутальный, редуктор угломестный, ЭВМ, блок управления редукторами, блок преобразования сигналов с анализатора.

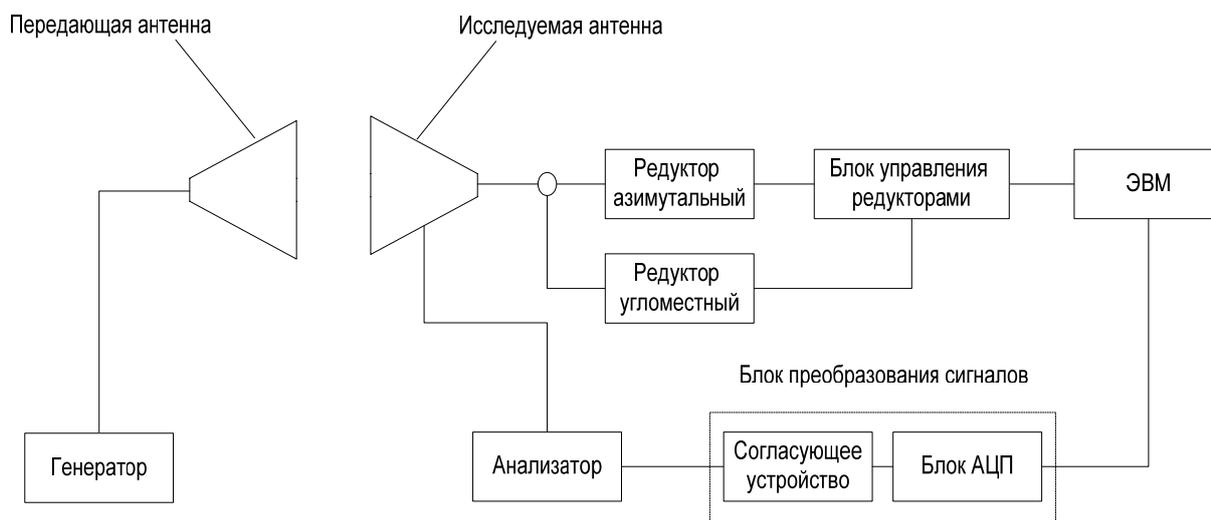


Рис. Автоматизированный измерительный комплекс

После подключения оборудования и проверки его функционирования оператор через ЭВМ подает команду на начало измерений. ЭВМ посылает управляющий сигнал на блок управления редукторами для перемещения исследуемой антенны в начальное положение в азимутальной плоскости ( $0^0$  редуктора азимутального). После установки исследуемой антенны в начальное положение в азимутальной плоскости начинается процесс получения диаграммы направленности, заключающийся в следующем. С генератора сигнал поступает на передающую антенну, которая излучает его в пространство. Исследуемая антенна начинает вращение в азимутальной плоскости, принимает сигнал, излучаемый передающей антенной, и подает его на анализатор, в котором принятое излучение преобразуется в электрическую величину. Затем этот сигнал поступает в блок преобразования сигналов, где преобразуется в цифровой вид. ЭВМ, получив цифровой сигнал, посылает команду блоку управления редукторами для определения текущих координат исследуемой антенны в азимутальной плоскости, с координатами, и отображает данную информацию в виде зависимости на графике, который и представляет собой диаграмму направленности.

После снятия диаграммы направленности ЭВМ анализирует ее, находит, в каком положении был получен максимальный уровень излучения и посылает управляющий сигнал блоку управления редукторами, с целью ориентации исследуемой антенны в это положение. После переориентации исследуемой антенны в это положение.

дуемой антенны в азимутальной плоскости по направлению максимума сигнала ЭВМ посылает команду на блок управления редукторами для осуществления вращения исследуемой антенны в угломестной плоскости, так же, как это было сделано в азимутальной плоскости. В результате, по максимумам диаграмм направленности в азимутальной и угломестной плоскости ЭВМ получает пространственные координаты исследуемой антенны, в которых принимаемый сигнал имеет максимальный уровень, поскольку измерение коэффициента усиления исследуемой антенны необходимо проводить на максимуме сигнала. После этого ЭВМ осуществляет измерение текущего уровня сигнала, принятого исследуемой антенной в данной точке, и, зная уровень генерируемого сигнала, вычисляет коэффициент усиления исследуемой антенны. Диаграммы направленности в азимутальной плоскости снимаются с точностью  $10'$ , а коэффициент усиления вычисляется с точностью 0,1 дБ.

УДК 681.3

***Е.О. Чеснокова, Д.Б. Борзов***

*Курский государственный технический университет*

## **УСТРОЙСТВО ПОИСКА НИЖНЕЙ ОЦЕНКИ В ПОЛНОСВЯЗНЫХ МАТРИЧНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ НАПРАВЛЕННОЙ ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ**

При решении задач, связанных с размещением процессов в параллельных системах, где требуется высокая скорость реакции системы, применение традиционных программных средств часто приводит к недостаточному качеству решения и поэтому является неприемлемым, поэтому необходимо применение аппаратных средств.

В настоящее время все большее применение находят вычислительные системы с множеством процессоров, число которых может достигать нескольких сотен. Ярким примером таких систем являются Origin 2000, CRAY T3E, отечественные системы семейства МВС 1000, 1000М. В таких системах постоянно требуется повышение их производительности. Одним из способов решения этой проблемы является планирование размещения задач.

Данная работа посвящена описанию «Устройства поиска нижней оценки в полносвязных матричных системах», которое позволяет снизить временные затраты на решение некоторого множества задач, их оптимальным представлением в топологии матричной системы.

Предлагаемое устройство может использоваться в области проектирования вычислительных систем, например, при размещении процессов. Устройство позволяет находить так называемую нижнюю оценку размещения исходя из предположения, что топология матричной системы и графа задачи совпадают, пренебрегая при этом ограничениями, накладываемыми графом

решаемой задачи. Под интенсивностью в данном случае понимается объем передаваемых данных в единицу времени между смежными модулями матричной системы по каналам связи.

Так как матричная система предполагает однонаправленный обмен, при разработке этого устройства предполагается включение следующих обязательных функциональных элементов: генератор импульсов, дешифраторы строк, столбцов, диагональных связей, счетчиков строк, столбцов, диагональных связей, матрица счетчиков фиксируемых дуг, группа элементов ИЛИ, предназначенных для обеспечения правильного функционирования системы.

Структурная схема предлагаемого устройства представлена на рис. 1, а сущность предлагаемого критерия нижней оценки размещения поясняется на рис. 2.

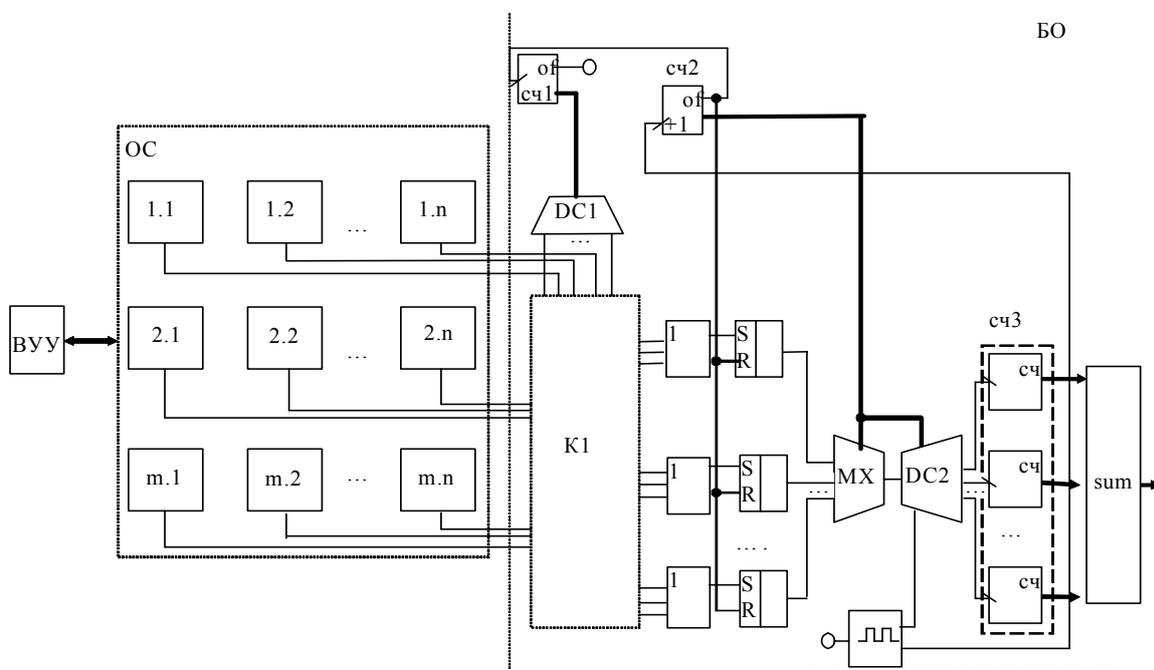
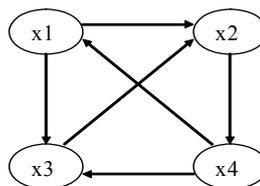


Рис. 1. Устройство для поиска нижней оценки в полностью связанных ориентированных матричных системах

Здесь на рис. 2б представляется гипотетически полный ориентированный граф  $G$ , а на рис. 2а – соответствующая ему матрица смежности.

0	0	0	1
1	0	1	0
1	0	0	1
0	1	0	0

а)



б)

Рис. 2. Гипотетически полный граф и его матрица смежности



Здесь  $\Phi$  – магнитный поток;  $R$  – активное сопротивление катушки электромагнита;  $E_0$  – напряжение питания; АД – асинхронный двигатель;  $M$  – муфта;  $\omega$  – угловая скорость вращения;  $M_c$  – статический момент сопротивления приведенный к валу барабана; Б – барабанный окомкователь; ДС – датчик скорости.

Математическая модель такой системы представляется в виде автономных дифференциальных уравнений с разрывной правой частью:

$$d\Phi/dt = -2\gamma R\Phi + E_0(1 - K_{Fk})/2 ;$$

$$d\omega/dt = -\mu\omega/J + \nu\Phi^2/J,$$

$$K_{Fk} = K_{Fk-1} \cdot \text{sign} \{ \Delta - (-1)^{Nk} \cdot (U_y - \beta \omega) \},$$

$$N_k = N_{k-1} + 1/2 \cdot [1 - \text{sign} (K_{Fk} \cdot K_{Fk-1})].$$

Первое уравнение описывает процессы, протекающие в электрической цепи электромагнитной муфты  $M$ , а второе уравнение является уравнением вращательного движения вала барабанного окомкователя, связанного с валом асинхронного двигателя АД через муфту  $M$ . Здесь  $\gamma$ ,  $\nu$  – постоянные, определяемые свойствами электромагнитной муфты;  $K_{Fk}$  – выходной сигнал релейного элемента ДА с гистерезисом;  $J$  – момент инерции;  $\mu$  – коэффициент сопротивления воздуха;  $U_y$  – управляющий сигнал;  $\beta$  – коэффициент передачи датчика обратной связи ДС по угловой скорости  $\omega$ .

681.51.011

**С.Ф. Шершнев**

sergey04@rambler.ru

*Московский государственный институт электроники и математики (технический университет)*

## **РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ХАОТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ**

В работе рассмотрена релейная система автоматического управления с гистерезисом. Подобные системы представляют собой важный класс нелинейных автоматических систем, широко применяемых в различных прикладных областях техники. Основным способом их функционирования являются автоколебательные процессы, поддерживаемые не внешним периодическим воздействием, а определяющиеся свойствами самой системы.

Методом точечных отображений исследовалась динамика релейного регулятора температуры с опережением. Были найдены области параметров, где существуют сложные периодические колебания, которые при изменении параметров претерпевают бесконечное число бифуркаций удвоения периода,

завершающихся установлением апериодического движения. Множество параметров, в котором реализуются периодические колебания, всюду плотно в пространстве изменения параметров, т.е. в любой сколь угодно малой окрестности параметров, соответствующих хаотическим колебаниям, имеются устойчивые предельные циклы.

Известен процесс стабилизации космического аппарата относительно заданного положения его оси ориентации, осуществляемой с помощью релейной системы управления. Показывается, что управляющее воздействие может возбуждать упругие колебания конструкции, «в результате чего возникает взаимосвязь системы с упругими колебаниями, а при существенной взаимосвязи динамика становится хаотической».

Исследования динамики ядерных реакторов с релейной системой управления. Показано, что в случае, когда объект управления колебательно-неустойчивый, в релейных системах с гистерезисом наряду с колебательными могут возникать и хаотические колебания. Но подробного изучения бифуркаций и механизмов хаотизации колебаний проведено не было.

