

**Федеральное агентство по образованию Российской Федерации**  
**Тульский государственный университет**  
**Курский государственный технический университет**  
**Рязанский государственный радиотехнический университет**  
**Тульский артиллерийский инженерный институт**  
**Тульский институт управления и бизнеса**  
**Тульский филиал Орловской региональной**  
**Академии государственной службы**

## **ИНТЕЛЛЕКТ-2009**

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

Материалы Всероссийской научно-технической конференции

Тула 2009

УДК 004.272

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ:  
Материалы Всероссийской научно-технической конференции / Тульский  
государственный университет. – Тула, 2009. – 214 с.

**Оргкомитет конференции:**

**Карпов В.С.** – д.т.н., проф., зав. кафедрой ЭВМ Тульского  
государственного университета, декан факультета кибернетики –  
председатель; **Новиков А.С.** – к.т.н., доц. кафедры ЭВМ Тульского  
государственного университета – ответственный секретарь; **Ильин А.А.** –  
д.т.н., проф., зав. кафедрой “Информационные технологии” Тульского  
института управления и бизнеса; **Данилкин Ф.А.** – д.т.н., проф. кафедры  
ЭВМ Тульского государственного университета; **Еремеев В.В.** – д.т.н.,  
проф., директор НИИ обработки аэрокосмических изображений  
Рязанского радиотехнического университета; **Киселев В.Д.** – д.т.н., проф.,  
заслуженный деятель науки РФ, директор ТФ Орловской региональной  
Академии государственной службы; **Кореневский Н.А.** – д.т.н., проф., зав.  
кафедрой БМИ Курского государственного технического университета;  
**Ларкин Е.В.** – д.т.н., проф., зав. кафедрой робототехники и автоматизации  
производства Тульского государственного университета; **Титов В.С.** –  
д.т.н., проф., заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой ВТ Курского  
государственного технического университета. **Токарев В.Л.** – д.т.н., проф.  
кафедры ЭВМ Тульского государственного университета.

Сборник содержит материалы, представленные на Всероссийскую научно-  
техническую конференцию «Интеллектуальные и информационные системы» (г. Тула,  
18 – 19 ноября 2009 г.) по следующим направлениям:

1. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений.
2. Системы классификации и распознавания образов.
3. Методы цифровой обработки сигналов и изображений.
4. Экспертные системы и базы знаний.
5. Специальные системы.

Составители сборника: д.т.н., проф. В.С. Карпов; к.т.н., доц. А.С. Новиков.

© Авторы материалов, 2009

© Тульский государственный университет, 2009

## Содержание

<b>Секция «Интеллектуальные системы поддержки принятия решений».....</b>	<b>8</b>
Статников И.Н., Фирсов Г.И. Метод ПЛП-поиска в задачах поддержки принятия решений при проектировании динамических систем.....	8
Селиванова З.М., Самохвалов А.А. Концептуальная модель принятия решений в интеллектуальной системе контроля.....	11
Гладких А.В. Распознавание ситуации по разнотипным данным в условиях неопределенности.....	13
Горбунова Т.И. Оценивание ситуации в задаче поддержки принятия решений....	16
Картышов К.В., Мактас М.Я. Рейнжиниринг проектной деятельности конструкторского бюро РЭС.....	17
Орлов С.В. Метод формирования и автоматического определения наилучших параметров лингвистических моделей.....	18
Ганеев Ю.М., Хвостенко Т.М. Использование специального программного обеспечения в процессе обучения студентов проектированию информационных систем .....	21
Ватутин Э.И. Оценка степени параллелизма параллельной граф-схемы алгоритма .....	24
Берсенев Г.Б., Бабич А.В. Балансировка нагрузки распределенной системы мониторинга корпоративной сети .....	26
Басалова Г.В. Методы анализа производительности информационных систем ....	29
Баранова Е.М., Баранов А.Н. Система поддержки принятия решений при контроле качества оболочек .....	31
Наумов Д.С. Интеллектуальная имитационная модель движения транспортной колонны.....	34
Мартакова В.А. Автоматизация контроля и проверки оборудования .....	35
Пинчар Д.В. Использование контрольных точек для выбора оптимальной стратегии в игре.....	36
Бобицев Д.О. Методика определения кратчайших расстояний при размещении задач в многопроцессорных системах.....	38
Волобуев С.В. Имитационное моделирование процедуры параллельно-конвейерной барьерной синхронизации .....	40
Чеснокова Е.О. Переразмещение параллельных подзадач в отказоустойчивых мульти микроконтроллерах.....	41
Яблочкин Л.Б. Новые возможности программного инструментального средства «Студия Гипермедиа».....	42
Шинкаревич Т.В., Малахов Ю.А. Моделирование процесса формирования информационных компетенций студентов.....	45
<b>Секция «Системы классификации и распознавания образов» .....</b>	<b>49</b>
Балакшин П.В. Распознавание речи: развитие или предел? .....	49
Тропченко А.Ю., Балакшин П.В. Выбор размера словаря при реализации тестовой системы распознавания речи.....	51
Есиков О.В., Савватеев С.С., Шагаев А.М. Формирование классификатора по результатам нечеткой кластеризации.....	54
Варламов А.Д. Нейросетевой подход к распознаванию образов на изображениях.....	56
Варламов А.Д., Провоторов А.В. Разделение текстовых блоков документа на изображения символов .....	57

Новиков С.С., Новиков А.С., Савин Н.И. Алгоритм нахождения антропометрических точек лица человека с использованием информации о положении опорных контуров .....	58
Первак И.Е., Шаталов И.Е. Задача построения аналитических моделей краев кривых и поверхностей.....	61
Огнев А.В. Учёт кривизны папиллярных линий при распознавании отпечатков пальцев по ключевым точкам .....	62
Коростелев С.И. Метод распознавания изображений объектов, основанный на использовании трехмерных векторных эталонов и устройство для его реализации .....	64
Рыбочкин А.Ф., Яковлев А.И. Распознавание состояний пчелиных семей по их акустическому шуму .....	65
Анциферов А.В., Баскотова Н.Г. Способ измерения двумерных координат зрачков глаз .....	67
<b>Секция «Методы цифровой обработки сигналов и изображений» .....</b>	<b>69</b>
Тропченко А.А., Пиуновский Е.В. Возможности сжатия звука с использованием вейвлет-преобразований .....	69
Москвитин А.Э., Князьков П.А. Программно-математическое обеспечение оценки измерительных свойств данных дистанционного зондирования Земли.....	71
Ильин А.А. Методика выбора схем алгоритмов при реализации быстрых алгоритмов дискретной циклической свертки и дискретного преобразования Фурье...	72
Ершов Е.В., Сухарев А.Н. Метод контроля формы металлических поверхностей в задачах автоматизированного контроля качества изделий.....	75
Ершов Е.В., Виноградова Л.Н. Метод сжатия экспериментальных данных в оптико-электронной системе управления процессом производства агломерата с помощью фрактальной аппроксимации.....	77
Аль-Хади А.М., Зотов И.В., Аль-Ашвал М.М., Волобуев С.В. Об ограничении области распространения координирующих сигналов при реализации барьерной синхронизации в матричных системах .....	80
Цудиков М.Б. Бескинематическая камера .....	82
Данилкин Ф.А., Гришин М.Л. Разработка устройств сбора телеметрии подвижного объекта.....	85
Певзнер А.А., Плуженский М.А. Система динамической визуализации стереоизображения.....	86
Певзнер А.А., Вдовин В.А., Муравьев А.В. Анализ снимков крови при микрореологических исследованиях.....	87
Ильин Р.А. Методика реализации дискретной циклической свертки квазибесконечных последовательностей, инвариантных к размерности сигнала.....	88
Понятский В.М. Интеллектуальная настройка фильтра Калмана с использованием нейросетевой идентификации статистических характеристик шумов .....	91
Лебеденко Ю.И. Идентификация параметров аналитической модели звена системы цифровой радиосвязи .....	94
Пошехонов В.И. Алгоритм формирования триангуляционной модели рельефа земной поверхности на основе карты диспарантности .....	96
Игнатова О.А. Точность аналого-цифрового преобразования сигналов.....	97
Шмелев В.В. Программа расчёта пеленгов источников звука акустическим локатором.....	99
Шмелев В.В. Функция плотности вероятности отношения разности напряжений на выходах каналов обработки сигнала акустического равносигнального локатора к их сумме .....	102

Цудиков М.Б. Горбунова О.Ю. Панорамное устройство видеонаблюдения с программной компенсацией поворота .....	105
Котов К.А. Метод сравнения распознаваемого изображения с эталонным при идентификации объектов по цифровому изображению.....	108
Пинин Д.В. Устранение геометрических искажений, возникающих, в процессе микрофильмирования .....	110
Тюханов М.Е. Возникновение динамических «мертвых зон» при наблюдении сцены .....	114
Ященко А.А. Алгоритм построения векторов граней объектов.....	115
Эзирим К.У., Бородин М.В., Довгаль В.М. Сегментация строки на составляющие образцы символов .....	116
Кузнецова Т.Р. Влияние погрешностей характеристик фотоэлектронных преобразователей на точность интеллектуальных систем.....	117
Кравцов А.В. Многоканальные системы визуализации.....	119
Бугаенко Е.И. Способ формирования панорамных изображений.....	120
Певзнер А.А., Григорьева Е.А., Шахназаров С.С. Программный комплекс синтеза психоактивирующих мелодий для немедикаментозной коррекции состояния человека.....	121
Решетникова В.П. Устранение шумов в КМОП-датчиках.....	122
Хасан А.А. Программное обеспечение для описания текстуры на базе статического подхода.....	123
<b>Секция «Экспертные системы и базы знаний».....</b>	<b>125</b>
Есиков О.В., Тараков Е.А., Алтухов А.В. Решение задачи автоматизации процесса обработки изображений с использованием экспертных систем.....	125
Бобырь М.В. Диагностика оборудования с ЧПУ на основе нечетких отношений.....	127
Бобырь М.В., Сибилёва А.Л. Алгоритм нечетко-логического вывода для АСУ..	129
Бобырь М.В., Яхонтова Е.С. Структура нечетких правил управления для систем с ЧПУ.....	130
Власов П.Н., Картышов К.В., Мактас М.Я. Об организации обмена параметризованными данными в справочниках стандартных и унифицированных деталей.....	131
Сафонова М.А. Разработка дискретных динамически моделей для ситуационного управления сложными системами.....	133
Новиков А.С., Яшин А.А. Экспертная система для интеллектуального анализа физических полей живых организмов.....	136
Милостная Н.А. Композиция в нечетко-логическом выводе .....	137
Щепакин К.М., Илюнькин М.С. Экспертная система мониторинга инвестиционного проекта.....	138
Суслин А.А., Ивутин А.Н. Недостатки использования универсальных метрик для анализа надежности программного обеспечения.....	140
Семенчев Е.А., Демидова А.В. Алгоритм перемещения интеллектуальных автономных объектов в пространстве, основанный на законе эволюции двойственных пар .....	143
Азев А.В., Труфанов М.И., Мишустин В.Н. Оптико-электронное устройство диагностики тромбоза глубоких вен голени .....	146
Климова С.В. Методики исследования программных продуктов.....	147
Неелова Н.В. Функция удаления нейтральных слов при вычислении нечетких дублей лексическим методом Джаккарда.....	149