В релейных системах с гистерезисом типична ситуация, когда в широких диапазонах изменения параметров существует множество локально-устойчивых предельных циклов с различными динамическими характеристиками, возникающих, например, через седло-узловую бифуркацию. Каждый из этих циклов при изменении параметров может претерпевать как конечную, так и бесконечную последовательность прямых и обратных бифуркаций удвоения, завершающихся переходом к хаосу. Кроме того, хаотизация колебаний может происходить через возникновение и последующее разрушение квазипериодического решения. В результате имеются области параметров, где наряду с локально-устойчивыми предельными циклами существуют режимы хаотических или квазипериодических колебаний.

При таких условиях воздействие внешнего шума, даже сколь угодно малого, может приводить к внезапному переходу от одного динамического состояния к другому с различными характеристиками, в частности от детерминированной системы к хаотической.

Поэтому в таких системах необходимо как-то компенсировать шумовое воздействие, обеспечивая устойчивость системы от перехода в хаос. Для этого предлагается использовать механизм робастного управления.

Робастным называется управление, которое обеспечивает решение поставленной задачи при любых начальных данных и параметрических возмущениях из определенного диапазона области начальных данных и параметрической области соответственно и при условии, что уровень шума также не превышает заранее установленного порога.

Результатом работы является получение выражения, определяющего связь между параметрами системы и ошибкой управления относительно идеальной «невозмущенной» системы

$$\varepsilon = e^{C_1 C_2} (e^{a C_2 + a \eta + C_1 \eta} (\delta + \|x_0\|) - \|x_0\|),$$

где  $C_1, C_2, a, \eta, \delta$  – константы, определяемые параметрами системы и ее возмущениями относительно идеальной системы.

В качестве примера релейной системы с гистерезисом рассмотрен преобразователь постоянного напряжения с отрицательной обратной связью. Энергетическая часть системы содержит транзисторный преобразователь постоянного напряжения, работающий в ключевом режиме, и сглаживающие LC-фильтры.

УДК 37.01

***Т.А. Ширабакина***

tas\_06@mail.ru

*Курский государственный технический университет*

## **НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ В СОКРАЩЕННЫЕ СРОКИ**

На факультете дополнительного профессионального образования ведется подготовка специалистов по заочной форме в сокращенные сроки обучения на базе среднего профессионального образования по четырнадцати специальностям. В докладе обобщаются результаты работы факультета и проблемы, которые необходимо решить в ближайшие сроки.

Во-первых, для повышения мобильности студентов и преподавателей необходимо введение системы, которая обеспечила бы сопоставимость учебных планов, академических справок, дипломов и приложений к дипломам. В целях совершенствования учебного процесса, рационального использования профессорско-преподавательского состава необходим анализ структуры и содержания образовательных программ. При сравнительном анализе учебных планов возникает проблема сопоставления количественных параметров (учебной нагрузки) и качественных параметров (содержание дисциплины). Алгоритм сравнения достаточно прост – выявление аналогичной дисциплины или дисциплины, близкой по смыслу; сопоставление дисциплин; сравнение учебных нагрузок, но процедура сравнения достаточно трудоемка и возникает необходимость ее автоматизации.

Во-вторых, объединение однопрофильных дисциплин. Понятно, что математика, необходимая будущему экономисту, отличается от математики, которой должен пользоваться будущий строитель. Но при обучении в сокращенные сроки аудиторная нагрузка должна быть посвящена фундаментальным знаниям (базовым знаниям, основным законам). Остальные знания (прикладные) студент должен изучить самостоятельно, используя источники информации, рекомендованные преподавателем. Преподаватель при проведении занятий должен руководствоваться ранее полученным образованием студентов, доступностью информации.

В-третьих, разработка методического обеспечения дисциплин специально для студентов, обучающихся в сокращенные сроки. Очевидно, что должны быть учебные пособия, практикумы, методические указания по выполнению курсовых работ и проектов, контрольных работ, которые должны обеспечить необходимые базовые знания и позволить студенту более глубоко освоить материал в определенных областях знаний.

Решение рассмотренных выше вопросов позволит повысить уровень знаний студентов и, следовательно, повысит конкурентоспособность выпускников на рынке труда.

УДК 681.3

***Эзирим Кеннет Угонна***

hikenapd@yahoo.com

*Курский государственный технический университет*

## **О РАСПОЗНАВАНИИ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Создание систем, поддерживающих ввод рукописных символов, является в настоящее время актуальной задачей. В процессе распознавания рукописных символов можно выделить два этапа: предварительная обработка, состоящая в формировании вектора признаков, и собственно распознавание, сформированное на предыдущем этапе вектора признаков с использованием некоторого классификатора (например, с использованием нейронной сети).

Пусть распознаваемые данные представлены последовательностью точек  $(x_t, y_t)$ , где  $t \in [0, n - 1]$ , причем количество точек  $n$  может быть различным. Такая последовательность может быть получена, например, в результате отслеживания траектории движения мыши или светового пера.

Первый этап состоит в том, чтобы заменить исходные точки точками  $(x'_k, y'_k)$ , где  $k \in [0, n - 1]$ , причем количество новых точек  $N$  строго фиксировано и не зависит от исходных данных. Сначала вычислим расстояния между

соседними исходными точками, после чего для каждой точки определим накопленное расстояние от начальной точки

$$d_0 = 0, d_i = d_{i-1} + \sqrt{\Delta x_{i-1}^2 + \Delta y_{i-1}^2},$$

$$\Delta x_i = x_{i+1} - x_i, \Delta y_i = y_{i+1} - y_i, i \in [1, n-1],$$

где  $d_i$  – накопленное расстояние до  $i$ -ой точки.

Введем кусочно-линейные функции  $x(d)$  и  $y(d)$  определенные на интервале  $[0, d_n]$ , график которых проходит соответственно через точки  $(d_i, x_i)$  и  $(d_i, y_i)$ , где  $t \in [0, n-1]$ . Определим точки  $(x'_k, y'_k)$ , где  $k \in [0, N]$  на основе функции  $x(t)$  и  $y(t)$  по формулам

$$x'_k = x(d_n \frac{k}{N}), y'_k = y(d_n \frac{k}{N}).$$

Второй этап состоит в том, чтобы найти «угловое» представление, обеспечивающее инвариантность по отношению к переносу и повороту исходных данных. Сначала для каждой точки найдём собственно угол, а также изменение угла

$$tga_i = \frac{\Delta y'_i}{\Delta x'_i}, \Delta x'_i = x'_{i+1} - x'_i, \Delta y'_i = y'_{i+1} - y'_i, i \in [0, N-1],$$

$$\beta_i = a_{i+1} - a_i + 2\pi k_i, i \in [0, N-2],$$

где  $k_i$  – целое число, которое подбирается так, чтобы величина  $\beta_i$  принадлежала интервалу  $[-\pi, \pi]$ . После этого найдём угловое представление  $\gamma_i$ , где  $k \in [1, N-1]$ , по следующему правилу

$$\gamma_0 = 0, \gamma_i = \gamma_{i-1} + \beta_{i-1}, i \in [1, N-1].$$

Третий этап состоит в применении к «угловому» представлению дискретного преобразования Фурье

$$z_k = \sum_{i=0}^{N-1} \gamma_i e^{-\frac{2\pi j}{N} ik}, k \in [0, N-1],$$

где  $z_k$  – спектр.

Как показали эксперименты, мнимые компоненты полученного спектра более информативны и, поэтому, именно они и были использованы в качестве элементов вектора признаков.

С использованием векторов-признаков, сформированных на основе эталонов, было осуществлено обучение нейронной сети с применением алгоритма обратного распространения ошибки. После обучения был проведен

эксперимент, целью которого являлась оценка вероятности правильного распознавания. Результаты этого эксперимента представлены в таблице.

Оценка вероятности правильного распознавания символов  
по результатам эксперимента

Распозна- ваемый символ	Распознанный символ									
	A	c	E	o	p	d	U	V	m	W
a	0,995	0	0	0,003	0	0	0,005	0	0	0,003
c	0	0,994	0	0,006	0,004	0	0	0	0	0
e	0	0,003	0,995	0	0	0	0	0	0	0
o	0	0,004	0	0,992	0,001	0	0	0,005	0	0
p	0	0,004	0	0,001	0,996	0	0	0	0	0
d	0	0	0	0	0	0,991	0,004	0,004	0	0
U	0,003	0	0	0	0	0,007	0,994	0	0	0
V	0	0	0	0,005	0	0,003	0,001	0,994	0	0
M	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0,997	0,003
W	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,996

УДК 681.3

**Эзирим Кеннет Угонна**

hikenapd@yahoo.com

*Курский государственный технический университет*

**МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ  
В ГРАФИЧЕСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ОБЪЕКТА,  
ИНВАРИАНТНЫЙ К ЕГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЮ**

Важной задачей, решаемой в процессе создания систем распознавания, является выбор признаков распознаваемого объекта. Выделение признаков осуществляется на этапе предварительной обработки данных.

Пусть дано двоичное изображение размером  $m \times n$  пикселей. Будем считать, что  $I(x,y) = 1$ , если точка с координатами  $x$  и  $y$  принадлежит объекту, и  $I(x,y) = 0$  в противном случае. Подсчитаем количество принадлежащих объекту точек в каждом столбце и в каждой строке и получим два одномерных сигнала размером  $m$  и  $n$  элементов соответственно.

$$C(x) = \sum_{y=1}^{n-1} I(x, y), \quad R(y) = \sum_{x=1}^{m-1} I(x, y)$$

где  $C(x)$  и  $R(y)$  – количество принадлежащих объекту точек соответственно в столбце и строке .

Очевидно, что сигналы  $C(x)$  и  $R(y)$  зависят от положения объекта в изображении. Циклически сдвинем влево каждый из них на величину, равную центру масс соответствующего сигнала. В результате получим сигналы, инвариантные к положению объекта в изображении.

$$C'(x) = C(x + [\bar{x} + \frac{1}{2}]), \quad R'(y) = R(y + [\bar{y} + \frac{1}{2}]),$$

где  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  — центры масс сигналов  $C(x)$  и  $R(y)$ , соответственно. Ради компактности записи будем считать сигналы  $C(x)$  и  $R(y)$  доопределенными на интервалах  $[m, 2m - 1]$  и  $[n, 2n - 1]$  по правилам  $C(m+x) = C(x)$  и  $R(n+y) = R(y)$  соответственно.

Вычислить центры масс можно использованием моментов нулевого и первого порядков

$$\bar{x} = \frac{\mu_1}{\mu_0}, \quad \bar{y} = \frac{\nu_1}{\nu_0}$$

где

$$\mu_k = \sum_{x=0}^{m-1} x^k C(x), \quad \nu_k = \sum_{y=0}^{n-1} y^k R(y), \quad k \in [1, 2].$$

Отметим, что

$$\mu_0 = \nu_0 = \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} I(x, y).$$

Объединив сигналы  $C'(x)$  и  $R'(y)$ , получим вектор признаков  $F(z)$  размером  $m+n$ , описывающий объект, инвариантно по отношению к его положению

$$F(z) = \begin{cases} C'(z) & z \in [0, m-1] \\ R'(z-m) & z \in [m, m+n-1] \end{cases}.$$

Степень сходства можно определить, например, с помощью функции Гаусса и Евклидова расстояния

$$\theta_{AB} = \exp\left(-\sum_{z=0}^{m+n-1} (F_A(z) - F_B(z))^2\right),$$

где  $\theta_{AB}$  – степень сходства двух признаков, вычисленных для изображений  $A$  и  $B$ .

Степень сходства можно использовать для определения близости распознаваемого изображения к эталону. Если распознаваемое изображение совпадает с эталоном, то значение степени сходства будет максимально (т.е. равным 1).

УДК 616.2

**М.И. Лукашов**

*ОГУЗ: Курский областной клинический  
кожно-венерологический диспансер*

**С.М. Яцун, Н.Н. Савченко**

*Курский государственный технический университет*

## **СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВРАЧА-ДЕРМАТОВЕНЕРОЛОГА**

Отличительной особенностью системы поддержки принятия решений врача-дерматовенеролога (СППР-Д) является то, что кроме соответствующего программного обеспечения в её состав включаются датчик определения параметров упругости кожи, видеоанализатор состояния кожного покрова, и средства анализа состояния и воздействия на биологически активные точки, связанные с состоянием кожного покрова.

При построении специализированного программного обеспечения СППР-Д нами учитывался тот факт, что задачи диагностики и прогнозирования связаны с использованием признаков нечёткой природы, часто при неполном представлении данных. Поэтому в качестве основного математического аппарата нами были выбраны нечёткая логика принятия решений. Обобщённая структура схемы СППР-Д приведена на рис.

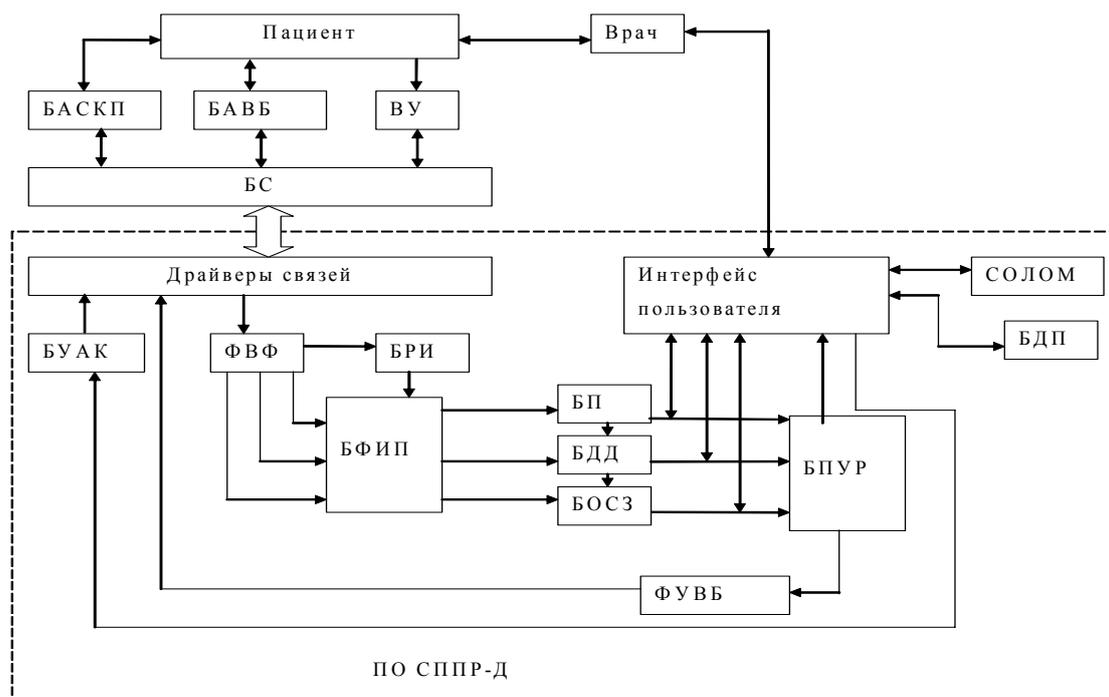


Рис. Структура системы поддержки принятия решений врача-дерматовенеролога

Опрос и осмотр пациента, а также назначение других видов обследования производит врач, общающийся с программным обеспечением (ПО) СППР-Д через интерфейс пользователя. Кроме общения с врачом в режиме опроса и осмотра пациент подключён к блоку анализа состояния кожных покровов (БАСКП), блоку анализа состояния и воздействия на БАТ (БАВБ), и кроме того, состояние кожных покровов оценивается по его изображению, получаемому видеоустройством (ВУ). Эти три типа устройств подключаются в ПЭВМ через блок сопряжения (БС), реализующий соответствующие протоколы обмена. В системе использован БАСКП механического ударного типа. По команде с ПЭВМ боёк БАСКП ударяет по кожному покрову. Возникающие колебания кожи регистрируются, сигнал колебаний оцифровывается и передаётся через драйверы связей в формирователь входных файлов (ФВФ). По параметрам колебаний в блоке формирования информативных признаков (БФИП) рассчитывается показатель упругости кожи. Управление работой БАСКП осуществляется блоком управления анализатором кожных покровов (БУАК). Блок анализа состояния и воздействия на БАТ подключается к БАТ, имеющим связи с искомыми кожными заболеваниями, и регистрирует их сопротивление. Видеоустройство ориентируется на зону интереса и при своём включении передаёт в ПЭВМ цифровое изображение сканируемого участка кожного покрова. Далее блок распознавания изображений (БРИ) выделяет из фонового изображения интересующее врача патологическое образование на кожном покрове, а БФИП рассчитывает параметры этого очага поражения.

В зависимости от типа решаемой задачи в работу включается блок прогноза возникновения кожных заболеваний (БП), блок дифференциальной диагностики (БДД) или блок определения стадий заболеваний (БОСЗ). Результат работы этих блоков сообщается врачу через интерфейс пользователя, а также служит входными данными для блока принятия управленческих решений (БПУР), реализующего алгоритм управления лечебно-диагностическим процессом. Кроме этого, врач может использовать информацию из справочника организации лечебно-оздоровительных мероприятий (СОЛОМ). Отобранную в результате общения с пациентом и СППР-Д информацию врач может занести в базу данных пациента (БДП).

УДК 622.673.8

***И.Е. Чернецкая, Е.А. Исаев***

*Курский государственный технический университет*

## **ГРАНУЛИРОВАНИЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

В современной практике получение окатышей (гранул) осуществляется методом постоянного гранулирования материала во влажном состоянии, в

результате чего образуются комочки, которые при перекачивании увеличиваются в размере, уплотняются и приобретают шарообразную форму. Прочность окатышей характеризуется внутренними связующими силами, его влажностью и крупностью частиц.

Гранула, имеющая более плотную структуру, падает на рыхлую поверхность, характеризующуюся значительным количеством пустот. В этом случае происходит взаимное перемещение и присоединение частиц среды, а структура гранулы не изменяется, поскольку ее поверхностный слой был оптимально уплотнен. Если гранула сталкивается со средой более плотной, чем сама, то в этом случае происходит взаимное перемещение частиц в грануле (в области удара), среда структуру не меняет и масса гранулы остается без изменений.

Авторами разработана математическая модель, отражающая процесс роста массы гранул. Анализ модели выполнен с использованием программы Mathcad 6.0 PLUS\*. Определено, что наибольшая скорость роста массы гранул осуществляется при соотношении гранула-частица как 1,3-1,8мм и 25-100 мкм. При этом усилие удара может быть увеличено в 20-30 раз по сравнению с соударениями частиц в режиме гранулирования перекатом, т.к. условия для наращивания массы гранулы наиболее благоприятны, что в значительной степени будет способствовать росту производительности гранулятора. Этот вывод подтверждается длительными промышленными испытаниями на Полтавском ГОКе. Отметим, что указанное изменение процесса наиболее эффективно в начале гранулирования, когда число несформированных окатышей значительно меньше по массе, чем гранулируемая среда.

Таким образом, с целью увеличения динамических нагрузок на среду в начале технологического процесса, целесообразно осуществить конструктивную доработку гранулятора. Это даст значительный экономический эффект как при гранулировании, так и при последующей термической обработке готовых окатышей.

УДК 621.397.01

**О.Н. Исаев**

ion@pgta.ac.ru

*Пензенская государственная технологическая академия*

## **АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА**

В настоящее время все большее распространение получают автоматизированные системы обработки информации (АСОИ). Потребителем инфор-

мации является человек, и, как известно, большую часть информации он получает с помощью зрения. Именно поэтому особое место среди АСОИ занимают системы обработки изображений.

При разработке различных методов обработки изображений, несомненно, важную роль играет теоретическое обоснование работоспособности и полезности того или иного алгоритма обработки, но на практике могут получиться несколько неожиданные результаты. Например, при попытке выполнить интегрирование нескольких последовательных кадров, полученных с охранной видеокамеры, в целях выделения общего фона, сдвиг картинка на один пиксель может сильно исказить результат. Как правило, большую часть операций обработки изображения стараются провести «на месте», превратив простую видеокамеру в интеллектуальный датчик. Это предполагает не только снижение потока информации в распределенных системах охраны, но и большие аппаратные затраты. Получается, что для проверки работоспособности метода обработки изображения нужно сначала построить всю систему, или хотя бы один интеллектуальный датчик, и реализовать алгоритм нового метода аппаратно, что довольно дорого и трудоемко. Специализированное программное средство может ускорить и удешевить разработку и проверку новых методов обработки изображений, одновременно позволяя наглядно оценить результаты их работы.

Программа моделирования методов обработки изображений предназначена для предварительной проверки работоспособности методов обработки изображений перед их практической аппаратной реализацией. Программное обеспечение работает на персональном компьютере под управлением операционной системы *Windows XP*. Вид главного окна программы и гистограммы изображения приведен на рис. 1.

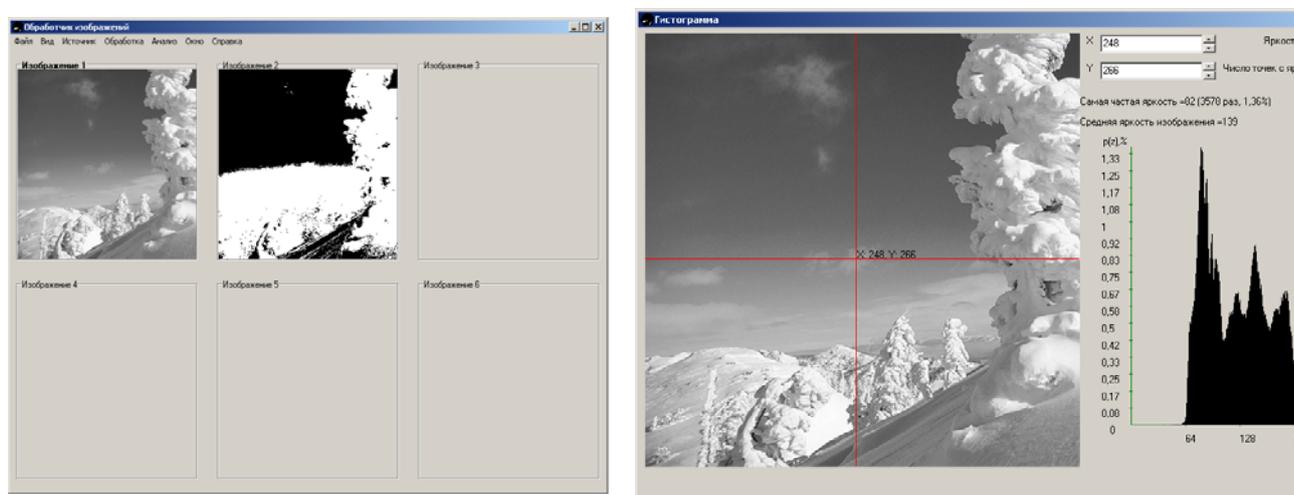


Рис. Вид главного окна ПО и гистограммы изображения

Программа ориентирована на работу с полутоновыми растровыми изображениями, так как в телевизионных системах охраны редко используются цветные видеокамеры. Основными функциями программы являются формирование исходных изображений, их обработка и анализ. Программа обеспечивает одновременный вывод в главное окно приложения до шести уменьшенных копий изображений. Полное изображение без масштабирования можно увидеть в специальном окне просмотра. Основным достоинством программы является возможность подключения динамических библиотек, реализующих какой-либо метод обработки изображений. При этом алгоритм метода реализуется на языке высокого уровня, что снижает время и затраты на разработку. Пользователю нужно знать лишь структуру динамической библиотеки, а также, естественно, владеть одним из языков программирования высокого уровня. Также следует отметить, что с помощью данного программного средства можно провести анализ изображений (гистограмма, сечение яркости, АКФ, анализ спектра), и скорректировать алгоритм в зависимости от результатов.

В целом разработка нового метода обработки изображений с помощью специализированного программного средства выглядит так: пользователь реализует метод в виде динамической библиотеки и подключает к программе, далее идет анализ и наглядная оценка результатов работы метода. Если результаты адекватны, то возможна программная реализация, если нет – метод отправляется на доработку.

Очевидно, что разработка методов обработки изображений с помощью специализированного программного средства является более эффективной, чем непосредственная аппаратная реализация нового метода обработки.

УДК 004.032.26

***И.В. Калуцкий, В.Н. Лопин***

Kursk-kzis@rambler.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ПАКЕТНАЯ КОНВЕЙЕРНАЯ ОБРАБОТКА ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ИЕРАРХИЧЕСКИМИ НЕЙРОСЕТЯМИ**

Настоящая работа является развитием исследований, связанных с конвейерной обработкой информации в  $n$  уровневых иерархических нейросетях. Лопиным В.Н. предложен конвейерный процесс обработки списка логических функций по тактам. Доказано, что нейросеть на  $n$  такте функционирующая

ния начинает выполнять вычисление последовательности логических функций, определяемой настроечной матрицей вида

$$M = \begin{pmatrix} \alpha_1^{11} & \alpha_2^{11} & \cdot & \cdot & \alpha_{2^n}^{11} \\ \alpha_1^{12} & \alpha_2^{12} & \cdot & \cdot & \alpha_{2^n}^{12} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \alpha_1^{1n} & \alpha_2^{1n} & \cdot & \cdot & \alpha_{2^n}^{1n} \end{pmatrix},$$

где  $\alpha_1^{1j} \alpha_2^{1j} \cdot \cdot \alpha_{2^n}^{1j}$  – двоичный набор, определяющий j-ю функцию списка  $f_1(\cdot), f_2(\cdot), \dots, f_n(\cdot)$ .