Басалов Ю.А. Особенности использования ускоренного перебора при решении некоторых задач целочисленного линейного программирования .....	152
<b>Секция «Специальные системы».....</b>	<b>154</b>
Тропченко А.Ю., Безгодов А.А. Разработка языка сценариев для систем виртуальной реальности .....	154
Ларкин Е.В. Передаточные функции оптико-электронных систем .....	157
Привалов А.Н., Жуков Д.В., Соболев М.Е. Проектирование специального программного обеспечения модульной структуры тренажёрных систем .....	159
Привалов А.Н., Кулешов В.Л., Соловьёва Т.А. Адаптивная компьютерная обучающая система по изучению электрооборудования артиллерийских комплексов .....	161
Зимина С.В. Влияние флуктуаций весового вектора на коэффициент направленного действия адаптивной антенной решётки, настраивающейся по дискретному градиентному алгоритму и принимающей широкополосные сигналы ...	163
Ларкин Е.В., Тюханов М.Е. Оптимизация размещения TV-камер по площади охраняемых объектов.....	166
Буравлев А.А. Экспериментальная проверка методики определения показателя уровня потенциальной опасности категорированных преднамеренных источников угроз в системах передачи и обработки информации .....	168
Данилкин Ф.А., Новиков А.В, Хлебцов Н.В. Автоматизация построения систем реального времени в промышленных системах управления .....	171
Титов Д.В., Ширабакина Т.А. Встраиваемые оптико-электронные устройства...	172
Яночкина О.О., Чернецкая И.Е. Система управления электроприводом барабанного окомкователя .....	173
Ларкин Е.В., Привалов А.Н. Об одной модели обучения оператора на тренажере .....	175
Шмелев В.В. Программы расчета дальностей до источников звука акустическим локатором .....	176
Шмелев В.В. Исследование влияния математического ожидания пеленга источника звука на точность его пеленгования равносигнальным акустическим локатором с суммарно-разностной обработкой сигнала .....	179
Абезяев А.А. Эмуляция выполнения дизассемблированных программных кодов .....	180
Звонарев Д.А. Динамика исполнительных устройств интеллектуальных роботов на основе линейного привода .....	181
Звонарев Д.А. Пространственное измерение положения рабочего органа робота .....	183
Калиновский В.В. Источники акустического шума подвижного наземного объекта.....	185
Калиновский В.В., Ларкин Е.В. Генерация шумов в тренажерах .....	186
Евтушенко Б.В., Евтушенко М.Б. Информационно-компьютерные технологии в образовательном процессе .....	188
Андриянова М.А., Маркова Т.Н. Использование системы дистанционного обучения ATutor для создания образовательного портала .....	190
Глазков А.С. Устройство аппаратной поддержки системы ограничения доступа .....	193
Глобин П.В. Автоматизированная система управления теплопотреблением.....	194

Афодигбокву Д.М. Разработка высокоэффективных структурных, алгоритмических и программных средств отказоустойчивой самоорганизации в мультиконтроллере .....	196
Савин Н.И., Абрамов В.И. Метод повышения эффективности загрузки данных в систему управления сайтом .....	198
Конча Э.Э., Борзов Д.Б., Чернецкая И.Е. Устройство контроля процесса окомкования сыпучих железорудных материалов.....	200
Потапов Д.С. Устройство определения влажности агломерационной руды в движущихся потоках.....	201
Чевычелов С.Ю. Система управления технологическим процессом токарной обработки материалов на основе мобильного вибрационного привода.....	202
Стрелкова А.Н. Устройство повышения качества эндоскопических изображений с обратной связью .....	205
Голубов Д.А. Способ измерения параметров многоэлементных пассивных двухполюсников .....	206
Орлов А.В. Блок пространственного дифференцирования.....	209
Акульшин Г.Ю., Баскатова Н.Г. Устройство диагностики глазодвигательного аппарата.....	210
Тулякова О.О. Голосовой интерфейс информационной системы АРМ методиста высшего учебного заведения .....	211
Гостев И.М., Иванникова В.Е. Поиск нулей $k-jet$ с использованием процедуры аннелинга .....	212

## Секция «Интеллектуальные системы поддержки принятия решений»

И.Н. Статников, Г.И. Фирсов

### МЕТОД ПЛП-ПОИСКА В ЗАДАЧАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Москва, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Общим для проектирования машин и механизмов является то, что они относительно просто поддаются математической формализации как задачи нелинейной (в общем случае) оптимизации: для заданной математической модели требуется подобрать такие значения варьируемых параметров, чтобы они обеспечивали получение экстремальных величин одного или нескольких критериев качества. Значит, приходится иметь дело с задачами многопараметрической и многокритериальной оптимизации. Среди численных методов поиска оптимальных решений (а именно эти методы в абсолютном большинстве используются для решения практических задач) очевидно не существует универсального, пригодного для решения любой задачи нелинейной оптимизации. Поэтому естественным для разработчиков методов является обращение к вероятностным и статистическим интерпретациям решаемой задачи, в частности, к методу Монте-Карло. Одной из разновидностей этого метода при решении задач проектирования явился ЛП-поиск [1]. Однако при вероятностном и статистическом подходе к решению задачи проектирования возникает важная проблема: обилие информации требует умения ее преобразовывать в характеристики, зависящих и определяющих одновременно свойства проектируемого объекта, а не только отыскивать экстремумы заданных критериев качества. С этой целью в ИМАШ РАН был разработан метод ПЛП-поиска (планируемого ЛП-поиска) [2].

Рассмотрим кратко сущность ПЛП-поиска. В основание метода положена рандомизация расположения векторов  $\bar{\alpha}$  в области  $G(\bar{\alpha})$ , задаваемой неравенствами типа  $\alpha_{j*} \leq \alpha_j \leq \alpha_{j**}$  ( $j = \overline{1, J}$ , а само  $J$  - число варьируемых параметров;  $J = \overline{1, N}$ ) и рассчитываемых с помощью ЛП<sub>τ</sub> - сеток [3]. На сегодняшний день в ПЛП-поиске используются величины  $J \leq 51$  и  $N < 2^{20}$ .

Процесс рандомизации расположения векторов  $\bar{\alpha}$  в области  $G(\bar{\alpha})$  состоит в случайном смешении уровней параметров  $\alpha_{ijhk}$  тем или иным способом, где  $i = \overline{1, M(j)}$  - номер уровня, а  $M(j)$  - число уровней варьируемого  $j$ -го параметра по  $k$  - му критерию;  $h = \overline{1, H_{ijk}}$ , а  $H_{ijk}$  - число значений  $k$  - го критерия  $\Phi_k(\bar{\alpha})$  на  $i$  - м уровне  $j$ -го параметра;  $k = \overline{1, K}$  - номер критерия, где  $K$  - количество критериев качества. В результате обработки всех  $N$  вычислительных экспериментов, проведенных на математической модели, появляются выборочные множества значений  $\{\bar{\Phi}_{ijk}(\alpha_{ij})\}$ , где  $\bar{\Phi}_{ijk}(\alpha_{ij})$  - среднее значение  $k$ -го критерия качеств в  $i$ -м сечении  $j$ -го варьируемого параметра. Естественно рассматривать множество значений  $\{\bar{\Phi}_{ijk}(\alpha_{ij})\}$  как аналог чувствительности в среднем критерия  $\Phi_k(\bar{\alpha})$  к изменениям параметра  $\alpha_j$  при возможных сочетаниях значений других варьируемых параметров в заданной области  $G(\bar{\alpha})$ .

Анализ графических зависимостей  $\bar{\Phi}_{ijk}$  от  $\alpha_{ij}$  позволяет визуально (конечно, приближенно) выделять области  $G_k(\bar{\alpha}) \subseteq G(\bar{\alpha})$ , концентрированно содержащие наилучшие результаты по  $\Phi_k(\bar{\alpha})$ , и одновременно, область  $G_0(\bar{\alpha}) \subseteq G(\bar{\alpha})$ , в которой

сконцентрировано множество Парето-решений, либо компромиссных решений, если задана какая-либо схема компромисса. Разумеется, такой анализ подается и автоматизации, что требует дополнительной программной реализации. На сегодняшний день все алгоритмы ПЛП - поиска реализованы в среде MATLAB [4]. Структура разработанного пакета включает следующие основные этапы: 1) определение существенных параметров  $\alpha_m$  ( $m \leq J$ ) в смысле их влияния на значения каждого критерия  $\Phi_k(\bar{\alpha})$ ; 2) выделение областей концентрации  $G_k(\bar{\alpha})$  наилучших решений по каждому критерию  $\Phi_k(\bar{\alpha})$  при заданной метрике  $\rho(\Phi_k(\bar{\alpha}), \Phi_k^+)$  где  $\Phi_k^+$  - экстремальное значение  $k$ -го критерия качества, заранее известное или определяемое по ходу проведения вычислительных экспериментов; 3) построение на основе определенных существенных параметров и выделенных подобластей регрессионных зависимостей  $\Phi_k = \Psi_k(\alpha_1, \dots, \alpha_m)$  4) выделение в  $K$ -мерном пространстве критериев множества с высокой концентрацией точек Парето (или, если возможно, построение поверхности Парето); в случае задания какой-либо схемы компромисса - выделение подобласти  $G_0(\bar{\alpha}) \subseteq G(\bar{\alpha})$ , содержащую наибольшую концентрацию требуемых компромиссных решений.

Для проведения однофакторного дисперсионного анализа по всем параметрам для каждого критерия производится сортировка результатов вычислений, полученных при вычисления в точках матрицы планируемых экспериментов (МПЭ). В результате сортировки для одного критерия будет получено  $J$  матриц, состоящих из элементов  $\Phi_{ijk}$  а для  $K$  критериев будет получено  $J \times K$  матриц, состоящих из элементов  $\Phi_{ijhk}$ , где  $k$  - номер критерия. Этот анализ позволяет принять (или отвергнуть) с требуемой вероятностью  $P = 1 - \alpha$ , где  $\alpha$  - заданный уровень значимости, следующую нулевую гипотезу : средние значения  $\bar{\Phi}_{ijk}$  не существенно (случайно) отличаются от общего среднего значения  $k$ -го критерия  $\bar{\Phi}_{0k}$ . Если принят положительный ответ (гипотеза принята), то допускается на следующем этапе решения задачи несущественно влияющий параметр  $\alpha_j$  не варьировать, а зафиксировать одно из его значений, например,  $\alpha_j = \alpha_{ij}$  для такого  $i$ , где  $\bar{\Phi}_{ijk}$  имеет наилучшее значение в смысле искомого экстремума. Наличие графических зависимостей  $\bar{\Phi}_{ijk}(\alpha_0)$ , а также возможность определения влияющих параметров на критерии качества [2] с требуемой доверительной вероятностью, в значительной мере решают проблему интегрирования огромной численной информации, полученной в эксперименте, в ясные и поддающиеся логическому анализу (вплоть до "здравого смысла") характеристики.

Таким образом, метод ПЛП-поиска не только позволяет на основе проведения имитационных модельных экспериментов осуществить квазивномерный просмотр пространства параметров в заданных диапазонах их изменения, но и в результате специального рандомизированного характера планирования этих экспериментов применить количественные статистические оценки влияния изменения варьируемых параметров и их парных сочетаний на анализируемые свойства рассматриваемой динамической системы. При этом путем построения аппроксимационных моделей критериев в зависимости от варьируемых параметров оказывается возможным провести оценку чувствительности критериев в среднем по этим параметрам. Эффективность планов экспериментов в ПЛП-поиске обусловлена не только возможностью их использования в дисперсионном анализе. Эти планы оказываются эффективными и при построении регрессионных зависимостей, и вообще в регрессионном анализе, как в вычислительном аспекте, так и с позиций ряда критериев

оптимальности этих планов. В частности, для случая линейной, квадратичной и кубической регрессии получены значения определителя информационной матрицы Фишера и пределы изменения дисперсии предсказанных значений. Анализ полученных формул показал, что с ростом числа экспериментов в серии, числа серий экспериментов и числа варьируемых параметров значения определителя информационной матрицы Фишера растут, тем самым делая указанные планы близкими по свойствам к ортогональным; все корреляционные оценки коэффициентов регрессионных моделей для каждой из рассматриваемых регрессий обладают хорошей сходимостью к нулю. Например, для случая десяти серий экспериментов, восьми экспериментов в серии и трех варьируемых параметров соответствующие линейной, квадратичной и кубической регрессии составляют 22500, 27000 и 18750. При этом любая из серий построенного плана экспериментов будет D-оптимальна.

Изложенный подход применялся при решении целого ряда конкретных задач исследования, оптимизации и идентификации различных механических систем, в частности для синтеза шарнирно-рычажного четырехзвенного механизма съемного гребня чесальной машины с разгружателем и проектирования зубчато-рычажного механизма с остановкой, широко использующегося в эмалировочных автоматах, в автоматах пищевой и полиграфической промышленности, в револьверных подачах прессов и т.д. С помощью рандомизации области изменения параметров выполнены оптимизация резонансного преобразователя для судовых валопроводов, используемого в целях снижения уровня их продольных колебаний, и получены оптимальные значения инерционно-жесткостных параметров динамической системы с 23 степенями свободы, описывающей двухступенчатый планетарный судовой редуктор. Показана принципиальная возможность отстройки собственных частот от заданных рабочих диапазонов для конкретных моделей редукторов. Решены также задачи выбора рациональных параметров системы шумозащиты пневморапирного ткацкого станка типа АТПР, синтеза колебательной системы швейной машины по критериям минимальных динамических нагрузок при ограничениях на относительные перемещения исполнительных органов, минимизации динамических нагрузок в элементах трансмиссии главного привода рабочей клети широкополосного прокатного стана 200 НЛМЗ, идентификации упругих и прочностных характеристик композитного материала цилиндрической оболочки.