В проведенных ранее исследованиях рассматривалась ситуация, когда матрица являлась статической и задавала список, состоящий из n логических функций. При этом не рассматривался механизм управления матрицей, предполагающий считывание из нее требуемой строки для управления конвейерным режимом обработки.

Дальнейший анализ информационных процессов в иерархических нейросетях показал, что такой механизм может быть реализован также в рассматриваемом классе иерархических нейросетей. В основе такого механизма используется динамическая настроечная матрица, каждая строка которой на любом такте формируется текущими значениями  $2^n$  логических функций. Следовательно, для формирования этой матрицы может быть использована линейка из  $2^n$  иерархических нейросетей с m входами. В этом случае число строк L динамической настроечной матрицы определяется выражением  $L=2$ . Таким образом, можно рассматривать некоторый пакет из  $L=2^m$  логических функций, реализуемых в конвейерном режиме.

Структура конвейерного устройства пакетной обработки логических функций является иерархической (рис.).

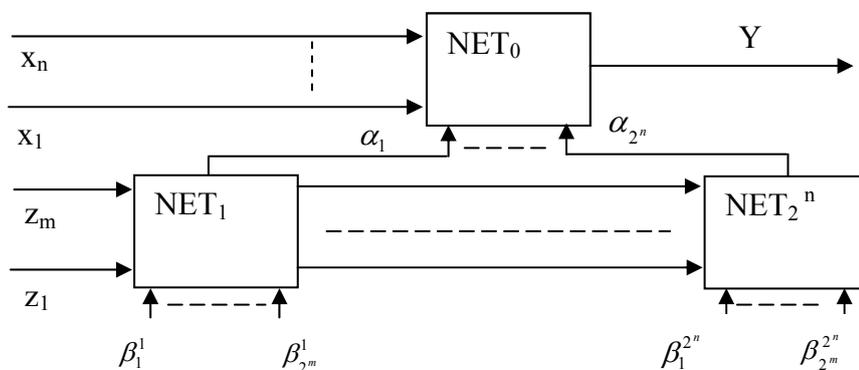


Рис. Структура конвейерного устройства пакетной обработки логических функций

Для реализации устройства используются  $2^n$  иерархические нейросети  $NET_i$  с  $m$  входами и одна иерархическая нейросеть, использующая  $n$  входов. В рассматриваемой структуре вектор  $X=(x_1, \dots, x_n)$  задает аргументы реализуемых в пакете логических функций  $f_1(\cdot), f_2(\cdot), \dots, f_n(\cdot)$ , а вектор  $Z=(z_1, \dots, z_m)$  определяет иницирующую последовательность состояний для формирования динамической настроечной матрицы  $M$ . Конфигурация ( $CN$ ) настроечной матрицы характеризует значения формируемых строк и последовательность их генерации нейросетями  $NET_1, \dots, NET_2^n$ . Очевидно, что такая конфигурация однозначно может быть задана соответствующим набором логических функций  $m$  переменных, реализуемых  $2^n$  иерархическими нейросетями  $NET_i$ . Таким образом, конфигурация настроечной матрицы может быть представлена функцией от вектора  $Z$  и вектора настроечных констант  $B = (\beta_1^1, \dots, \beta_{2^m}^1, \dots, \beta_1^{2^n}, \dots, \beta_{2^m}^{2^n})$ , т.е в виде  $CN=F(Z, B)$ .

Предлагаемая технология пакетной конвейерной обработки логических функций может быть использована для создания высокопроизводительных средств обработки информации, а также для создания эффективных аппаратных средств криптографической защиты информации.

УДК 621.397.01

**В.А. Квашенко, А.А. Жарких**

*Мурманский государственный технический университет*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО КОДИРОВАНИЯ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА**

Целью данной работы является представление результатов разработки программного модуля, осуществляющего устойчивое к ошибкам комбинированное кодирование речевого сигнала.

Эффективным методом передачи информации является кодирование с коррекцией ошибок (ККО). При использовании ККО вносятся избыточные данные, что приводит к увеличению объема передаваемой информации и снижению скорости передачи. Поэтому, для компенсации увеличения объема данных целесообразно выполнить предварительное сжатие кодируемой информации. В данной работе для сжатия речевого сигнала была использована комбинация двух методов, основанных на вейвлет-преобразовании Хаара и алгоритме кодирования речевой волны (АКРВ). Для ККО в работе использовался расширенный симплексный код.

**Алгоритмы сжатия и восстановление исходного речевого сигнала.**

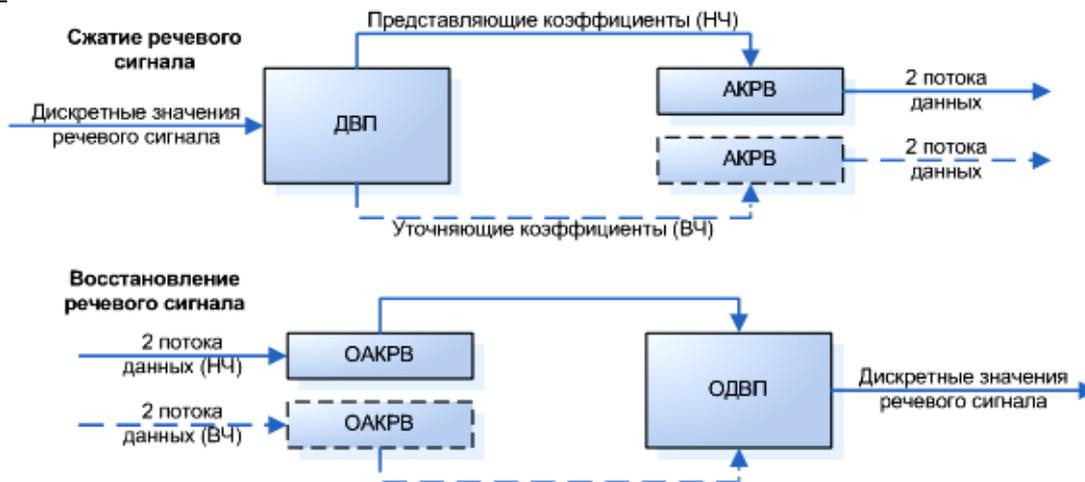


Рис. Структурная схема комбинированных методов сжатия и восстановления речевого сигнала

В основе АКРВ лежит принцип кодирования речевого сигнала по его экстремальным значениям на интервалах знакопостоянства речевой волны. Исходной информацией для этого алгоритма является массив дискретных значений речевого сигнала. Алгоритм формирует два результирующих потока: массив модулей ординат экстремумов и массив разностей абсцисс соседних экстремумов. Обратный АКРВ (ОАКРВ) на каждом интервале знакопостоянства речевой волны заменяет исходный сигнал кусочками синусоид.

Прямое дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) по Хаару осуществляется согласно следующим формулам:

$$c_n = (a_{2n} + a_{2n+1}) / 2; d_n = (a_{2n} - a_{2n+1}) / 2.$$

Обратное дискретное вейвлет-преобразование (ОДВП) по Хаару осуществляется согласно формулам:

$$a_{2n} = (c_n + d_n); a_{2n+1} = (c_n - d_n),$$

где  $a$  – дискретные значения речевого сигнала;  $c$  – представляющие коэффициенты;  $d$  – уточняющие коэффициенты. Для увеличения степени сжатия алгоритма возможно исключение высокочастотной (ВЧ) составляющей речевого сигнала, при этом для восстановления (с потерями) исходного сигнала каждый представляющий коэффициент дублируется.

**Кодирование и декодирование на основе расширенного симплексного кода.** Для кодирования используется  $(2^k, k, 2^{2k-1})$  расширенный симплексный код. Код может исправлять  $t = [2^{k-2} - 0,5]$  ошибок. Код строится на основе циклического симплексного кода добавлением бита проверки на четность. Кодирование осуществляется на основе рекуррентной формулы  $x_{n+k} = \left( \sum_{m=0}^{k-1} a_m x_{n+m} \right) \bmod 2$  и добавлением бита четности.

Для декодирования необходимо создать таблицу всех возможных кодовых последовательностей, которые могут быть получены с помощью непри-

водимого примитивного многочлена  $k$ -й степени над  $GF(2)$ . Каждый бит кодовой последовательности преобразуется по правилу  $y_i = (-1)^{x_i}$ . Решение о значении переданной информации определяется по максимуму скалярного произведения  $(\vec{c}, \vec{y})$ . Выбор максимума осуществляется в цикле по всем векторам  $\vec{c}$  из кодовой таблицы. Результатом декодирования будет последовательность из  $k$  старших битов, соответствующих найденному максимуму.

Предварительная апробация модуля показала возможность его использования для комбинированного ККО речевого сигнала.

УДК 621.397.01

**Р.В. Киселев, Е.Б. Постников**

*Курский государственный университет*

## **АНАЛИЗ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ**

Для целей анализа временных рядов и сигналов в настоящее время находит широкое применение непрерывное вейвлет-преобразование. Заметное отличие ядра такого преобразования от нуля лишь на небольшом промежутке изменения независимых переменных позволяет использовать вейвлет-преобразование для локального спектрального анализа, получая тем самым информацию об изменении спектрального состава сигнала, что, в частности, является весьма важным для изучения временного поведения решений, порождаемых нелинейными динамическими системами, а также сложных пространственных структур.

С этой точки зрения, наибольшие преимущества предоставляет использование непрерывного вейвлет-преобразования с вейвлетом Морле

$$w(s, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi s^2}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-i\omega_0 \frac{x-t}{s}} e^{-\frac{(x-t)^2}{2s^2}} dx . \quad (1)$$

Прямые расчеты по (1) малоэффективны, так как подынтегральная функция может быстро осциллировать. Поэтому при расчетах по (1) используют то, что вейвлет-преобразование является сверткой анализируемого сигнала и ядра преобразования. Такой подход позволяет свести вычисления к вычислению преобразования Фурье, так как преобразование Фурье свертки функций равно произведению преобразований Фурье этих функций.

Такой алгоритм оказывается весьма быстрым в силу свойств алгоритма быстрого преобразования Фурье. Тем не менее такому способу расчета присущи и определенные недостатки, являющиеся по сути недостатками преобразования Фурье и возникающие из-за его использования на промежуточной

стадии вейвлет-преобразования: для упрощения алгоритма и увеличения скорости счета длина выборки должна быть степенью двойки, должны использоваться равноотстоящие узлы. Кроме того, использование преобразования Фурье фактически заменяет исходный сигнал его «периодизированным» вариантом.

Преодолеть указанные недостатки алгоритма вычисления вейвлет-преобразования, использующего в качестве промежуточной стадии преобразование Фурье, позволяет подход, предложенный в работе.

Замечая, что ядро вейвлет-преобразования Морле является функцией Грина задачи

$$\partial_s w = s \partial_{tt} w - i\omega_0 \partial_t w, \quad (2)$$

получаем, что выражение (1) возможно рассматривать как решение уравнения в частных производных (2), причем начальное условие оказывается пропорциональным исходному сигналу. Установлено также, что такой подход позволяет вычислять преобразование асимптотически быстрее в сравнении с алгоритмом на основе быстрого преобразования Фурье, предоставляя дополнительно простую вычислительную схему для случая выборки с неравноотстоящими узлами.

Для решения (2) создана программа wxMorlet (<http://sourceforge.net/projects/wxmorlet>) с графическим интерфейсом пользователя, позволяющая вычислять вейвлет-преобразование по выборке из различных типов файлов, а также с АЦП звуковой карты. В качестве языка реализации использован C++, так как компиляторы этого языка существуют под самые различные программно-аппаратные платформы, позволяя получать кросс-платформенное приложение ценой минимальных усилий. Дополнительным преимуществом использования C++ являются международные стандарты, закрепляющие обязательные свойства компилятора и библиотеки времени выполнения. Для создания графического интерфейса пользователя была использована кросс-платформенная библиотека wxWidgets. Кроме того, программа wxMorlet использует преимущества современных процессоров с векторными командами, планируется использовать технологию ОМР. Одним из ключевых компонентов реализации является решатель систем ОДУ, поверенный на периодических решениях ограниченной задачи трех тел.

Численная схема решения (2) получена путем полудискретизации по переменной  $t$  и применением к получающейся системе ОДУ явных методов типа Рунге-Кутты с расширенной по Чебышеву областью стабильности или – более уместный в силу жесткости получаемой задачи Коши вариант – методов Розенброка. Альтернативный вариант вывода схемы дает использование метода Галеркина с линейными одномерными конечными элементами и последующим люмпингом матрицы масс.

Развитый в настоящей работе подход был использован для демонстрации наличия периодов в цепочке из 11000 нуклеотидов, составляющих часть ДНК (22-я хромосома, человек).

УДК 635.537.001

***Н.С. Кобелев, Е.С. Шевелева, В.Н. Кобелев, Д.В. Титов***

*Курский государственный технический университет*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ДИФфуЗИОННОГО СОКА В РОТАЦИОННОЙ ПУЛЬПОЛОВУШКЕ**

Ротационные пульполовушки на сахарных заводах в системах очистки диффузионного сока работают в вибрационно-пульсирующем режиме, обусловленном спецификой отделения мезги от жидкости. Как свидетельствуют записи регистрирующих аппаратов (расходомеры, дифманометры и термометры сопротивления), происходит постоянное колебание расходов нефильтрованного сока, его температуры и давления, что фиксируется соответствующими датчиками. Анализ сезонной эксплуатации оборудования на сахарных заводах, подвергающегося вибрационным воздействиям, позволил выявить, что измеряющие и регистрирующие приборы записывают показания, происходящие по периодическому закону, а изменение параметров рабочей среды подчиняется закону нормального распределения Гаусса.

Нами разработана система автоматизированного контроля параметров качественной очистки диффузионного сока в вибрационно-пульсирующих условиях эксплуатации ротационной пульполовушки, новизна технического решения, которая защищена патентом РФ.

Ротационная пульполовушка с системой автоматизированного контроля работает следующим образом.

При уменьшении расхода нефильтрованного сока сигнал, поступающий с датчика расхода 20, установленного на патрубке 2, превышает нормированный сигнал блока 15 задания и на выходе блока 14 сравнения появится сигнал отрицательной полярности, поступающий на вход электронного усилителя 16, одновременно с сигналом отрицательной обратной связи от блока 17 нелинейной обратной связи. Сигнал с выхода электронного усилителя 16 поступает на вход магнитного усилителя 18, где он усиливается по мощности, выпрямляется и поступает на обмотку блока порошковых электромагнитных муфт регулятора 19 скорости вращения электродвигателя 10. Отрицательная полярность сигнала электронного усилителя 16 вызывает уменьшение тока возбуждения на выходе магнитного усилителя 18, тем самым уменьшая передаваемый блоком порошковых электромагнитных муфт момент от электродвигателя 10 к цепной передаче 11. В результате снижается

частота вращения вала 6 и уменьшаются энергозатраты на работу электродвигателя 10, что в конечном итоге снижает энергоемкость процесса фильтрации сока.

При увеличении расхода поступающего нефilterованного сока по патрубку 2 сигнал, поступающий с датчика 20 расхода сока, имеет значение ниже нормированного значения сигнала блока 15 задания и на выходе блока 14 сравнения появится сигнал положительной полярности, поступающий на вход электронного усилителя 16. Положительная полярность сигнала электронного усилителя 16 вызывает увеличение тока возбуждения на выходе магнитного усилителя 18 и тем самым увеличивается передаваемый блоком порошковых электромагнитных муфт момент от электродвигателя 10 к цепной передаче 11. При этом увеличивается частота вращения вала до нормированных значений и нефilterованный сок по патрубку 2 поступает в корытообразный корпус 1, фильтруется сквозь сетку барабана 7, сливается в патрубков 4 и дальше подается на очистку. Задержанная на сетке мезга сбрасывается как в бункер, так и внутрь барабана 7 при помощи перемещающейся рамы 8, поверхность которой, обращенная к сетчатому цилиндрическому барабану 7, имеет игольчатые гибкие штыри 9.

Электродвигатель 10 посредством цепной передачи 11 приводит во вращение вал 6, на торцах которого жестко укреплены звездочки 22. В результате барабан 7 и звездочки 22 вращаются синхронно, и ролики 21 перемещаются по профилю звездочек 14. Игольчатые гибкие штыри 9 рамы 8 проникают в отверстия сетки барабана и очищают эти отверстия, что обеспечивает фильтрацию поступающего диффузионного сока.

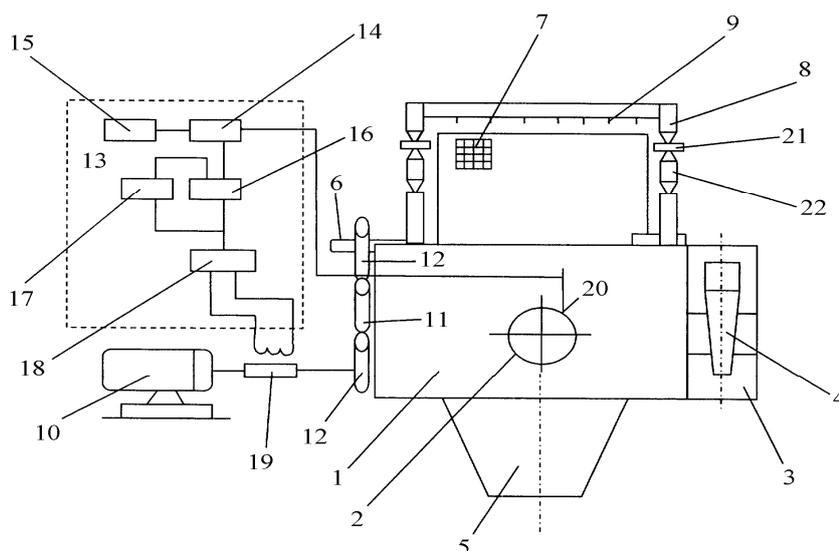


Рис. Система автоматизированного контроля параметров качественной очистки диффузионного сока в вибрационно-пульсирующих условиях эксплуатации ротационной пульполовушки

Изобретение обеспечивает снижение энергоемкости процесса фильтрации сока при изменении его количества, поступающего в пульполовушку, при этом снижаются энергозатраты на работу последней.

УДК 681.3

**Е.Ю. Кобзарь, Э.И. Ватутин**

vooki88@mail.ru, evatutin@rambler.ru

*Курский государственный технический университет*

## **МЕТОДИКА ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕН ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНЫХ ФРАГМЕНТОВ ПРОГРАММ В МНОГОЗАДАЧНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

В многозадачных операционных системах с разделением времени вызывает интерес точная оценка времени выполнения программных реализаций алгоритмов различной длительности. При разработке методики, позволяющей производить измерение времени с минимальной погрешностью и максимальной повторяемостью результата, важная роль отводится обработке полученных результатов, разброс которых при сильной фоновой нагрузке операционной системы может достигать 50%.

Целью данного исследования является нахождение наиболее эффективного метода обработки массива единичных значений  $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ , каждое из которых получено в ходе итеративного повторения исследуемого фрагмента в цикле с  $m$  итерациями. В качестве объекта исследования в данной работе был взят вычислительный алгоритм длительностью выполнения порядка  $10^5$  тактов процессора. В ходе исследования была проведена сравнительная оценка следующих методов: среднее арифметическое отдельных за-

меров  $x_{\text{avg}}^* = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$ , минимальное  $x_{\text{min}}^* = \min_{i=1, n} x_i$  и «среднеминимальное»

$x_{\text{kas}}^* = \frac{3}{n} \cdot \sum_{i=\frac{n}{3}}^{\frac{2n}{3}} y_i$  значения, где  $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n] = \text{sort } X$  – отсортированный

массив единичных измерений. Замеры производились с использованием счетчика TSC, интегрированного в состав процессора.

В качестве критерия сравнения методов было принято среднее квадратическое отклонение (СКО)  $\sigma(x_k^*)$ ,  $k = \{\text{avg}, \text{min}, \text{kas}\}$ , характеризующее степень разброса результатов измерения относительно математического ожидания. По данному критерию метод среднего арифметического единичных замеров показывает наибольшую степень разброса значений и выглядит наименее привлекательным для использования на практике (рис. 1). С ростом

количества замеров СКО уменьшается, причем зависимость имеет нелинейный характер.

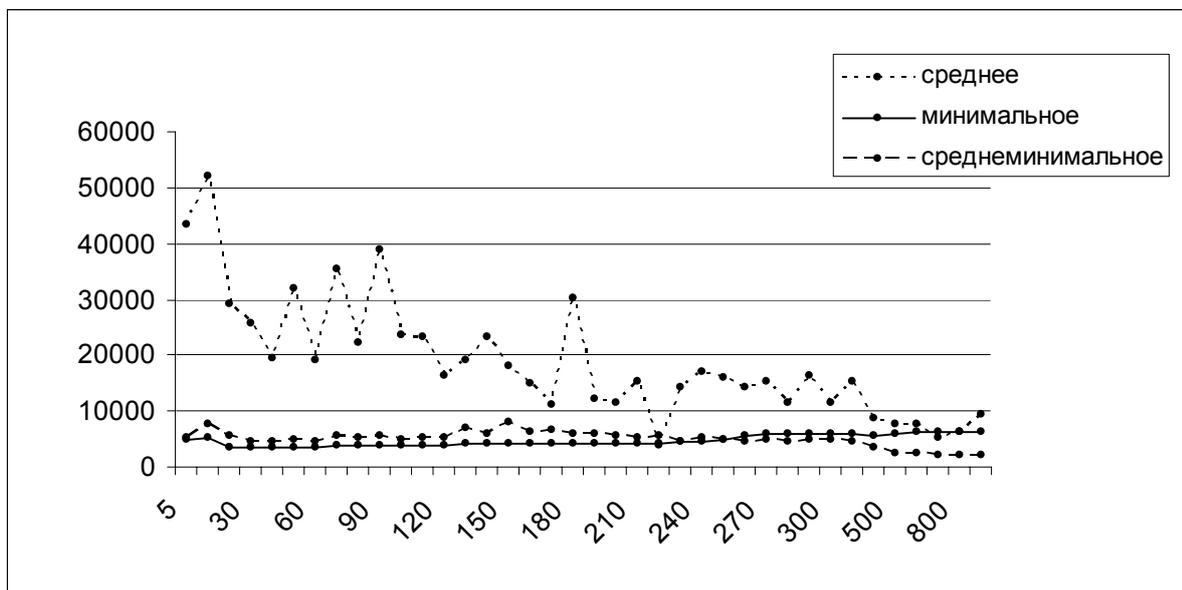


Рис. 1. Зависимость  $\sigma(x_k^*)$  от  $m$  при  $n = 10$

Метод минимального значения (рис. 2) характеризуется наименьшим разбросом единичных значений при небольшом числе итераций измерений ( $m \in [30; 50]$ ). «Среднеминимальное» значение характеризуется наименьшим значением СКО при относительно большом числе повторных итераций измерения ( $m \in [600; 900]$ ). В связи с этим целесообразно осуществлять выбор между данными методами в соответствии со спецификой исследуемых фрагментов программ и имеющегося в распоряжении исследователя свободного времени.

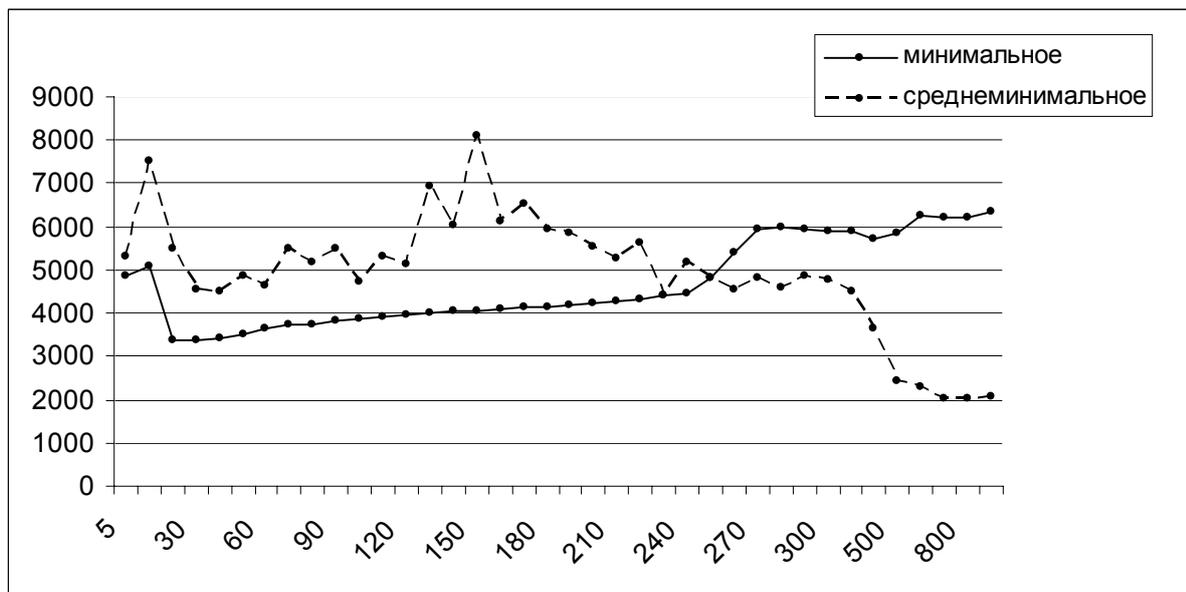


Рис. 2. Зависимость  $\sigma(x_k^*)$  от  $m$  при  $n = 10$  (увеличено)

УДК 681.5.01

**П.С. Козлов**

*Курский государственный технический университет*

**ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА  
ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ  
ЖИДКОСТИ И ОЦЕНКИ  
ФЛОТАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ВЕЩЕСТВ**

Актуальной задачей в горнообогатительной промышленности является автоматизация подбора оптимального состава флотореагентов для пенной флотации. С этой целью разработан метод, позволяющий автоматически определять флотационную активность апполярных флотореагентов по изменяющемуся изображению пузырька газа в исследуемой жидкости и на основе этого осуществлять подбор их оптимального состава.