Подведем некоторые итоги. Доказывая эффективность ПЛП-поиска по сравнению со “слепым” способом поиска экстремумов, не предлагается отбрасывать последний. Однако, очевидно, что ПЛП- поиск не только может помогать скорейшему поиску экстремумов, если это требуется, но и дает информацию о влиятельности варьируемых параметров и, что также важно, способствует возникновению вопросов, связанных с исследованием пространства варьируемых параметров (в частности, результаты ПЛП-поиска могут помочь выбрать эффективную схему компромисса).

### Литература

1. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями качества. - М.: Наука, 1981. 110 с.
2. Статников И.Н.. Андреенков Е.В. ПЛП- поиск – эвристический метод решения задач математического программирования. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2006. 140 с.
3. Соболь И.М. Многомерные квадратурные формулы и функции Хаара. - М.: Физматгиз, 1969. 288 с.
4. Статников И.Н., Фирсов Г.И. ПЛП- поиск и его реализация в среде MATLAB // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB. - М.: ИПУ РАН, 2004. С.398-411.

З.М. Селиванова, А.А. Самохвалов

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ

Тамбов, Тамбовский государственный технический университет

*Предложена концептуальная модель принятия решений в интеллектуальной информационно-измерительной системе (ИИИС) неразрушающего контроля (НК) теплофизических свойств (ТФС) материалов, которая применяется при formalизации постановки задач принятия решений в процессе теплофизических измерений и управлении этим процессом.*

Концептуальная модель позволяет на концептуальном уровне описать рассматриваемую предметную область, возможные измерительные ситуации, цели и задачи принятия решений на всех этапах жизненного цикла интеллектуальной системы: разработки системы; проведения контроля и измерений по определению качественных свойств материалов; метрологического обеспечения; оценки результатов функционирования системы при контроле и измерении ТФС материалов на основе оценки мер доверия к результатам измерения с использованием критерия Демпстера–Шафера; проведения поверки, калибровки и самодиагностирования системы (рис. 1).

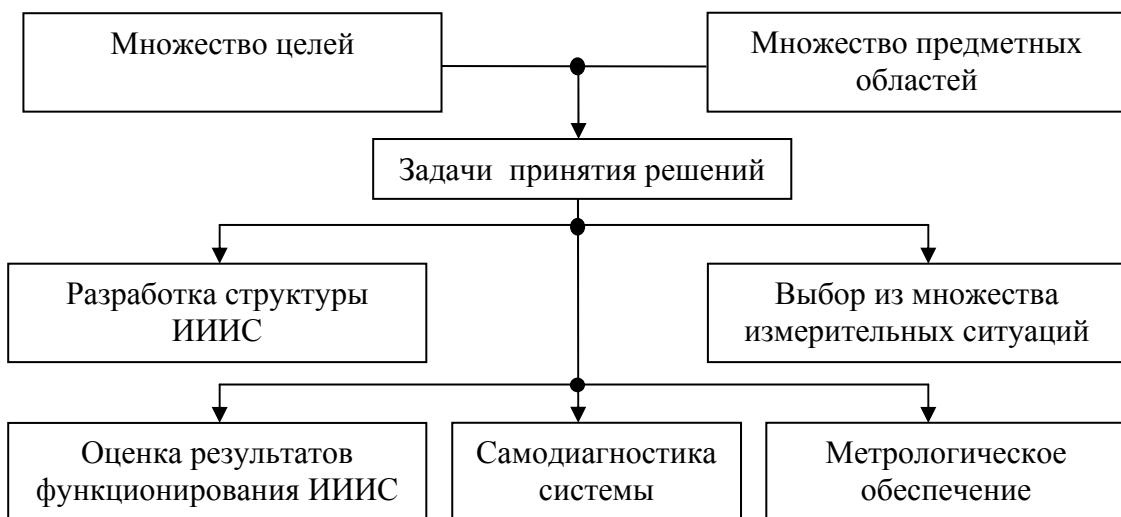


Рис.1. Концептуальная модель принятия решений в ИИИС

В соответствии с разработанной концептуальной моделью принимается решение о цели создания ИИИС определения ТФС материалов с заданной оперативностью и точностью. Существует множество альтернатив цели создания системы: определение влажности материалов, концентрации веществ в материале, параметров адсорбции, получение материалов с заданными качественными свойствами и др. ИИИС может применяться для ряда предметных областей: контроль ТФС материалов, разработка технологических процессов изготовления твёрдых материалов, разработка новых материалов для строительной промышленности и др. При разработке структуры ИИИС необходимо принимать решение о применении первичных измерительных преобразователей, вида измерительного канала и усилителя, блока формирования тепловых импульсов, типа микроконтроллера. В зависимости от измерительной ситуации принимается решение о выборе метода контроля ТФС материалов, режимных параметров процесса измерений: длительности и скважности тепловых импульсов,

количество этих импульсов, времени достижения установившегося значения температуры в области измерения и др. Принимается решение в системе о виде метрологического обеспечения в зависимости от функционального назначения системы: контроль ТФС материалов, измерение параметров ТФС материалов, измерение параметров ТФС материалов с прогнозируемой погрешностью. Оценка результатов функционирования системы осуществляется на основе принятия решения при оценке погрешности результатов измерений параметров ТФС материалов с использованием, например, метода Демпстера–Шафера с применением мер доверия при анализе результатов измерения ИИИС НК ТФС материалов.

При эксплуатации системы необходимо применение функций поверки, калибровки, которые реализуются в результате самодиагностирования системы, по итогам которого принимается решение о необходимости проведения поверки и калибровки ИИИС.

В соответствии с концептуальной моделью разрабатывается алгоритм принятия решений в ИИИС контроля ТФС материалов.

Принятие решений в интеллектуальной информационно-измерительной системе направлено на процесс поиска решения измерительной задачи контроля свойств материалов и определения оптимального алгоритма измерений, стратегий поиска, измерительных процедур на каждом этапе контроля ТФС материалов при известном разделении информации на детерминированную, случайную и нечеткую.

Принятие решений в интеллектуальной информационно-измерительной системе осуществляется в нечеткой среде, т.е. свойства материалов определяются при нечетко заданной априорной, апостериорной и первичной информации об исследуемом материале, измерительной ситуации.

В качестве стратегий принятия решений может использоваться полный перебор из существующих методов НК ТФС материалов, измерительных ситуаций, структур интеллектуальной информационно-измерительной системы и т.д., а также метод логического вывода на основе применения теории нечетких множеств. Оценка принятия решения (достоверности полученных результатов контроля свойств материалов) выполняется с использованием критерия Демпстера-Шафера.

Принятие решений в интеллектуальной информационно-измерительной системе в соответствии с архитектурой ИИИС предполагается осуществлять следующим образом: описание и постановка решаемой задачи поступает в блок принятия решений, который, используя информацию из базы знаний, формирует алгоритм принятия решений в поставленной задаче. Разработаны программные модули для реализации процедур принятия решений в ИИИС.

Предложенная концептуальная модель принятия решений в ИИИС позволяет принимать оптимальные решения при реализации алгоритма функционирования системы по определению параметров ТФС материалов с прогнозируемой погрешностью. От существующих моделей отличается предложенными для реализации в системе функциями принятия решений при анализе измерительной ситуации, самодиагностики системы и оценке на этой основе результатов функционирования интеллектуальной системы контроля.

## Литература

Селиванова З.М. Интеллектуальная информационно-измерительная система для определения теплофизических свойств твердых материалов. // Приборы и техника эксперимента. 2006. №4. С.153-154.

А.В. Гладких

## РАЗПОЗНАВАНИЕ СИТУАЦИИ ПО РАЗНОТИПНЫМ ДАННЫМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Тула, Тульский государственный университет

*Представлены результаты поиска метода, реализующего оценивание ситуации системы в задаче принятия решений (при игре с “природой”) на основе обработки не только количественных, но и качественных данных. Рассмотрен общий метод оценивания ситуации сложной системы функционирующей в среде разнотипных данных. Предложенный метод позволит принимать наиболее рациональные решения в различных сферах деятельности, связанных с управлением и поддержкой принятия решений. Он позволяет получать наиболее достоверные результаты в задаче принятия решений.*

Современные процессы в различных областях человеческой деятельности отличаются сложностью, вызванной, например, многосвязностью элементов системы, относительно которой принимается решение и значительностью неопределенностью влияние внешней среды. Причем внешнюю среду можно рассматривать как “природа”, что позволяет рассматривать действия среды как нецеленаправленное и носящее случайный характер. С другой стороны окружающая среда может рассматриваться и как “противник”, когда её действия имеют цель “обыграть” лицо, принимающее решение, или нанести ему ущерб [1,2].

В настоящее время для поддержки принятия решений используются интеллектуальные системы следующих типов: системы выбора альтернатив, системы ситуационного управления и экспертные системы. Однако такие системы имеют ряд недостатков. Они используются в условиях, когда сложность задачи обусловлена только большим количеством возможных решений и ЛПР затрудняется в выборе наилучшего. Системы ситуационного управления при большом накопленном опыте в принятии решений, который сохраняется в системе в виде правил «ситуация-решение». Экспертные системы опираются в принятии решений на знания экспертов, сохраняемых в базе знаний в виде правил «Если , то ». Но такие правила не могут учитывать закономерности процессов, протекающих в системе, кроме того, для выработки традиционных решений невозможно использовать математические методы, поэтому задача, разработки метода поддержки принятия решения на основе использования математических методов является актуальной и имеющей практическое значение [3–6].

Целью работы является повышение достоверности оценивания ситуации для поддержки принятия решений сложных задач.

Рассматривается задача поддержки принятия решений относительно сложной системы  $S: X \times D \times W \times \Sigma \rightarrow Y$ , имеющей векторы недоступных для изменения лицом, принимающим решения (ЛПР), измеряемых (или оцениваемых) входов  $\{x\} \subseteq X$ ; неконтролируемых входов  $\{w\} \subseteq W$  и векторы управляемых входов  $\{d\}$  (рис.1).

В общем виде исследуемую систему можно записать:

$$y = F(x, u, w) + v, y \in Y, x \in X, u \in U, w \in W,$$

где  $y$  – вектор целевых переменная, т.е. выходных переменных от значений которой зависит целевая функция системы;  $x$  – вектор неуправляемых входов;  $u$  – вектор управляемых входов;  $w$  – вектор неизмеряемых входных воздействий, носящих в случае «игры с природой» случайный характер;  $v$  – вектор шума – помех измерениям значений

$y; Y, X, U, W$  – множества возможных или допустимых значений соответствующих переменных.

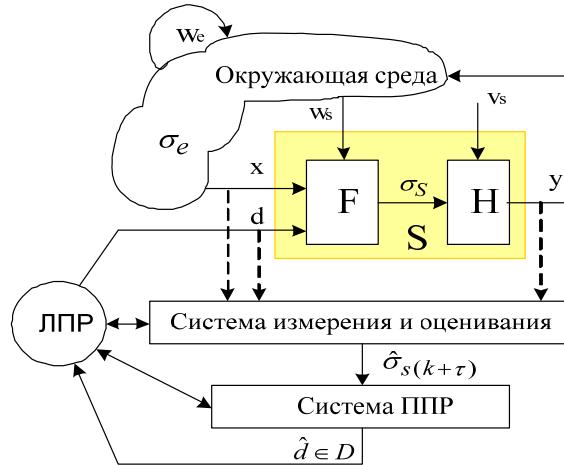


Рис. 1. Система поддержки принятия решения  
В пространстве состояний модель системы можно описать в виде:

$$X \times U \times W \times \Sigma_{k-1} \rightarrow \Sigma_k, \quad \Sigma \times V \rightarrow Y,$$

где  $\sigma$  – вектор состояния;  $\Sigma$  – множество возможных состояний системы.

Тогда под ситуацией понимается совокупность  $\langle \sigma_s(k), x(k), r(k) \rangle$

где  $\sigma_s(k)$  – ситуация;  $x(k)$  – входы;  $r(k)$  – ресурсы,  $k$  – дискретное время.

$X(k)$  – известно, но для оценки ситуации надо прогнозировать значение  $x(k+1)$ ,  $r(k)$  известно, поэтому требуется решить две задачи: оценить состояние системы  $\sigma_s(k)$  и прогноз значения  $x(k+1)$ .

Для решения первой задачи, в случае, когда переменные измеряются в количественных шкалах, модель системы удобно представить в виде:

$$\sigma(k) = A\sigma(k-1) + F(x, u, w, k); \quad y_k = H\sigma_k + V \quad (1)$$

где:  $A$  – матрица переходов (числовых коэффициентов) из одного состояния в другое, т.е. отображающее динамику системы;  $F(\cdot)$  – вектор-функция, определяющая взаимосвязи системы с окружающей средой.

Тогда состояние  $\sigma_s(k)$  системы  $S$  можно оценить с помощью процедуры фильтра Калмана [7].

Если поведение системы можно описать изменением во времени разнотипных переменных (количественных и качественных), то оценивание состояние системы предлагается осуществлять фильтром, построенным на основе лингвистической модели системы [8]:

$$\sigma_k = L(\sigma_{k-1}, x, u, St(w)), \quad y_k = L(\sigma_k, St(v)), \quad (2)$$

где:  $St(w)$  и  $St(v)$  – оценки статистики случайных возмущений  $w$  и шумов  $v$ .

Такая модель имеет вид:

$$LM : \mu_D(\sigma) = \mu_A(x) \circ L_1(x, \sigma) \circ L_2(d, \sigma) = \mu_A(x) \circ \mu_{L_1}(x, \sigma) \circ \mu_{L_2}(d, \sigma); \quad (3)$$

$$\mu_B(y) = L_3(\sigma, y).$$

где:  $\mu_D(\sigma)$  – функция принадлежности лингвистической переменной состояния системы [8];

$\mu_A(x)$  – функции принадлежности вектора входных лингвистических переменных;

$L_1(x, \sigma)$ ,  $L_2(d, \sigma)$ ,  $L_3(\sigma, y)$  – нечеткие отношения, связывающие состояние системы со входами  $x$ ,  $d_k$ ,  $y_k$ , соответственно.

Фильтр предлагается реализовать следующей процедурой

$$\hat{\sigma}_s(k) = T[L(\hat{\sigma}_s(k-1)), \rho(y(k), H(\sigma_s(k)))] \quad (4)$$

где  $\rho(y(k), H(\sigma_s(k)))$  – метрика определяющая «расстояние» между измерениями  $y(k)$  и термом  $H(\sigma_s(k))$  лингвистической выходной переменной, определяемой лингвистической моделью  $L(\cdot)$ .

Вторая задача решается с помощью модели окружающей среды, которую предлагается строить в виде, аналогичном (3), в которой входами среды являются  $y(k)$ , а выходом –  $x(k)$ .

$$LM : \mu_D(\sigma_E) = \mu_B(y) \circ L_1(y, \sigma_E); \quad \mu_A(x(k+1)) = L_3(\sigma_E, x(k)). \quad (5)$$

Построение таких моделей можно осуществить методом преобразования обучающей выборки данных, используемым при построении лингвистических моделей [8].

Для проверки предложенного метода оценивания состояния системы по выражению (3) взят объект, описываемый уравнениями (1):

$$\sigma(k) = A\sigma(k-1) + Bx(k) + Cu(k) + w(k), \quad y(k) = H\sigma(k) + v(k),$$

$$A = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.05 \\ 0.05 & -0.6 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0.9 \\ -0.3 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 0.7 \\ 0.4 \end{bmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где Численные значения переменных переведены в значения термов лингвистических переменных, в соответствии с методикой [8]. Изменения переменных  $x$ , и производились по задаваемым законам  $x = f_1(y)$ ,  $u = f_2(y)$ . Значения  $w(k)$  и  $v(k)$  задавались как случайные величины с нормальным распределением. Полученные значения ошибки оценивания рассчитываются по формуле:  $e = \frac{\sigma_s(k) - \hat{\sigma}_s(k)}{\sigma_s(k)}$

В данном докладе представлен метод, реализующий оценивание ситуации системы в задаче принятия решений (при игре с “природой”) на основе обработки не только количественных, но и качественных данных. Это позволит принимать наиболее рациональные решения в различных сферах деятельности, связанных с управлением и поддержкой принятия решений.

### Литература

1. Борисов А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева. – М.: Радио и связь, 1999. – 304 с.
2. Nakamori C.D. Integrated model based system for large scale system
3. Токарев В.Л. Основы теории обеспечения рациональности решений / В.Л.. Токарев Тула: Изд-во ТулГУ, 2000. – 120 с.
4. Геловани В.А. Экспертные системы / В.А.Геловани, О.В. Ковригин. – М.: Знание, 2007. - 32 с.
5. Поспелова Д.А.Экспертные системы: состояние и перспективы/ Под ред. Д.А.Поспелова – М.: Наука, 2008. – 151 с.
6. Элти Дж. Кумбс М. Экспертные системы: концепции и примеры / Элти Дж. Кумбс М.. – М.:Финансы и статистика,2007. – 191 с.
7. Балакришнан А.В. Теория фильтрации Калмана: / А.В.Балакришнан Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 168 с.
8. Заде Д. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. / Д.Заде – М.: Мир, 2006. – 168 с.

Т.И. Горбунова

## ОЦЕНИВАНИЕ СИТУАЦИИ В ЗАДАЧЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Тула, Тульский государственный университет

Вопрос поддержки принятия решений встает перед человеком практически во всех областях его человеческой деятельности. Одной из важнейших задач поддержки принятия решений является задача оценивания ситуации, в которой приходится принимать решение.

Если принять, что решение принимается относительно какой-либо системы, то под ситуацией понимается текущее значение входов системы и ее состояние. Совокупность этих значений позволяет для некоторой цели, выбранной ЛПР (лицо, принимающее решение) определить альтернативный набор решений. Но состояние системы, как правило, не доступно для непосредственных измерений. Кроме того, не все измерения можно выполнять в количественных шкалах.

Систему можно представить отношением

$$S : X \times D \times W \rightarrow \Sigma, \quad \Sigma \times V \rightarrow Y, \quad (1)$$

где  $\{x\} \subseteq X$  - векторы недоступных для изменения ЛПР, измеряемых (или оцениваемых) входов;  $\{w\} \subseteq W$  – векторы неконтролируемых входов;  $\{y\} \subseteq Y$  – векторы выходных переменных системы;  $\Sigma_s = \{\sigma_s\}$  – множество возможных состояний системы S;  $\{v\} \subseteq V$  – погрешности измерений;  $\{d\} \subseteq D$  - векторы управляемых входов или множество альтернатив.

Если предположить, что переменные  $\sigma_s(k), x(k), d(k), y(k)$  - количественные (измеряются в количественных шкалах с достаточной точностью), тогда оценку состояния можно определить как фильтр Калмана.

Алгоритм построения функциональной модели в условиях ограниченности массива наблюдений и недостатка априорной информации приведен в [1].

В случае наличия неколичественных переменных среди  $\sigma_s(k), x(k), d(k), y(k)$ , требуемые закономерности поведения системы (1) могут быть оценены путем построения приближенных моделей. Например, моделей лингвистического типа, то есть моделей оперирующих не с количественными значениями, а с термами лингвистических переменных.

Алгоритм построения лингвистической модели в условиях ограниченности массива наблюдений и недостатка априорной информации приведен в [1].

Предложенный подход позволяет строить системы поддержки принятия решений, которые могут оперировать как с количественными, так и с неколичественными переменными. Кроме того, данный метод позволяет строить интегрированные системы поддержки принятия решений, которые, в отличие от экспертных систем, позволяют использовать математические методы для оценивания ситуации и поддержки принятия рациональных решений. Это обеспечивает им объективность и эффективность в смысле достижения цели.

### Литература

1. Токарев В.Л. Основы теории обеспечения рациональности решений. Тула: ТулГУ. – 120 с.

К.В. Картышов, М.Я. Мактас

## РЕИНЖИНИРИНГ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО РЭС

Ульяновск, Ульяновский государственный технический университет

Внедрение CALS-технологий, в том числе и автоматизированных информационных систем (АИС), в проектную деятельность предприятия предполагает проведение операцию реинжиниринга его деятельности на всём жизненном цикле продукта, начиная с этапа проектирования и заканчивая этапом утилизации [1]. Процесс этот весьма трудоёмкий и связан с решением большого числа задач [2].

На этапе проектирования изделия в конструкторском бюро (КБ) предприятия, связанного с проектированием радиоэлектронных средств (РЭС), основной задачей является внедрение PDM-системы (системы управления проектными данными), автоматизирующей процессы управления и взаимодействия участников проектных работ и проектных данных с CAE/CAD/CAM-системами. Наиболее типичные представители таких систем - PDM Step Suite, Лоцман PLM, T-Flex Docs, Search компании Интермех, и некоторые другие, напрямую эту задачу решить не могут, поскольку требуют предварительной настройки PDM-системы на интересующий бизнес-процесс [3]. Для этого они снабжены соответствующим инструментарием. Однако в настоящее время отсутствуют эффективные прикладные методики моделирования бизнес-процессов, дающих положительный прикладной результат для каждой проектной организации и/или конкретной отрасли в рамках (настроенной и внедрённой) PDM-системы. Формально действенные методики выражают суть реинжиниринга и могут быть получены только для конкретной организации [4].

В связи с этим становится актуальной задача разработки эффективной методики реинжиниринга проектной деятельности КБ РЭС средствами АИС.

В докладе рассматриваются разные аспекты моделирования бизнес-процессов деятельности КБ РЭС при формировании комплекта конструкторской документации (КД). К ним следует отнести следующие взаимосвязанные уровни:

- Функциональный уровень создаваемого изделия. Он определяется функциями, которые выполняет проектируемое изделие. Это могут быть приёмо-передающий узел, источник питания, индикаторное устройство и т.п. На нём необходимо указать взаимосвязь между инженерами-специалистами, каждый из которых занят в решении строго определённой функции изделия. Предлагается выражать описываемые бизнес-процессы через функцию PDM-системы в рамках организации виртуального пространства КБ.
- Конструктивный уровень создаваемого изделия. Он определяет уровни иерархии разрабатываемого изделия. Это могут быть шкафы, блоки, модули, печатные платы. Предлагается описывать бизнес-процессы с учётом функции PDM-системы — ведения дерева состава изделия по конструктивному уровню.
- Организационный уровень проектных работ. Он определяет взаимоотношения типа «начальник-подчинённый». Здесь бизнес-процессы предлагается описывать в PDM-системе через Workflow-механизм, в котором определяются: задание, которое ставит начальник (инициатор бизнес-процесса) подчинённому (-ым), процесс(-ы) инициируемые начальником (выражающие передачу комплекта КД от участника к участнику), и некоторые другие нюансы. Если известна роль участника проекта, то её предлагается связать с 1-м и 2-м уровнями посредством функции — управления данными на ролевой основе.

- Информационный уровень определяет конкретные CAD/CAM/CAE-системы, задействованные в проектных работах. Здесь предлагается описывать бизнес-процессы в рамках функции выражающей интеграцию САПР в PDM-систему.
- Процессный уровень. К нему относятся бизнес-процессы более высокого уровня, например, стадии проектирования (техническое предложение, технический проект, эскизный проект, стадия рабочей документации). Предлагается описывать бизнес-процессы через функцию PDM-системы – управление шаблонами бизнес-процессов.

В том случае когда бизнес-процессы выражаются через функции PDM-системы - виден положительный прикладной эффект от их реализации. Это в свою очередь позволяет построить грамотную продуманную методику (стратегию) реинжиниринга КБ РЭС имеющимся набором современных АИС.

Пример описания бизнес-процессов в рамках процессного подхода [4] с учётом взаимосвязей уровней 2, 3, 4 при проектировании комплекта КД на электронный блок приведён в [5].