Автоматизация операций, заключающихся в расчете поверхностного натяжения вещества по изображению пузырька газа в жидкости с реагентом, на основе принципов цифровой обработки изображений, позволила получать результаты измерений в реальном времени и создать оптико-электронную систему определения поверхностного натяжения жидкости и оценки флотационной активности веществ.

В основу принципов функционирования предлагаемой оптико-электронной системы (ОЭС) положен метод измерения поверхностного натяжения жидкости, заключающийся в формировании пузырька газа в ячейке с прозрачными плоскопараллельными стенками, получении изображения пузырька при помощи цифрового фотоаппарата, цифровой обработке изображения в ЭВМ, включающей медианную фильтрацию, бинаризацию и выделение контуров объектов изображения, обнаружение пузырька, сглаживание его контура, расчете поверхностного натяжения на основе анализа формы контура пузырька.

Разработанная ОЭС позволяет определять флотационную активность реагентов, осуществлять подбор входящих в реагент компонент, управлять процессом флотации и может найти широкое применение в системах автоматизации и управления флотационными процессами в промышленности, а также может быть использована и лабораторных условиях.

УДК 621.397.01

**Г.Г. Аньшаков, Е.Б. Болецкий, О.Б. Тарасова, В.С. Титов**

*Центр информационных технологий в проектировании РАН,  
Курский государственный технический университет*

## **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СКРИНИНГОВОЙ ДИАГНОСТИКИ КАТАРАКТЫ**

Разработка средств скрининговой диагностики заболеваний на ранней стадии, характеризующихся низкой стоимостью, достаточной для предварительного выявления заболевания точностью и возможностью применения медицинским персоналом со средним образованием, является актуальной задачей.

В частности, достаточно важно создание средств скрининговой диагностики такого серьезного заболевания зрительной системы человека, как катаракты, наблюдающейся у большого числа населения. При этом следует отметить, что особую актуальность приобретает задача автоматизированной диагностики катаракты у детей.

Для определения катаракты глаза на ранней стадии разработано оптико-электронное устройство, принцип функционирования которого основан на оценке отношения излученного и прошедшего через хрусталик глаза и затем отраженного от глазного дна некогерентного излучения инфракрасного диапазона.

Устройство состоит из подбородно-лицевого упора со станиной, вычислительного модуля и волоконно-оптического канала. В процессе диагностики голова человека фиксируется в подбородно-лицевом упоре; посредством передачи излучения через волоконно-оптический канал поток инфракрасного излучения проходит через зрачок и отражается от задней стенки глаза; вычислительный модуль оценивает величину прошедшего и поглощенного излучения и формирует сообщение о наличии или отсутствии помутнения хрусталика, свидетельствующего о возможном развитии катаракты.

Структурная схема вычислительного модуля оптико-электронного устройства показана на рис. 1. Модуль состоит из

- кнопок управления 1-5;
- двух фотоприемников инфракрасного (ИК) диапазона 6,7;
- аналого-цифрового преобразователя 8;
- микроконтроллера 9;
- двух светодиодов видимого диапазона излучения 10, 11;
- двух светодиодов инфракрасного диапазона 12, 13;
- жидкокристаллического индикатора 14;
- двух светодиодных индикаторов уровня 15.

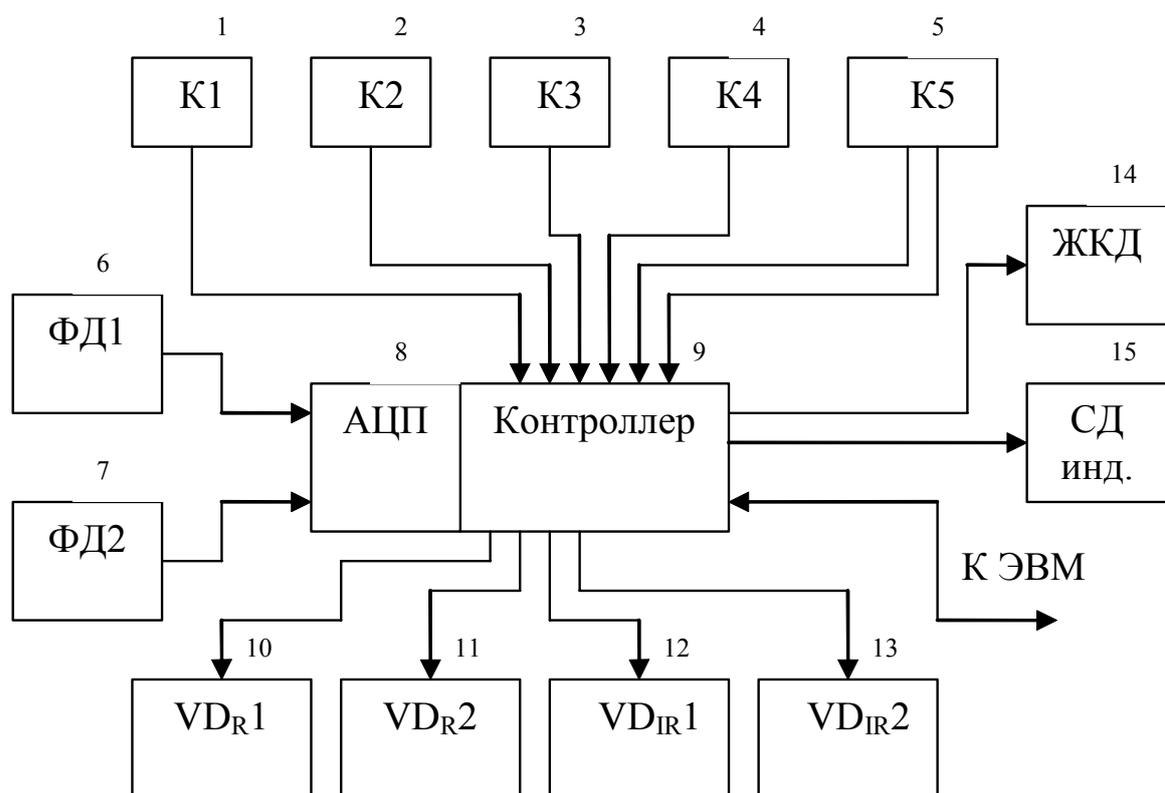


Рис. Структурная схема вычислительного модуля  
оптико-электронного устройства скрининговой диагностики катаракты

Вычислительный модуль работает следующим образом. После подачи питающего напряжения модуль включает светодиоды  $VD_{R1}$ ,  $VD_{R2}$  видимого диапазона излучения, свет от которых используется для субъективной оценки помутнения хрусталика пациентом, а также позиционирования волоконно-оптического канала напротив зрачка глаза. Одновременно с этим производится выбор яркости излучения видимых и инфракрасных светодиодов путем управления кнопками  $K_1$ ,  $K_2$ .

Затем после переключения прибора в режим автоматической диагностики переключателем  $K_3$  включаются ИК-диоды  $VD_{IR1}$ ,  $VD_{IR2}$  и начинается считывание с фотодиодов и аналого-цифровое преобразование уровня фоновой подсветки и уровня прошедшего через хрусталик ИК-излучения. После этого по полученным данным контроллер вычисляет уровень помутнения хрусталика. Результаты диагностики отображаются на жидкокристаллическом дисплее и светодиодных индикаторах уровня.

По желанию врача данные об измерении могут быть сохранены (нажатием кнопки  $K_5$ ) в памяти прибора или переданы в ПЭВМ. Ранее полученные результаты диагностики выводятся на дисплей нажатием кнопки  $K_6$ . Затем процесс диагностики может быть повторен для очередного пациента.

УДК 519.876.5

**А.С. Гублин**

Gublin@tula.net

*Тульский государственный университет*

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УЧЕБНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

В последнее десятилетие отчетливо проявляется тенденция применения волоконно-оптических технологий при построении телекоммуникационных систем связи. Во многом это объясняется значительным экономическим выигрышем, обусловленным высокой пропускной способностью волокна и низким удельным затуханием.

На фоне огромного числа технологий и стандартов, используемых в волоконных сетях, возникает сложность ознакомления студентов с особенностями проектирования и расчета волоконно-оптических систем и их компонентов в узкий промежуток времени, отведенный на данный курс. С целью повышения эффективности учебного процесса следует использовать современные информационные технологии, в частности, при проведении лабораторных работ возможно использование программного комплекса учебно-технического проектирования и расчета волоконно-оптических линий связи (ВОЛС).

При создании программного комплекса учитывался следующий ряд требований:

- Наглядность построения модели волоконно-оптической линии.
- Программный комплекс должен по возможности отображать все основные факторы и взаимосвязи, характеризующие реальные ситуации и ограничения.
- Программный комплекс должен быть максимально унифицирован, чтобы позволить проанализировать различные варианты линий передачи.
- Формализованная модель ВОЛС должна быть достаточно простой, чтобы позволить выполнить необходимые исследования с разумными затратами.

Программная реализация учебного комплекса выполнена с использованием языка программирования C++, который представляет собой удобный инструмент объектно-ориентированного программирования.

Компонентная база созданной модели включает в себя следующие виды элементов: передающий оптический модуль, участок оптического волокна, разветвитель, регенератор, приемный оптический модуль.

Пользователь при помощи графического интерфейса может составить из доступных компонентов требуемую структуру линии, которая по своему типу может быть либо «точка-точка», либо «дерево с пассивным оптическим

разветвлением». Пример задания линии с пассивным оптическим разветвлением показан на рис. 1.

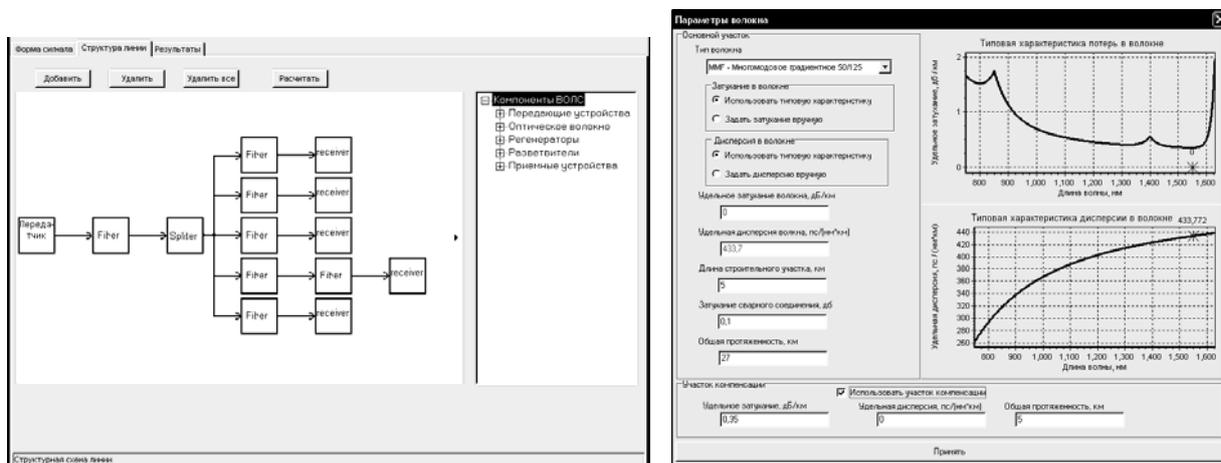


Рис.1. Пример задания структуры ВОЛС в учебном программном комплексе

Пример задания параметров приведен на рис. 2.