#### Литература

1. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., и др. Управление жизненным циклом продукции. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.
2. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка научноёмких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.: ил.
3. Разработка и эксплуатация автоматизированных информационных систем: учеб.пособие / Под ред. Проф. Л. Г. Гагариной. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2007. – 384 с.: ил. – (Профессиональное образование).
4. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004 – 408 с., илл. – (серия «Практический менеджмент»).
5. Картышов К.В. Процессный подход в описании проектной деятельности конструкторского бюро РЭС. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», №2(20)-2007, с.186-189.

С.В.Орлов

### **МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИЛУЧШИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Тула, Тульский государственный университет

Наиболее перспективным видом интеллектуальных решающих систем в настоящее время являются интегрированные системы поддержки принятия решения (ИСППР), способные производить поддержку трудноформализуемых задач в условиях неопределенности за счет использования приближенных моделей предметной области. Известные подходы к решению задач построения приближенных моделей требуют от инженера по знаниям большого количества времени и высокого уровня квалификации, которая в решающей степени влияет на качество моделирования. Для преодоления субъективных факторов, увеличения точности и адекватности принимаемых решений необходима разработка методов, позволяющих автоматизировать процесс приближенного моделирования.

В докладе рассматривается метод формирования приближенных математических моделей исследуемых объектов по экспериментальным выборкам данных. Суть метода

заключается в определении наилучших параметров модели, при которых достигается глобальный минимум предложенного критерия оценки её качества.

В качестве модели системы, относительно которой принимается решение (СОПР), предложено использовать лингвистическую модель (ЛМ), которая представляет совокупность нечетких правил «ЕСЛИ (конъюнкция термов входных переменных) ТО (значение выходного терма)» и позволяет описывать зависимости любого вида на формальном языке, понятном ЛПР, в виде лингвистического отображения:

$$\text{LIN} = \bigvee_{i=1}^k (a_{1i} \wedge a_{2i} \wedge \dots \wedge a_{ni} \wedge b_i), \quad a_{ji} \in \Im(X_j), \quad b_i \in \Im(Y). \quad (1)$$

В качестве настроичного критерия для формирования ЛМ (1) предложено использовать информационную меру близости модели и объекта на основе дивергенции Кульбака и её дисперсии:

$$d(c_{i,s}) = q_{i,s} \cdot (1 - \bar{q}_{i,s}). \quad (2)$$

Показано, что критерий (2) обладает следующим свойством: его значение

увеличивается с увеличением вероятности  $q_{i,s}$  различия конъюнкцией  $c_{i,s} = \bigwedge_{j=1}^n a_{ji}$

модели выходного терма  $b_s$  и существенно уменьшается с увеличением вероятности неразличия  $\bar{q}_{i,s}$ .

Для оценки степени соответствия лингвистической модели (1) СОПР предложено использовать тестовый критерий вида

$$J(e_M) = \ln(st(\delta)) - \frac{c_M}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{m^o} \ln \left( \frac{|k_{ji} - \tilde{k}_{ji}|}{m^o} \right), \quad k_{ji} = \rho(b_{ji}), \quad \tilde{k}_{ji} = \rho(\tilde{b}_{ji}), \quad (3)$$

где  $st(\delta)$  - показатель устойчивости оценок критерия;  $k_{ji}$ ,  $\tilde{k}_{ji}$  - расстояния в заданной метрике  $\rho()$  действительного  $b_{ji}$  и оцениваемого  $\tilde{b}_{ji}$  терма выходной переменной от начала отсчета;  $c_M$  - параметр регуляризации модели, предназначенный для повышения её обусловленности,  $m^o$  - количество термов выходной переменной.

Приведен алгоритм итерационной процедуры  $T_M(E_M)$  на основе метода приближенной формализации, описанного в [1], которая позволяет автоматически определить наилучшие параметры формируемой ЛМ, состоящий из трех этапов: начального, настроичного и дополнительного.

На начальном этапе происходит формирование ЛМ  $L_N^{(1)}$  в первом приближении на основе имеющейся априорной информации и обучающей выборки данных. Для этого все значения переменных переводятся в шкалу термов лингвистических переменных (ЛП), строится модель вида (1). Затем применяется предложенный алгоритм исключения противоречий (АИП) с целью очистки модели от статистически маловероятных правил на основе критерия (2), производится вычисление значения критерия (3).

Задача определения наилучших параметров модели сформулирована следующим образом. Имеется  $n$  входных количественных переменных модели с заранее заданными степенями размытости  $\beta_i \in \mathbb{B}$  их ЛП  $L(x_i)$ , каждая из которых имеет  $m_i$  базовых термов,  $i = 1 \dots n$ . Термы имеют функции принадлежности (ФП)  $f_{ij} : [0;1] \rightarrow [0;1]$ , определяющие степень принадлежности  $\mu_{ij}(x)$  каждого значения  $i$ -ой переменной  $j$  -

му терму соответствующей ЛП. Все ФП имеют треугольную форму и графически образуются двумя прямыми линиями, пересекающимися в точке  $(\varphi_j; 1)$  и расположеными друг от друга на расстоянии  $\chi_j$  на уровне  $\beta_i$  по оси абсцисс (рис. 1),  $\varphi_j \in \Phi_i$ ,  $\chi_j \in X_i$ ,  $j = 1 \dots m_i$ . Требуется найти такие  $\varphi_j$  и  $\chi_j$ , чтобы достичь глобального минимума значения критерия (3) модели (1), т.е. решить задачу многомерной глобальной минимизации

$$J(LIN : M(\Phi, X)) \rightarrow \min. \quad (4)$$

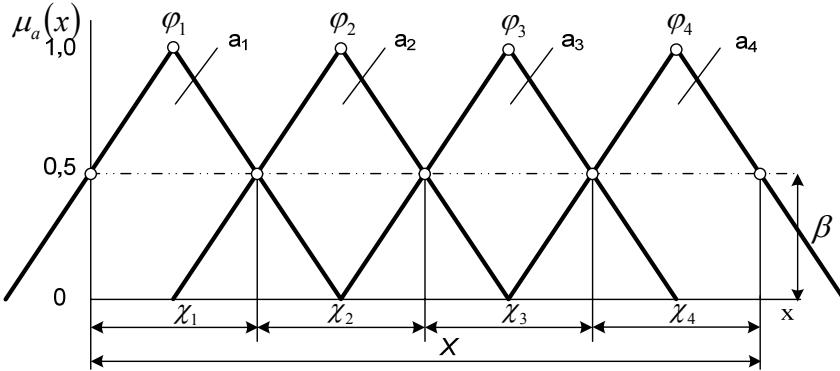


Рис. 1. График функций принадлежности для четырех интервалов

Произведен анализ возможных способов решения задачи (4) в классах математических методов оптимизации первого и второго порядков, а также методов полного и случайного перебора. Показано и теоретически обосновано, что наиболее рационально использовать градиентный метод наискорейшего спуска или метод сопряженных градиентов в сочетании со случайным поиском начальных приближений.

*Настройочный этап* представляет собой итерационную процедуру коррекции параметров функций принадлежности термов входных количественных переменных с целью достижения глобального минимума значения критерия (3):

$$L_{N'}^{(t+1)} = G\left(L_{N'}^{(t)}, W_N^K(t)\right), \quad t = s = 2, \dots, . \quad (5)$$

На каждой итерации процедуры (5) решается задача многомерной оптимизации (4), выполняется АИП. Заданная глубина метода случайного поиска \$s\$ определяет количество итераций \$t\$.

*Дополнительный этап* заключается в объединении термов \$b\_s\$, которые определяются одинаковыми конъюнкциями \$c\_j\$ модели \$L\_{N'+M}^{(t+1)}\$, если в этом есть необходимость.

В результате формируется лингвистическая модель с наилучшими параметрами при заданных начальных условиях.

Приведены результаты исследований предложенного метода путем компьютерного моделирования. Для этого разработано и исследовано программное инструментальное средство - подсистема моделирования ИСППР, реализующая процедуру \$T\_M(E\_M)\$ построения лингвистической модели.

С использованием разработанного программного обеспечения произведена оценка ошибки лингвистической модели для виртуального объекта, поведение которого задано закономерностями

$$F(x_1, x_2, x_3, t) = \begin{cases} k_1 \cdot x_1^3 + k_2 \cdot x_2^2 + k_3 \cdot x_3, & t < 0 \\ k_1 k_2 \cdot x_1 x_2 + k_2 k_3 \cdot x_2 x_3, & t \geq 0 \end{cases}. \quad (6)$$

Выполнено формирование экспериментальных выборок данных с использованием генератора случайных чисел. Для оценки адекватности модели использовалась усредненная ошибка:  $J = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{\rho(b_j, \bar{b}_j)}{m^o} \cdot 100\%$ . На основе процедуры  $T_M(E_M)$

получена лингвистическая модель вида (1), первое приближение которой показало значение критерия  $J$  равное 2,33%.

Получены характеристики зависимости критерия  $J$  от параметров модели (6), найденных автоматически предложенной процедурой  $T_M(E_M)$ , и последовательно задаваемых пользователем на основе имеющейся априорной информации. В первом случае удалось достигнуть значения критерия 2,02%, во втором - 1,76%.

Рассматриваются зависимости критерия оценки качества полученной ЛМ от погрешности измерений, представленных нормально распределенной шумовой составляющей, для моделей (6) в первом приближении и после применения процедуры автоматизации (5), а также процессы изменения усредненных ошибок этих моделей при принятии решений на их основе.

Сделан вывод, что предложенный метод формирования и автоматического определения наилучших параметров лингвистических моделей может быть использован при создании ИСППР различного назначения.

#### Литература

1. Токарев В.Л. Основы теории обеспечения рациональности решений. Монография – Тула: ТулГУ, 2000. – 120 с.

Ю.М. Ганеев, Т.М. Хвостенко

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Брянск, Брянский институт управления и бизнеса

В Федеральном законе РФ «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» отмечено, что государственные образовательные стандарты предназначены для обеспечения качества образования, единства образовательного пространства РФ, основы для объективной оценки деятельности образовательных учреждений, реализующих образовательные программы, признания и установления эквивалентности документов иностранных государств.

Основная образовательная программа подготовки по специальности «Прикладная информатика» разрабатывается на основе государственного образовательного стандарта и включает в себя учебный план, программы учебных дисциплин, программы учебных и производственных практик.

Учебный процесс при этом желательно спланировать таким образом, чтобы обеспечить преемственность всех связанных между собой дисциплин на всех курсах обучения.

Предлагается следующая концепция изучения учебных дисциплин, обеспечивающих подготовку в области проектирования информационных систем.

При изучении дисциплины «Информатика и программирование» студенты углубляют свои знания по вопросам алгоритмизации и программирования на QBasic,

полученные в школе. Затем изучают основные особенности программирования на языке Microsoft Visual Basic, используя при этом встроенный в офисные программы редактор Visual Basic.

Выбор в качестве базового языка программирования Basic можно обосновать следующими причинами:

- во многих общеобразовательных учреждениях России основы программирования изучаются на одной из имеющихся версий языка Basic;
- простота и достаточно широкие возможности языка высокого уровня Visual Basic;
- использование фирмой Microsoft языка Visual Basic в качестве базового при разработке Windows-приложений;
- ориентация на средства разработки фирмы Microsoft, которая участвует в процессе сотрудничества с вузами России по внедрению своих приложений и продуктов.

Изучение вопросов программирования является важным этапом для работы с базами данных, а именно с языком структурированных запросов SQL, который предназначен для работы с таблицами с целью преобразования входных данных к требуемому выходному виду.

SQL отвечает признанному стандарту, что позволяет использовать один и тот же синтаксис и структуру команд при переходе от одной системы управления базами данных к другой.

Также при изучении дисциплины «Информатика и программирование» студенты знакомятся с технологией работы табличного процессора MS Excel, который имеет реляционную модель для формирования данных в виде двумерной таблицы. В ней производятся как расчётные операции, так и размещение и упорядочение больших объемов информации.

В Excel существует понятие список. Список представляет собой базу данных, но поскольку он хранится в книге Excel, а не в файлах специального формата, созданных программами типа Access или FoxPro, компания Microsoft остановилась на термине список.

Особенно важной составляющей при проектировании баз данных является знание экономики. Знание экономики позволяет отчетливо понимать источники развития производства, средства и пути эффективного его ведения – прогнозирование, система финансирования и кредитования, ценообразование, обоснование прибыли.

С точки зрения баз данных, знание экономики позволяет четко и грамотно обозначать предметные области для автоматизации расчетов, интерпретировать содержание экономических законов, прогнозировать результаты их действия при хорошо структурированной базе данных.

Студенты очного и заочного обучения Брянского института управления и бизнеса изучают дисциплину «Базы данных» с использованием системе управления базами данных MS Access.

Microsoft Access - это полнофункциональная реляционная СУБД. В ней предусмотрены все необходимые средства для определения и обработки данных, а также для управления ими при работе с большими объемами информации. К основными составляющими относят:

- определение данных (какие сведения будут храниться в вашей БД, их типы)
- обработка данных (выбирать любые поля, фильтровать, сортировать объединять данные со связанный с ними информацией, вычислять итоговые значения)

- управление данными. (каким пользователям разрешено просматривать, изменять или вставлять данные, определены правила совместного использования данных).

Для Microsoft Access характерно наличие собственного языка программирования Visual Basic для разработки приложений пользователя и полная поддержка языка запросов SQL.

Итогом изучения данной дисциплины является курсовая работа, основными разделами которой является концептуальное и логическое проектирование.

В следующем курсе «Высокоуровневые методы информатики и программирования» производится более глубокое знакомство с языком Visual Basic и методами визуального проектирования элементов приложений с использованием инструментальных программных систем Microsoft Visual Basic.

Следующим этапом подготовки студентов по вопросам проектирования программных систем является изучение индустриальных методов разработки на основе CASE-средств.

CASE-средства (Computer Aided Software Engineering) представляют собой основную технологию, в рамках программной инженерии, для создания и эксплуатации систем программного обеспечения (ПО) с использованием визуального моделирования.

Наиболее трудоемкими этапами разработки ПО являются, как известно, стадии формирования требований и проектирования, в процессе которых CASE-средства обеспечивают качество принимаемых технических решений и подготовку проектной документации. Графические средства моделирования предметной области позволяют разработчикам в наглядном виде изучать проектируемую информационную систему, перестраивать ее в соответствии с поставленными целями и имеющимися ограничениями.

Подготовка студентов к решению указанных задач ведется в рамках изучения таких учебных дисциплин, как «Разработка и стандартизация программных систем и информационных технологий», а также «Проектирование информационных систем».

Студенты изучают вопросы моделирования бизнес-процессов предметной области с помощью CASE-систем BPWin 4.0 фирмы Computer Associates (CA) и Rational Rose.

При проведении лабораторных занятий студентам постоянно демонстрируется, что применение CASE-средств позволяет осуществлять проектирование системы итерационным методом, при этом изменения достаточно просто выполняются на уровне модели, перед генерацией программного кода.

Впоследствии, выполняя учебные курсовые разработки параллельно с помощью двух различных программных систем, студенты могут оценить принципиальные отличия структурного (BPWin) и объектно-ориентированного (Rational Rose) подходов в разработке информационных систем. Затем студенты выполняют моделирование данных с помощью систем ERWin 4.0 и Rational Rose, после чего производят генерацию баз данных для СУБД MS Access. Затем по разработанным с помощью Rational Rose моделям, производится генерация программных модулей для проектируемой системы на языке Visual Basic и доработка пользовательского интерфейса. При выполнении курсовой работы закрепляются знания и умения, полученные в ходе изучения дисциплины.

Заключительным этапом обучения при подготовке специалистов в области прикладной информатики является выполнение дипломной работы, которая должна базироваться на материалах, собранных студентом в период прохождения преддипломной практики. Темы дипломных работ, как правило, должны быть предварительно согласованы с представителями тех предприятий или организаций, на которых проводится практика.

Дипломная работа включает в себя, как правило, следующие разделы:

- теоретические основы изучаемой проблемы;
- современное состояние предметной области;
- проектно-расчетный;
- обоснование экономической эффективности предлагаемых проектных решений;
- мероприятия по охране труда и технике безопасности.

В проектно-расчетном разделе дипломники должны представить свои авторские разработки по проектированию новой или модернизации существующей экономической информационной системы. При этом выполняются те же этапы проектирования, которые производились при выполнении курсовой работы, но на более глубоком уровне. Кроме того, должны быть приведены результаты подробного тестирования всех разработанных программных модулей, а также инструкции пользователей по работе с программной системой.

При защите дипломной работы студенты представляют, в качестве иллюстраций к докладу, слайды с изображениями моделей бизнес-процессов, моделей данных, экранными формами первичных и результатных документов, текстами программных модулей.

Предложенная методика обучения студентов была апробирована авторами и показала неплохие результаты. Так, при защите дипломных работ по специальности «Прикладная информатика в экономике» более 50% всех работ было рекомендовано к внедрению в производство, что подтверждалось соответствующими актами предприятий и организаций.

Э.И. Ватутин

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПАРАЛЛЕЛИЗМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ГРАФ-СХЕМЫ АЛГОРИТМА

Курск, Курский государственный технический университет

Одним из возможных способов построения систем логического управления (СЛУ) является их синтез в базисе логических мультиконтроллеров [1]. При этом подобные СЛУ, основанные на принципах однородности и модульности, способны быть настроены на произвольный параллельный алгоритм логического управления теоретически неограниченной сложности (выражаемой обычно числом вершин  $N$  в его представлении в виде графа) путем его разбиения на множество последовательных блоков в соответствии с рядом ограничений функционального и структурного характера. Одной из важных числовых оценок, значение которой вызывает интерес как в ходе построения разбиения или анализа его качества, так и при решении смежных задач (например, распараллеливания последовательного алгоритма), является степень параллелизма  $\omega_{\max} = \omega(G^0)$  граф-схемы параллельного алгоритма  $G^0 = \langle A^0, V^0 \rangle$ , где  $A^0$  – множество вершин,  $V^0$  – множество дуг. Оценка  $\omega_{\max}$  определяет нижнюю границу числа блоков в разбиении и, следовательно, представляет собой теоретический минимум аппаратной сложности СЛУ, выраженный числом модулей (контроллеров) в ее составе.

Степень параллелизма алгоритма может быть определена как мощность максимального по включению подмножества попарно-параллельных вершин

$\tilde{A} = \{a_{i_1}, a_{i_2}, \dots, a_{i_L}\} \subseteq A^0$ , причем  $\forall a_{i_j} \in \tilde{A}, a_{i_k} \in \tilde{A}, j \neq k : a_{i_j} \omega a_{i_k}$ , где  $\omega$  – символ бинарного отношения параллельности вершин [1]. Способ вычисления степени параллелизма исходя из приведенного определения  $\omega_{\max} = |\tilde{A}|$  вычислительно сложен и применим на практике только для алгоритмов малой размерности ( $N < 15 - 20$ ) [2], т.к. требует реализации комбинаторного перебора значительного числа подмножеств вершин  $\tilde{A}_j$  (фактически данная задача сводится к задаче выделения максимальной по включению клики на множестве отношения параллельности вершин, которая, как известно, является  $NP$ -трудной). Еще одним способом вычисления искомой числовой оценки является ее определение как  $\omega$ -мощности базового сечения  $\Omega_{\max}$  алгоритма  $G^0$ :  $\omega_{\max} = |\Omega_{\max}|^\omega$  [1]. Алгоритм вычисления  $\omega$ -мощности является полиномиальным, однако он требует наличия синтезированного базового сечения  $\Omega_{\max}$ , для отыскания которого, в свою очередь, требуется построение и редукция системы  $R$ -выражения  $\Xi$ . Несмотря на то, что алгоритмы построения и редукции системы  $R$ -выражения  $\Xi$  также являются полиномиальными, реализация операций над  $R$ -выражениями, представленными в виде деревьев, весьма трудоемка (более 2400 строк (88 КБ) исходного кода при программной реализации, порядка 60 млн. эквивалентных вентилей при аппаратной). Поэтому вызывает интерес разработка новых алгоритмов вычисления оценки  $\omega_{\max}$ , отличительными особенностями которых будут низкая вычислительная сложность и простота реализации.

Рассмотрим алгоритм вычисления оценки  $\omega_{\max}$  с использованием матрицы отношений вершин. Прототипом для него послужил метод построения разбиений С.И. Баранова с последовательным формированием блоков разбиения [3], дающий минимально возможное число блоков в разбиениях в условиях отсутствия технологических ограничений (что было выявлено эмпирически в ходе проведенных вычислительных экспериментов).

```

Sep(A0) := {A1}; A1 := {aнач, aкон}; n := 0;
repeat // выполняется ωmax раз
    n := n + 1;
    for ai ∈ A0\Sep(A0) // выполняется не более чем N раз
        if (∀ aj ∈ An: ¬(ai ω aj)) // выполняется за время не более чем O(N)
            An := An ∪ ai;
    until Sep(A0) ≠ A0;
    ωmax := n;

```

Здесь  $Sep(A^0)$  – множество блоков разбиения, формируемое без учета ограничений и значений весовой функции;  $A^0 \setminus Sep(A^0)$  – множество еще не рассмотренных вершин. Асимптотическая временная сложность рассмотренного выше алгоритма составляет  $O(\omega_{\max} N^2)$ , емкостная –  $O(N)$  (для хранения множества блоков разбиения требуется не более чем  $N$  ячеек памяти).

В сравнении с алгоритмом [2] предлагаемый алгоритм использует тот же состав структур данных и предварительных преобразований (ациклическая граф-схема алгоритма без «пустых» дуг, матрица отношений), алгоритму на основе вычисления  $\omega$ -мощности базового сечения [1] помимо ациклической граф-схемы алгоритма без «пустых» дуг необходимы система  $R$ -выражений и базовое сечение (но не требуется

матрица отношений). Для вычисления степени параллелизма алгоритма управления с  $N = 100$  вершинами программная реализация алгоритма с использованием  $\omega$ -мощности затрачивает в среднем 87 мс, предложенный алгоритм – 79 мс (70 мс из которых уходит на предварительные преобразования и построение матрицы отношений), т.е. имеет место выигрыш во времени обработки на 9,2%. При  $N = 1000$  среднее время работы алгоритма с использованием  $\omega$ -мощности составляет 20,2 с, в то время как предлагаемого – 1,7 с (из них 1,4 с – предварительные преобразования и построение матрицы отношений), выигрыш в 11,9 раза.

Таким образом, предложенный алгоритм обладает меньшей вычислительной сложностью и более прост в реализации (60 строк (2,1 КБ) исходного кода при программной реализации). Для графов общего вида, системы бинарных отношений которых не подчиняется свойствам, рассмотренным в [1], алгоритм неприменим, т.е. свести решение  $NP$ -полной задачи выделения максимальной по включению клики к задаче выделения подмножества  $\tilde{A}$ , решаемой за полиномиальное время, не представляет возможным: сферой применения предлагаемого алгоритма являются граф-схемы корректных параллельные алгоритмов.

#### Литература

1. Организация и синтез микропрограммных мульти микроконтроллеров / И.В. Зотов, В.А. Колосков, В.С. Титов [и др.]. – Курск: КурскГТУ, 1999. 368 с.
2. Ватутин Э.И. Оценка степени параллелизма алгоритма с использованием матрицы отношений // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Ч. 2. – Курск: КурскГТУ, 2006. С. 135–139.
3. Баранов С.И., Журавина Л.Н., Песчанский В.А. Обобщенный метод декомпозиции граф-схем алгоритмов // А и ВТ. 1982. № 5. С. 43–51.

А.В. Бабич, Г.Б. Берсенев

## БАЛАНСИРОВКА НАГРУЗКИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ

Тула, Тульский государственный университет

Системы мониторинга являются неотъемлемым инструментом для поддержания работоспособного состояния компьютерных сетей [1]. Посредством программ системы мониторинга решаются такие задачи как контроль доступности и рабочих характеристик серверов, сервисов и активного оборудования сетей, оценка загруженности и доступности каналов передачи данных. Система мониторинга должна быть способной накапливать всю собранную информацию об объектах мониторинга. При этом имеются достаточно жесткие ограничения на длительность опроса и сохранения информации, что позволяет рассматривать систему мониторинга как систему реального времени.