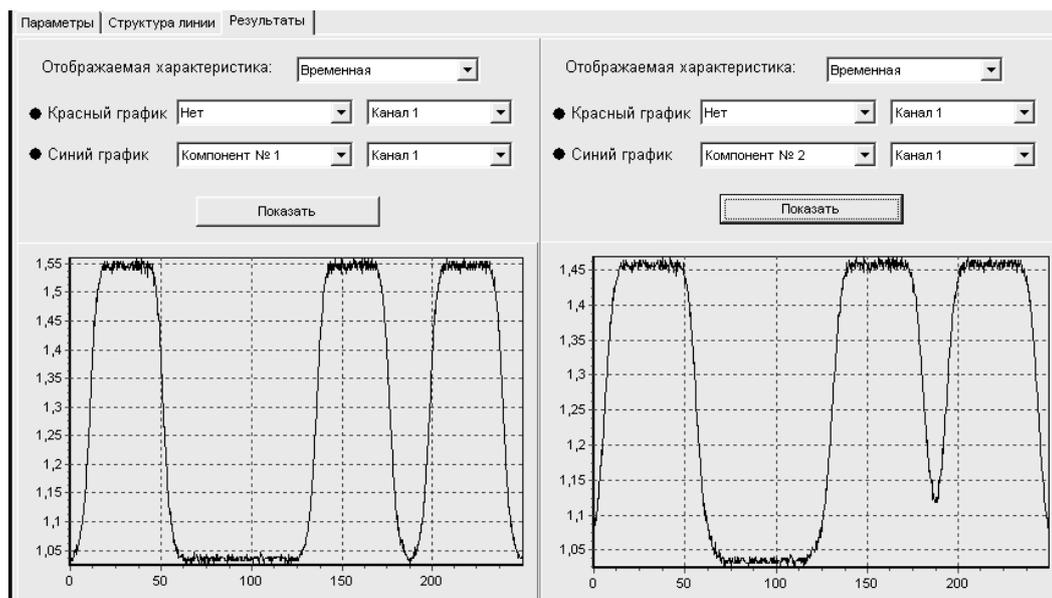


Рис. 2. Задание характеристик ОВ

После завершения структуры моделируемой линии, пользователь, в случае верного составления схемы, может рассчитать прохождение сигнала по линии, отобразить на графике временные и частотные зависимости передаваемого сигнала.

Удобный графический интерфейс поможет пользователю без особых усилий освоить программную среду. Таким образом, использование данного учебного программного комплекса позволит повысить эффективность учебного процесса.

УДК 621.397.6: 656.13

**Е.А. Макарецкий, Л.Х. Нгуен**

bigmak@tula.net

*Тульский государственный университет*

## **СЕЛЕКЦИЯ ОБЪЕКТОВ В ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Надежное выделение изображения движущегося транспортного средства не гарантирует высокой точности измерения его скорости. В реальной обстановке всегда одновременно с нахождением в кадре полезного объекта присутствуют другие движущиеся объекты, являющиеся помехами. Поэтому для повышения помехозащищенности измерительной системы необходимо осуществлять селекцию изображений объектов. При этом должны использоваться признаки (характеристики), отличающие полезный объект от помех. Такими признаками являются размеры, форма, скорость, направление движения.

Полный алгоритм размерной селекции целесообразно проводить одновременно с сегментацией и определением координат объектов. Он включает следующие этапы.

1. Просмотр массива значений яркости бинаризованного изображения с шагом, равным минимально возможному пиксельному размеру изображения транспортного средства. В результате повышается скорость просмотра изображения и значительная часть объектов малого размера не попадает в узлы сетки просмотра и автоматически осуществляется их селекция.

2. Сегментация объектов, заключающаяся в поиске соседних пикселей  $a_{ij}$  с высокой яркостью, непосредственно примыкающих к исходному, который получен проверкой по пороговой яркости  $a_n$  в процессе обхода по сетке просмотра в соответствии с алгоритмом анализа параметра яркости пикселей. Результатом работы алгоритма является создание некоторого количества массивов, описывающих размеры и координаты всех объектов с размерами, попадающими в сетку просмотра.

3. Медианная фильтрация изображения для подавления одно- и двухпиксельных объектов, попавших в сетку просмотра. При этом одновременно «сглаживаются» неровности края изображений объектов, что способствует снижению погрешности определения их размеров.

4. Для каждого выделенного объекта расчет размеров по максимальным и минимальным значениям определенных координат. Затем производится проверка на выполнение условий по размерам и коэффициенту формы

(соотношению размеров), где граничное значение коэффициента формы определено по результатам анализа геометрии транспортных средств.

#### 5. Определение координат центров объектов.

Результатом работы алгоритма является информация о количестве и размерах объектов и преобразованный массив значений яркости пикселей, из которого исключены объекты, для которых не выполняются перечисленные выше требования.

Для селекции двух движущихся объектов, близких по размерам и скорости, необходимо построение траекторий движения каждого объекта. Для решения задачи траекторной селекции в телевизионной измерительной системе контроля дорожного движения классический метод трасс модифицирован таким образом, чтобы он учитывал динамику перемещения объектов и их характеристики.

Авторы предлагают производить селекцию с помощью функционала

$$\Phi_2 = K_1 \sum_{i,j} L(R_i, R_{ij}) + K_2 [\Delta x_{pi}^{n,n+1} + \Delta y_{pi}^{n,n+1}] + K_3 [\Delta v_{pi}^{n,n+1}] + K_4 [\sin \varphi_{ij}],$$

где  $K_1, K_2, K_3, K_4$  – весовые коэффициенты, учитывающие вклад соответственно расстояний между точками объектов последовательных  $n$  – го и  $n+1$ -го кадров; изменение размеров объектов; изменение скорости объектов от прогнозируемой; изменение направления движения;  $\varphi_{ij}$  – угловое изменение направления движения относительно предыдущего кадра

$$\cos \varphi_{ij} = \frac{1 + k_i k_j}{\sqrt{(1 + k_i^2)(1 + k_j^2)}}, k_i = \frac{y_{2i} - y_{1i}}{x_{2i} - x_{1i}}, k_j = \frac{y_{2j} - y_{1j}}{x_{2j} - x_{1j}},$$

$y_{2i}, y_{1i}, x_{2i}, x_{1i}$  – координаты центра объекта для  $n+1$  и  $n$  – го кадров;  $\Delta x_{pi}^{n,n+1}, \Delta y_{pi}^{n,n+1}$  – изменение размеров объекта для последующих кадров.

В зависимости от имеющейся информации идентификация и установление связей между положениями объекта производятся по следующему алгоритму:

- первый кадр является исходным; по результатам его обработки определяются координаты и размеры всех объектов на изображении;
- для второго кадра видеопоследовательности идентификация проводится по правилу  $\min \Phi_2(i, j)$ , при  $K_3 = 0, K_4 = 0$ , поскольку априорная информация о векторе скорости отсутствует;
- для третьего и последующих кадров видеопоследовательности обработка ведется по полному функционалу.

Предложенные алгоритмы селекции транспортных средств по размерам и динамическим параметрам являются основой комплексного алгоритма вы-

деления полезных объектов в телевизионной системе контроля дорожного движения, разработанной авторами.

УДК 681.3

**С.Ю. Мирошниченко**

oldguy7@rambler.ru

*Курский государственный технический университет*

## **ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ГИСТОГРАММНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ТЕНЕЙ ОБЪЕКТОВ НА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Аэрокосмические изображения представляют собой источник наиболее оперативных данных для геоинформационных систем (ГИС) и используются для создания и актуализации их основной информационной составляющей – электронных карт, которые представляют собой векторное описание геопространственных объектов, семантически разделенных на несколько групп (слоев геопространственной информации).

Одними из наиболее информативных составляющих аэрокосмического изображения являются тени объектов, позволяющие при известном угле места Солнца определить высоты формирующих их объектов. Однако при автоматизированной векторизации аэрокосмического изображения тени играют негативную роль. В частности, при использовании контурных или кластерных методов обработки изображения тени формируют ложные объекты (представляемые контурами или кластерами) за счет значительного различия яркости тени и окружающего фона и, как следствие, присутствия резкого перепада яркости на границе тени с фоном и объектом.

Для устранения негативного влияния теней на процесс автоматизированной векторизации аэрокосмического изображения разработан метод локализации и гистограммной компенсации теней объектов. Метод основан на том, что в пределах изображения азимут Солнца изменяется незначительно (при разрешении 1м, разница азимутов на краях изображения 10000x10000 точек составляет 0,02 град.). Следовательно, можно считать, что тени в пределах изображения отбрасываются объектами в одном направлении.

Для автоматического определения азимута Солнца применяется направленный фильтр, синтезируемый на основе функции отклика одномерного дифференциального фильтра (например, фильтра Гаусса). Функция отклика одномерного дифференциального фильтра располагается в двумерном пространстве вдоль прямой, проведенной под углом  $\gamma$  к оси абсцисс. При изменении угла  $\gamma$  в пределах  $[0^\circ, 360^\circ]$  строится фазовая развертка средних

откликов направленного дифференциального фильтра на изображении. В качестве азимута Солнца принимается угол  $\gamma$ , соответствующий максимальному значению среднего отклика фильтра.

Локализация теней выполняется с помощью карты откликов направленного дифференциального фильтра в каждой точке изображения при известном угле  $\gamma$ . Тень определяется как область, заключенная между положительным (граница фона и тени) и отрицательным (граница тени и объекта) откликами фильтра. Граница тени выделяется с помощью построения кластера на основе яркостного и геометрического признаков. Центр создаваемого кластера размещается в центре выделенной ранее области.

Область изображения внутри выделенного кластера подвергается гистограммной коррекции для приведения к яркости окружающего фона.

Разработанный метод позволяет в автоматическом режиме выполнять определение направления солнечного излучения (азимут Солнца), локализацию и гистограммную коррекцию теней геопространственных объектов на аэрокосмических изображениях.

УДК 528.711

***М.М. Касем, Д.С. Сабельников***

*Курский государственный технический университет*

## **ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ ШУМУ**

Одним из важных направлений неразрушающего контроля и технической диагностики являются методы, основанные на анализе акустических колебаний, шумов и вибраций либо генерируемых объектом контроля в процессе функционирования, либо возбуждаемых в объекте внешним генератором (или периодическими ударами).

При генерировании акустических сигналов самим объектом, и при его возбуждении с помощью наносимых по объекту ударов, чем сложнее объект, тем сложнее получается и анализируемый акустический сигнал, и тем труднее идентифицировать по нему состояние объекта [1].

Причина здесь в том, что, хотя в обоих случаях процессы, генерирующие анализируемый сигнал, можно отнести к циклическим, но и в сложных работающих машинах, и в сложных изделиях, в которых упругие колебания возбуждаются за счёт внешних циклических воздействий, суммарный акустический сигнал складывается из очень многих составляющих, которые генерируются отдельными деталями и элементами работающей машины или

вибрирующего после удара изделия. При этом каждый из этих элементов обладает своими резонансными частотами, которые не только не совпадают друг с другом, но и не кратны. В результате наложения и вынужденных, и собственных колебаний множества этих элементов с меняющейся во времени амплитудой и различными (и также могущими изменяться во времени) периодами, а также происходящей между ними интерференции, сам суммарный сигнал (во временной области) и его спектр получаются нестационарными. Из них очень сложно выделить устойчивые информативные признаки, по которым можно было бы проводить идентификацию состояний объекта. В итоге сложилась противоречивая ситуация, когда быстрое совершенствование технологий сбора и обработки данных на базе современной компьютерной техники как в реальном времени, так и при использовании ретроспективного анализа, наталкивается на отсутствие эффективных методов анализа нестационарных и квазистационарных процессов, выделения из таких сигналов устойчивых информативных признаков и синтеза решающих правил, позволяющих проводить надёжную идентификацию состояний указанных объектов. Именно разработке таких методов анализа, связанных с выделением близких к стационарным «типичных» для данного состояния квазистационарных реализаций сигналов, которые в дальнейшем подвергаются спектральному анализу, с выделением из полученных спектров устойчивых информативных признаков, отбором их оптимальной совокупности для идентификации заданного множества состояний объекта и построением решающих правил для проведения идентификации посвящена настоящая работа [2].

Проведено исследование алгоритмов предварительной обработки нестационарных акустических сигналов для выделения их квазистационарных участков и формирования «типичных» для каждого распознаваемого состояния квазистационарных реализаций, пригодных для дальнейшей обработки. В данном докладе приводится метод и реализующий его алгоритм по выделению минимального подмножества информативных признаков из спектров сигналов обучающей выборки, по которому в дальнейшем будут строиться решающие правила распознающей системы.

---

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий [Текст]: справочник. Т. 2 / В.В. Клюев, В.Г. Герасимов, А.К. Гурвич и [др.]. М.: Машиностроение, 1986.

2. Ланге, Ю.В. Акустические низкочастотные методы неразрушающего контроля многослойных конструкций [Текст] / Ю.В. Ланге. М.: Машиностроение, 1991.

УДК 004.932

**В.С. Панищев, В.С. Яковлева**

*Курский государственный технический университет*

## **ПРОГРАММА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И КОПИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ**

Актуальной задачей на рынке программных и аппаратных средств обработки цифровых изображений является разработка метода копирования документов при помощи современных фотоаппаратов, разрешающая способность которых позволяет их использовать для получения копий различных документов. Преимуществом использования фотоаппарата для копирования документов по сравнению со сканером является высокая скорость получения изображения и возможность получения изображения документа любого размера (например, плаката, висящего на стене).

Основными операциями при копировании документа являются: обнаружение документа на изображении, поворот, перспективные преобразования, масштабирование. Поскольку при фотографировании в кадр попадает множество разных объектов, то необходимо выделить среди них наиболее похожие на документ. После процедуры обнаружения документа выполняется нахождение его краев, поворот документа и обрезка неинформативной части изображения. В процессе обработки выполняются операции фильтрации изображения, выделения контуров, бинаризация.