Для выполнения требований реального времени и минимизации дополнительных затрат на аппаратно-программные средства мониторинга, системы мониторинга часто создают в виде распределенных систем. В многочисленных теоретических исследованиях рассматриваются вопросы проектирования таких систем, улучшения их производительности и масштабируемости. В частности, в [2] рассматривается возможность уменьшения стоимости развертывания инфраструктуры распределенного мониторинга за счет определения минимального числа опрашивающих серверов. В качестве критерия оптимальности рассматривается полоса пропускания, доступная

каждому опрашивающему серверу. Похожее исследование проведено в работе [3]. Рассматриваются различные парадигмы мониторинга, определяются, какое количество информации передается по сети к опрашивающему серверу и насколько эта информация может быть сжата. В [4] мониторинг исследуется с точки зрения адаптации к изменениям топологии сети (изменение маршрутизации, количества конечных устройств). В [5] проводится исследование возможности оптимизации возникающих в системе событий по времени.

В данной работе предлагается такая инфраструктура распределенной системы мониторинга, которая в максимальной степени использует свободные ресурсы корпоративной сети. Общая структура системы мониторинга представлена на рис. 1.

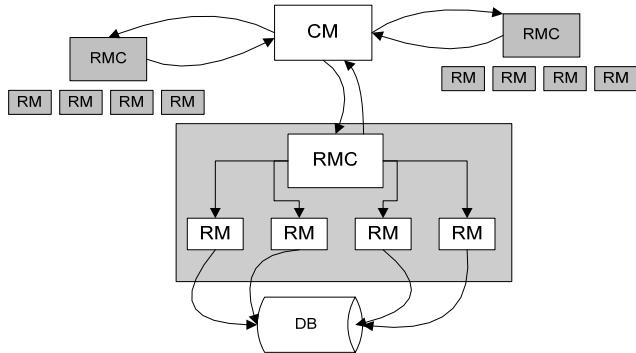


Рис. 1. Предлагаемая структура системы мониторинга

Запуск параллельных процессов – менеджеров опроса (Request Manager – RM) устройств осуществляется системой управления менеджерами опроса (Request Manager Control – RMC) на основе заданий, полученных от менеджера управления (Control Manager – CM). Физически все RMC расположены на разных машинах. Эти машины могут иметь различную производительность и различную степень использования, помимо мониторинга, в различные периоды работы. С другой стороны, устройства, опрашиваемые RM, могут иметь разное число сетевых интерфейсов в активном состоянии, что напрямую влияет на количество параметров, получаемых с данного устройства и, соответственно, на длительность опроса. Основная задача CM – сформировать группы устройств для каждого RMC. Постоянное колебание нагрузки на машины, на которых запущены процессы RMC, и частые изменения состояния опрашиваемых устройств приводят к необходимости перераспределения устройств при каждом опросе так, чтобы длительность опроса не превышала заданную величину.

Введем следующие обозначения. Пусть  $R$  - множество ресурсов, которыми

$$R = \bigcup_m R_m, m = 1, M$$

располагает система в целом:  $m$ , где  $M$  - количество RMC,

$R_m = \{p_m, c_m, b_m\}$  - ресурсы которыми располагает  $m$ -ый RMC,  $p$  - количество доступной оперативной памяти (однозначно ограничивает количество запускаемых процессов),  $c$  - загрузка процессора RMC (определяет быстродействие RMC и, соответственно, длительности задержек),  $b$  - время, в течение которого RMC может занимать сервер баз данных (для выполнения транзакций всеми RM).

Если  $D$  - множество устройств, которые необходимо опрашивать, то  $D_m$  - группа устройств для опроса на одном RMC:  $D_m = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ ,  $i_k = I(d_k)$ ,  $k = 1, N$  - количество источников данных (связок параметр-порт) для каждого устройства,  $N = |D|$  - общее число устройств,  $I(d_k)$  - функция количества источников данных в

зависимости от устройства, определяемая следующим образом:  
 $I(d_k) = par(d_k) \cdot port(d_k) + add(d_k)$ , где  $port(d_k)$  - количество сетевых интерфейсов устройства  $d_k$ ;  $add(d_k)$  - количество дополнительных параметров (не зависящих от количества сетевых интерфейсов), которое необходимо прочитать с устройства  $d_k$  (время работы, количество сетевых интерфейсов, описание);  $par(d_k)$  - количество параметров трафика (включая статус порта, который задается неявно), которое необходимо прочитать с устройства  $d_k$ . В простейшем случае можно считать, что для  $j$ -го интерфейса  $par_j(d_k) = N_{par} + 1$ , где  $N_{par}$  - количество параметров трафика, заданное администратором системы. Однако для сокращения количества обращений к устройству параметры не считаются с неактивных сетевых интерфейсов, то есть:

$$par_j(d_k) = \begin{cases} N_{par} + 1, & \text{при } st(j) = up \\ 1, & \text{при } st(j) = down \end{cases},$$

где  $st(j)$  - статус  $j$ -го интерфейса, который может принимать значения up (сетевой интерфейс активен) и down (неактивен).

Количество источников данных устройства напрямую влияет на потребление ресурсов опрашивающего сервера. Причем увеличение потребления ресурсов процессора и памяти пропорционально количеству источников данных, а потребляемый объем ресурсов базы данных зависит от общего числа процессов RM  $n$  (или числа устройств, опрашиваемых одним RMC) и практически не зависит от количества источников данных. Таким образом, потребление ресурсов опрашивающего сервера для устройства  $d_k$ :

$$c_k = Ci_k, p_k = Pi_k, b_k = B(n),$$

где  $C, P$  - коэффициенты потребления ресурсов процессора и памяти;  $B$  - функция потребления ресурсов БД,  $b_k$  по сути является временем выполнения транзакции процессов RM, функция  $B$  дискретна и может быть получена экспериментально путем измерения производительности сервера БД специализированными инструментальными средствами (например, посредством sysbench). Отметим, что количество устройств  $n$  для каждого RMC заранее не известно и его нахождение является одной из целей решаемой задачи.

Длительность опроса  $\tau$  для каждого RMC зависит от имеющихся в его распоряжении ресурсов  $R_m$ , принятого задания  $D_m$  и ограничена периодом опроса  $T$ :  
 $\tau_m = F(R_m, D_m), \quad \tau_m < T.$

Таким образом, рассматриваемая задача балансировки нагрузки распределенной системы мониторинга корпоративной сети может быть представлена как следующая задача оптимизации: необходимо для заданного периода опроса  $T$  найти такое разбиение множества  $D$  на подмножества  $D_m$ :  

$$D = \bigcup_m D_m, \quad D_q \cap D_l = \emptyset, \quad q \neq l, q, l = \overline{1, M}$$
при котором выполнялись бы ограничения на длительность опроса для каждого RMC и минимизировались потребляемые объемы наиболее загруженных ресурсов.

В работе рассматриваются различные постановки данной задачи оптимизации и алгоритмы ее решения. Поскольку в предлагаемых алгоритмах необходимо получать оценки длительности опроса для каждого RMC и различных вариантов решений,

возникает необходимость использования эффективных моделей и методов анализа производительности программных систем. Проведенные исследования [6] показали, что этим требованиям удовлетворяют модели в виде замкнутых сетей систем массового обслуживания, для которых применяются методы на основе асимптотических и гиперболического приближений [7].

#### Литература

1. Яремчук С. Cacti – простой и удобный инструмент для мониторинга и анализа сети / С. Яремчук // Системный администратор. - 2007.
2. Li Li, Marina Thottan, Bin Yao, Sanjoy Paul. Distributed Network Monitoring with Bounded Link Utilization in IP Networks. Research Center for Networking Lucent Bell Labs. IEEE INFOCOM 2003.
3. Yong Liu, Don Towsley, Tao Ye, Jean Bolot. An Information-theoretic Approach to Network Monitoring and Measurement. Yong Liu ECE Dept. Polytechnic University. Brooklyn, 2005.
4. Yan Chen, David Bindel, Hanhee Song, Randy H. Katz. An Algebraic Approach to Practical and Scalable Overlay Network Monitoring. SIGCOMM, Portland, Oregon, USA 2004.
5. Ahmet Bulut, Nick Koudas, Anand Meka, Ambuj K. Singh, Divesh Srivastava. Optimization Techniques for Reactive Network Monitoring. IEEE, 2007.
6. Бабич А.В. Анализ и прогнозирование производительности системы мониторинга корпоративной сети / А.В. Бабич, Г.Б. Берсенев // XLV Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии: Тезисы докладов. Секции математики и информатики. - М.: Изд-во РУДН, 2009. - С. 190 - 191.
7. Берсенев Г.Б. Приближения и методы для анализа терминальных стохастических сетей / Г.Б. Берсенев, Д.И. Малинин // Известия Тульского государственного университета. Серия «Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления». Выпуск 1. Вычислительная техника. – Тула: ТулГУ, 2006. – С. 171 – 179.

Г.В. Басалова

## **МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Тула, Тульский государственный университет

Под оптимальной информационной системой понимают некоторую «наилучшую» систему в том или ином смысле. Для того чтобы выбрать наилучшую систему из множества систем, необходимо иметь возможность количественно сравнить эти системы, т.е. иметь критерий сравнения. Критерий должен выражаться числом, зависящим от характеристик системы. При этом считают, что система является оптимальной, если она обеспечивает экстремум принятого критерия.

Характерной чертой задачи определения оптимальной системы является наличие противоречивых факторов. Эти факторы по-разному влияют на критерий сравнения информационных систем. Если противоречивых факторов нет, то постановка задачи об определении оптимальной системы не имеет смысла. Количественная оценка влияния противоречивых факторов на критерий, на отыскание оптимальных характеристик информационной системы позволяет указать путь улучшения существующих систем, т.е. направление прогресса этих систем.

Критерий сравнения системы в той или иной мере должен отражать качество работы, эффективность использования, результаты применения в известных условиях и т.д. Конечно, нет и не может быть единого критерия, пригодного во всех случаях. В связи с этим в одних случаях используют уже известный критерий, в других – необходимо разрабатывать новый критерий.

Для оценки производительности могут использоваться следующие критерии: производительность и обобщенный критерий эффективности.

*Производительность* принято оценивать числом эталонных задач, решаемых машиной в единицу времени в условиях нормальной эксплуатации:

$W = 1/T_3$ , где  $T_3$  – время решения эталонной задачи:

$$T_3 = T_{\text{вв}}(1 - \xi_1) + T_p + T_{\text{обм}} + T_{\text{выв}}(1 - \xi_2) + T_k + T_{\text{рем}} \quad (1)$$

где  $T_{\text{вв}}$  – время ввода программы и исходного числового материала;  $T_p$  – время решения;  $T_{\text{обм}}$  – время обмена информацией между устройством памяти;  $T_{\text{выв}}$  – время вывода результата решения;  $T_k$  – время контроля с помощью тестов;  $T_{\text{рем}}$  – время, расходуемое на ремонт.

$\xi_1, \xi_2$  – коэффициенты, учитывающие эффективность совмещения частей программы на этапах ввода и вывода с обработкой процессора.

$T_{\text{вв}} = (N_d + N_{gh})/V_{\text{вв}}$ , где  $N_d$  – количество исходных данных, – количество команд программы, – скорость ввода.

$T_p = \sum_{i=1}^n m_i t_i$ , где  $m_i, t_i$  – кратность и время выполнения  $i$ -ой операции.

$T_{\text{выв}} = N_{\text{сл}}/V_{\text{выв}}$ , где  $N_{\text{сл}}$  – количество слов, выводимых на печать,  $V_{\text{выв}}$  – скорость печати.

$T_{\text{обм}} = N_{\text{обр}} t_{\text{обр}}$ , где  $N_{\text{обр}}$  – число обращений к памяти,  $t_{\text{обр}}$  – время цикла записи/считывания.

*Эффективное быстродействие:*

$V_3 = n(t)/t$ , где  $n(t)$  – объем работы, выполненной системой в процессе эксплуатации в пересчете на число операций типового набора;  $t$  – время эксплуатации информационной системы.

*Обобщенный критерий эффективности* (цена эффективного быстродействия)

$$Q = S(t)/n(t) \text{ или } Q = S(t)/(tW), \quad (2)$$

где  $N(t)$  – количество задач указанного класса, которые могут быть решены за время  $t$ .

$N(t) = t/T_3$  ( $T_3$  – время решения эталонной задачи).

Учитывая, что  $W = 1/T_3$ , следует  $Q = S(t)/(tW)$ .

Критерий качества – минимум  $Q$ .

Трудность формализации задач оценки информационных систем приводит к тому, что на практике наиболее реальным является получение некоторых приблизительных оценок и их использование.