Для обнаружения документа на изображении принимаются следующие допущения:

- документ расположен на ровной поверхности и представляет собой прямоугольник;
- на исходном изображении документ целиком попадает в кадр;
- края документа отличаются от фона, на котором расположен документ.

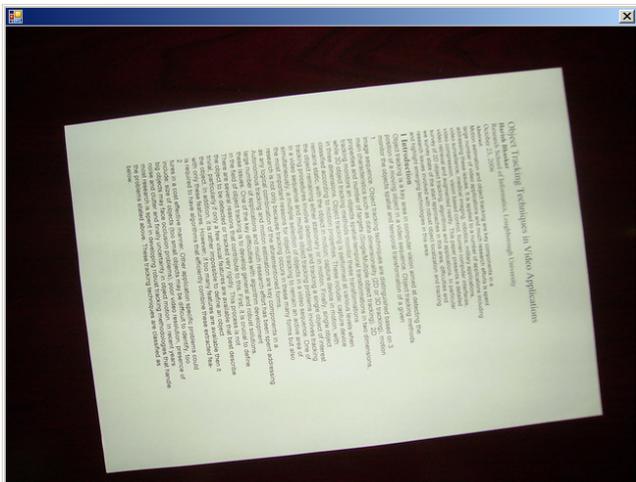
В целом задача обнаружения документа на изображении сводится к обнаружению краев документа по перепаду яркости на данных участках изображения. При этом документом считается любое изображение, имеющее четко выраженный четырехугольный контур, по размеру близкий к размеру кадра.

Операции по копированию документа были реализованы в виде программы, позволяющей получить изображение документа из исходного изображения (рис.).

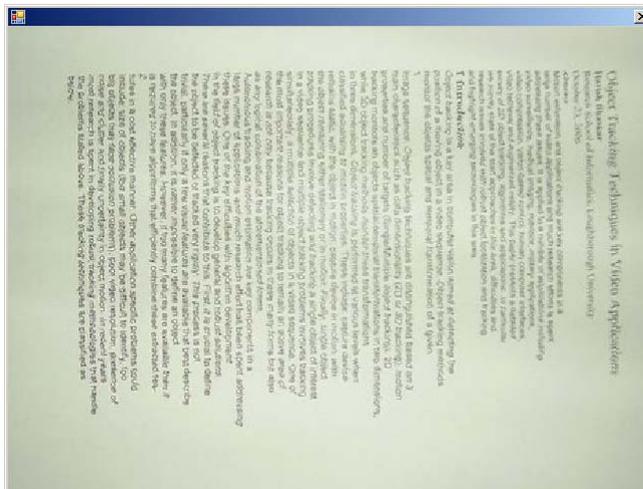
Время обработки изображения 640x480 зависит от типа процессора и объема оперативной памяти (для конфигурации P3 1,14 ГГц, 512 Мб время обработки 3-4 с).

Программа предназначена для копирования изображений документов, полученных с помощью цифрового фотоаппарата, и может быть реализована

в качестве дополнительной функции в цифровых фотоаппаратах и камерах, встроенных в мобильные телефоны. В таком случае оптимизация кода с использованием команд для параллельных вычислений позволит значительно уменьшить время обработки.



Исходное изображение



Изображение документа

Рис. Обнаружение и копирование документа

УДК 621.38

**Р.А. Поветкин**

*Курский государственный технический университет*

## **ВЫБОР ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ МАНОМЕТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВАКУУММЕТРА**

Наиболее распространенными приборами для измерения среднего вакуума, в частности для контроля предварительного разрежения в вакуумных системах, в настоящее время являются теплоэлектрические вакуумметры. Этот тип вакуумметров получил распространение благодаря своей простоте и возможности измерять давление в довольно широком диапазоне с достаточно хорошей точностью.

Действие теплоэлектрических (тепловых) вакуумметров основано на использовании зависимости теплопроводности разреженного газа от его давления. Для этого нагреваемый электрическим током проводник помещается в баллон, вводимый в объект, в котором необходимо измерить давление, с соблюдением мер, обеспечивающих вакуумную плотность. В этом случае молекулы газа осуществляют перенос тепла от проводника. При постоянной силе тока накала критерием давления служит температура проводника. При по-

стояннoй же температуре проводника значение давления определяется по силе тока накала или падению напряжения на проводнике.

В манометрических преобразователях тепловых вакуумметров используются различные типы чувствительных элементов, среди которых наиболее часто используются металлические терморезисторы. В то же время перспективными элементами для измерения давления тепловым методом являются термисторы, обладающие более высокой чувствительностью сопротивления к изменению температуры. Ранее в качестве чувствительных элементов термисторы не использовались из-за большого разброса характеристик и большого времени реакции на изменение давления. Но в настоящее время благодаря существенному прогрессу, достигнутому в технологии изготовления термисторов, и технологический разброс, и нестабильность характеристик терморезисторов существенно уменьшены. Поэтому целесообразно провести сравнительный анализ достоинств и недостатков металлических терморезисторов и полупроводниковых термисторов в качестве чувствительных элементов манометрических преобразователей. Это и является целью данной работы.

В работе проведено теоретическое и экспериментальное исследование использования термисторов фирмы Ersos в качестве чувствительных элементов теплоэлектрических вакуумметров. На основе полученных данных произведено сравнение данных элементов с широко используемыми на практике в настоящее время платиновыми терморезисторами в отечественном манометрическом преобразователе ПМТ-6.

Производились следующие экспериментальные исследования:

- нахождение зависимости рассеиваемой мощности термистором от давления в камере при различных температурах нагрева термистора;
- определение влияния технологического разброса параметров термисторов на погрешности измерения;
- определение инерционности термисторов при разных давлениях и температурах нагрева.

На основе полученных данных проведено детальное сравнение металлического терморезистора и термистора, сделаны следующие выводы:

- термисторы, так же, как и преобразователи с металлическими терморезисторами, позволяют измерять давление в диапазоне от  $10^{-1}$  Па и выше;
- технологический разброс характеристик термисторов и терморезисторов влияет на погрешность измерения давления примерно одинаково (значения погрешностей при отсутствии индивидуальной калибровки могут составлять до 50%);
- значения измерения времени реакции, полученные для термисторов, имеют существенно большие значения по сравнению с металлическими терморезисторами;

- конструкция преобразователя на основе термистора может быть надежнее и технологичнее конструкции на основе платинового терморезистора;
- термисторы невозможно использовать в комбинированных приборах для измерения вакуума, поскольку при высоком вакууме защитное покрытие термисторов будет существенно загрязнять преобразователь и среду в вакуумной камере.

Таким образом, рассмотренные термисторы в целом пригодны для измерения среднего вакуума, однако имеют некоторые недостатки, ограничивающие их возможное применение в комбинированных устройствах. Поэтому там, где не требуется высокое время реакции преобразователя, термисторы могут стать неплохой альтернативой металлическим терморезисторам.

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агафонов Е.С.	105	Мистюков Б.В.	16
Аль-Шехри М.А.	31	Митекин В.А.	19
Андраханов А.А.	133	Михайлов Д.В.	20
Аньшаков Г.Г.	129, 182	Моисеев М.И.	22
Бас Е.А.	152	Мудрик В.Ю.	119
Батурина А.В.	113	Мухин А.И.	28, 29
Болецкий Е.Б.	129, 183	Мухин И.Е.	28, 29
Борзов Д.Б.	158	Наджаджра М.Х.	31
Бурковский В.Л.	16	Нгуен Л.Х.	187
Ватутин Э.И.	180	Оборин С.В.	123
Воронин Д.А.	120	Овчинкин О.В.	33
Ганцева Е.А.	61	Овчинников А.Л.	51, 53
Горянова Л.Е.	108	Овчинников Ю.Л.	150
Гостев И.М.	88	Огнев А.В.	34
Григорьева Е.А.	47	Орлов А.А.	36
Грушко Н.С.	140	Орлов А.В.	38
Гублин А.С.	185	Панищев В.С.	192
Дегтярев С.В.	156	Панов А.Е.	40, 41
Диденко Ю.В.	49	Паринский А.Я.	43, 45
Дмитриева С.Ю.	56	Певзнер А.А.	47, 48
Евсюков В.С.	119	Передельский Г.И.	49, 51 53
Емельянова Е.Ю.	40	Петрова Н.Э.	56
Емельянов Г.М.	20	Петров А.С.	54
Ермаков А.А.	36	Плуженский М.А.	48
Жарких А.А.	174	Пластинин А.И.	58
Журавлев И.В.	129	Побаруев В.И..	59
Жусубалиев Ж.Т.	152	Поветкин Р.А.	193
Зайцева Е.В.	73	Подвальный С.Л.	61, 62
Зотов И.В.	31	Попов В.М.	64
Иванов В.И.	53	Постников Е.Б.	176
Игнатенко А.Н.	106	Потапов Д.С.	122
Ильясова Н.Ю.	58	Пошехонов В.И.	59
Исаев Е.А.	169	Праведникова С.В.	65
Исаев О.Н.	170	Праведников С.В.	24, 26
Калуцкий И.В.	172	Пронин Т.В.	67
Касем М.М.	190	Пукалов М.А.	70, 71
Квашенко В.А.	174	Пустынский И.Н.	73
Киселев Р.В.	176	Решетникова В.П.	75
Кобелев В.Н.	178	Рожнёв И.Н.	113
Кобелев Н.С.	178	Романов А.А.	80
Кобзарь Е.Ю.	180	Русин И.Н.	77
Козлов П.С.	182	Рыбинская Т.А.	78
Ко Ко Куо	14	Рыбочкин А.Ф.	24, 26, 67, 80, 82
Конча Ороско Э.	160	Рыжиков С.С.	84
Корвяков А.Г.	61	Рыкунова И.О.	64
Корепанов Э.Р.	105	Рычажников А.Е.	86
Крюкова С.В.	108	Рябинин С.Е.	88
Кузьмин А.А.	67	Сабельников Д.С.	190
Куприянов А.В.	58	Савельев С.В.	82
Личков Г.Г.	43	Савченко Н.Н.	168
Лопин В.Н.	172	Сагдуллаев Ю.С.	89, 92, 95
Лукашов М.И.	168	Сагдуллаев Т.Ю.	89, 92, 95
Лушникова Е.И.	145	Садыков С.С.	36, 97
Макарецкий Е.А.	187	Сальников И.И.	99, 101, 154
Малюк С.В.	120	Сараев И.А.	33
Мальцев С.Н.	125, 134	Селяничев О.Л.	13
Маркелов В.Г.	13	Сизов А.С.	70, 71, 106
Мирошниченко С.Ю.	14, 189	Синицын В.И.	105

Синицын И.Н.	138
Смирнов М.Н.	106
Сотникова Н.А.	108
Степченко А.А.	110
Стрелкова А.Н.	110
Сусин В.В.	111, 113
Сусин П.В.	111
Сырякин В.И.	103, 115
Табаси С.Х.	75, 117
Тарасенко И.А.	103
Тарасова О.Б.	183
Типикин А.П.	34, 41
Титенко Е.А.	119, 120
Титов В.С.	122, 183
Титов Д.В.	178
Тобоев В.А.	123
Толкушев А.А.	125, 134
Торшина И.П.	127
Третьякова Ю.Е.	147
Труфанов М.И.	110, 129, 131
Тырышкин А.В.	133
Умрихина В.А.	136
Умрихин В.В.	125, 134
Усцов О.В.	115
Урмаев О.С.	138
Филист С.А.	142
Хайрулина А.С.	140
Халед Абдул Р.С.	142
Харзеева С.Э.	145
Хорошев М.В.	150
Хафизов Р.Г.	147, 149
Чевычелов С.Ю.	153, 152
Чепиков Н.А.	64
Чернецкая И.Е.	122, 169
Чертков Д.В.	156
Чернышев М.Н.	154
Чеснокова Е.О.	158
Чудинов М.И.	62
Шаповалов Р.Г.	78
Шевелева Е.С.	178
Шевлякова Н.В.	160
Шевякин В.Н.	142
Шершнева С.Ф.	161
Шидловский В.С.	113
Ширабакина Т.А.	163
Шмокин М.Н.	99
Эзирим Кеннет Угонна	164, 166
Юрченко А.В.	115
Яковлева В.С.	192
Яцун С.М.	168

Научное издание

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

**РАСПОЗНАВАНИЕ – 2008**

Сборник материалов VIII Международной конференции

**Часть 2**

Редактор *Е.А. Припачкина*

Компьютерная верстка и макет *С.Ю. Мирошниченко*

*Э.И. Ватулин*

*Н.Д. Бухариной*

Подписано в печать 18.04.08. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,5 . Уч.-изд. л. 11,2. Тираж 220 экз. Заказ .

Курский государственный технический университет

Издательско-полиграфический центр Курского государственного  
технического университета. 305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.