Для получения приблизительной оценки характеристик информационной системы может быть использован аддитивный критерий, учитывающий различные параметры. При этом в качестве параметров могут выступать такие показатели как: целесообразность реализации, аппаратная поддержка, опыт разработки

информационных систем выбранной архитектуры, время решения заданных алгоритмов, стоимость, надежность, возможность последующей модернизации системы или ее наращивания, возможность последующего использования разработанной информационной системы в других проектах и другие показатели.

Критерий трудно формализуем, поэтому предлагается использовать балльную систему оценок. В этом случае различным вариантам значений каждого параметра сопоставляется определенное число баллов. Баллы являются результатом обработки опроса группы экспертов.

По возможности необходимо также использовать критерии (1) и (2), описанные ранее. Их значения не могут быть использованы в комплексном критерии непосредственно, но возможный диапазон их значений может быть разбит на интервалы, каждому из которых сопоставляется определенная балльная оценка.

Е. М Баранова, А. Н. Баранов

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ОБОЛОЧЕК**

Тула, Тульский государственный университет

Тонкостенные замкнутые оболочки с жестким контуром поперечного сечения различного назначения – продукция ОАО «Тульский патронный завод». На концептуальном уровне автоматизированная система контроля качества тонкостенных замкнутых оболочек (условное обозначение – СППР «Контролер») представлена в наиболее общем виде, который объединяет данные, используемые всеми приложениями, работающими с автоматизированной системой. Фактически концептуальный уровень отражает обобщенную модель предметной области (объектов реального мира), для которой создавалась автоматизированная система.

В ходе производства осуществляется контроль качества тонкостенных оболочек изделия. Контроль качества осуществляется двумя способами: инструментальный и визуальный контроль. Причем визуально контролируемые параметры имеют существенное значение для эффективности работы изделия. Дефекты, выявляемые визуальным путем, следующие:

- царапины на наружной поверхности;
- царапины на внутренней поверхности;
- помятости;
- канавки;
- забоины;
- отпечатки;
- наличие выступа на вершине;
- наличие отпечатка (венчика) на вершине;
- прорыв вершины;
- поперечные наружные трещины;
- продольные наружные трещины;
- поперечные внутренние трещины;
- продольно внутренние трещины.

Поскольку дефекты, обнаруживаемые визуальным путем, зависят от большого числа в различной степени взаимосвязанных факторов, необходимо выявить максимально взаимосвязанные факторы и сократить общее число факторов.

В настоящее время решение задач выявления и устранения причин подобного рода брака, а также восстановление эффективности технологического процесса, не систематизировано и носит случайный характер.

Предлагается система поддержки принятия решений при контроле качества в процессе производства тонкостенных замкнутых сложнопрофильных оболочек. Рассматривается одна из операций – вытяжка-обжим.

Непосредственно перед проектированием системы проводился опрос мнений экспертов по поводу влияния технологических, производственных, человеческих и других факторов на качественные показатели эффективности технологического процесса производства оболочек. В качестве экспертов выступали люди, длительное время работающие на соответствующем производстве либо занимающиеся научной деятельностью в смежных с рассматриваемой областях.

Архитектура системы определена наличием трех подсистем: «Анализ опроса мнений экспертов», «Получение логического вывода на основе производственной модели», «Расчет результатов снижения брака после принятия решения».

1. Подсистема «анализ опроса мнений экспертов» позволяет определить степень согласованности мнений через коэффициент конкордации, проверить статистическую значимость степени согласованности через критерий Пирсона.

Выходные данные: значение коэффициента конкордации, вывод о согласованности/рассогласованности мнений экспертов.

Входные данные:

- результаты опроса экспертов – ранговые оценки существенности причин брака.

- качественные показатели стандартности оболочек: царапины на наружной поверхности, царапины на внутренней поверхности, помятости, канавки, забоины, отпечатки, наличие выступа на вершине, наличие отпечатка (венчика) на вершине, прорыв вершины, поперечные наружные трещины, продольные наружные трещины, поперечные внутренние трещины, продольно внутренние трещины.

2. Подсистема «получение логического вывода на основе производственной модели». На основании информации о количестве оболочек с несоответствующими качественными показателями система будет делать заключение о комплексе мер, которые необходимо предпринять с целью повышения эффективности технологического процесса, т.е. будет проводиться диагностика на основе мнений экспертов. Факторы определенности будут пересчитываться в зависимости от цепочки рассуждений.

Выходные данные:

- результаты расчетов фактора уверенности по каждому правилу, входящему в производственную модель;
- результаты ранжирования правил по убыванию факторов уверенности по каждой диаграмме Коару Исикава.

Входные данные:

- производственная модель, увязывающая качественные показатели стандартности оболочек и причины отклонения от требований, созданная на основании результатов анализа опроса экспертов;
- количество подлежащих контролю изделий (выборка);
- количество изделий в контролируемой выборке, имеющих нарушения качественных показателей стандартности оболочек по каждому виду.

3. Подсистема «расчет результатов снижения брака после принятия решения». Подсистема будет строить диаграмму Парето по видам дефектов до и после принятия решений относительно повышения эффективности технологического

процесса. Будет проведен сравнительный анализ кумулятивных кривых и определен процент снижения брака после принятия решения.

Выходные данные: диаграмма Парето, построенная по возникающим видам дефектов.

Входные данные:

- количество подлежащих контролю изделий (выборка);
- количество изделий в контролируемой выборке, имеющих нарушения качественных показателей стандартности оболочек по каждому виду.

Схема работы системы представлена на рисунке 1.

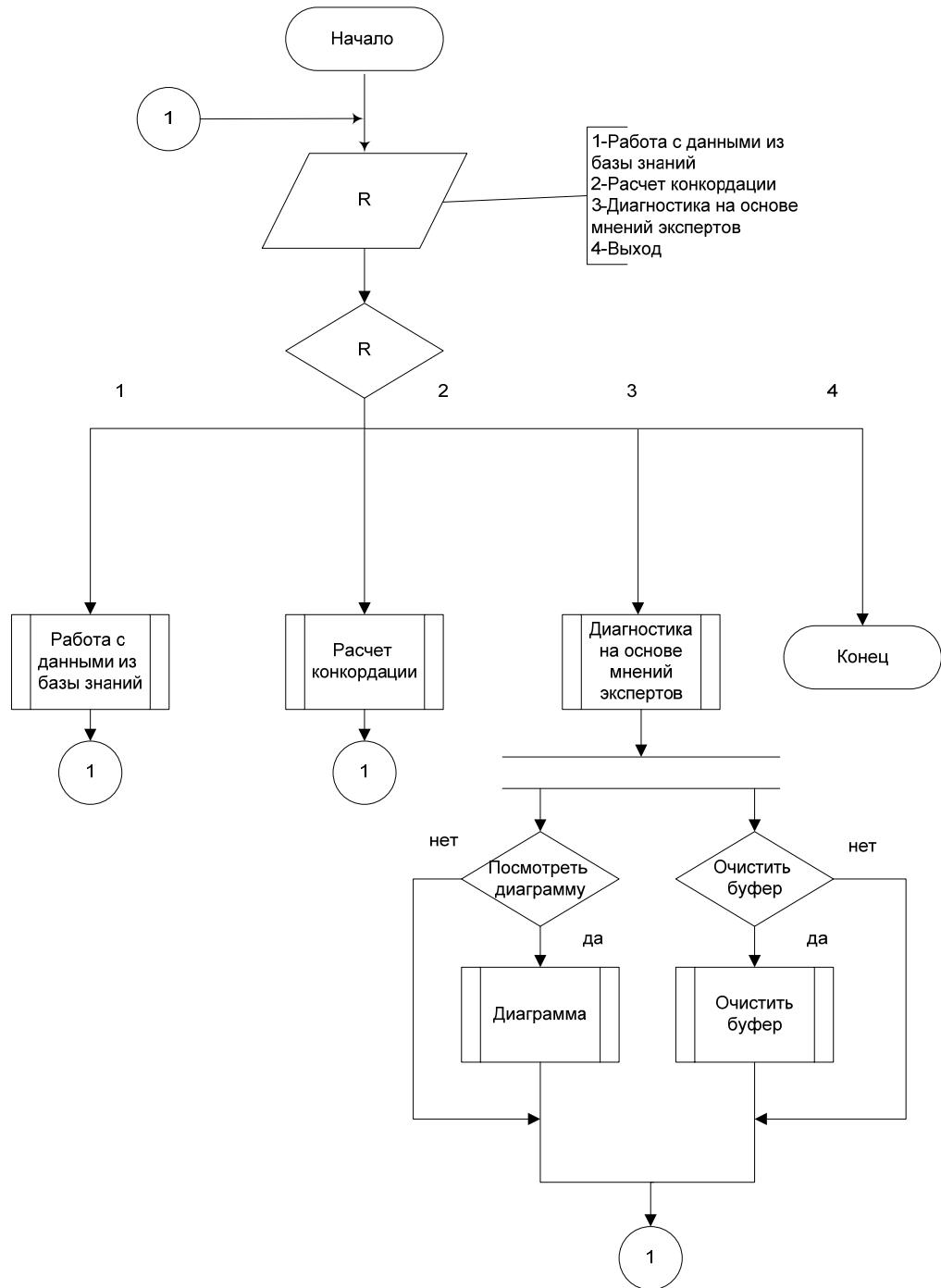


Рис. 1. Схема работы системы

Предложенная система позволит своевременно вмешиваться в ход технологического процесса, устранять причины неисправности оборудования, приводящие к возникновению вышеперечисленных видов дефектов. Указанные действия позволяют повысить общий уровень эффективности технологического процесса производства исследуемых изделий – тонкостенных замкнутых сложнопрофильных оболочек.

#### Литература

1. Архангельский А. Я. Программирование в Delphi. М.: Бином, 1999 г. – 626 с.
2. Зелковиц М. Принципы разработки программного обеспечения: Пер. с англ. / М. Зелковиц, А. Шоу, Дж. Гэннон - М.: Мир, 1982. – 368 с.
3. Иллюстрированный самоучитель по "Экспертным системам" // CD Профессиональное программирование. – 358 с.

Д.С. Наумов

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ КОЛОННЫ

Тула, Тульский государственный университет

В настоящее время для исследования и прогнозирования поведения сложных трудно формализуемых систем используются имитационные модели. При рассмотрении моделей ликвидации чрезвычайных ситуаций, ведения боевых действий и т.д. возникают задачи построения адекватных имитационных моделей движения транспортных колонн.

Интеллектуализация модели колонны позволяет наделить систему свойством адаптации к изменениям условий внешней среды, способностью корректировать структуру при взаимодействии со средой, сохраняя при этом свойство целостности. Модель будет способна формировать возможные варианты поведения и выбирать из них оптимальные. Эти особенности обусловлены наличием в структуре системы активных элементов, обеспечивающих возможность адаптации системы к меняющимся внешним условиям [1].

В докладе рассматриваются основные задачи построения интеллектуальной модели транспортной колонны:

1. Порядок движения, перегруппировка и разделение машин в составе колонны.
2. Корректировка времени и траектории движения до рубежей развертывания.
3. Способы преодоления помех при движении к заданной точке.

Характерной чертой движения транспортных средств в составе колонны является наличие стандартных интервалов между ними. При выходе из строя одного или нескольких средств колонна должна смыкаться. Одно из свойств самоорганизации колонны, а именно: заполнение пустых промежутков, может достигаться за счет введения временного штрафа транспортным средствам  $t_{ш}$ , идущим впереди образовавшегося разрыва.

Имитационная модель движения транспортной колонны в виде самоорганизующейся системы должна обеспечивать выбор оптимального маршрута за оптимальное время. Расчет траектории движения колонны осуществляется на основе

данных растра качеств цифровой карты местности. Элемент растра  $r_{ij}$  соответствует квадратному участку местности, для которого задается размер его стороны в метрах. При построении растра его элементам присваиваются идентификационные значения  $k_j$  объектов, координаты которых попадают в рассматриваемый участок. Величина  $k_j$  соответствует скорости преодоления объектов данного класса. Поиск маршрута движения осуществляется с помощью одного из методов нахождения оптимальной траектории движения (алгоритм Дейкстры, волновой алгоритм и др.).

После нахождения оптимального маршрута движения производится расчет скорости движения для достижения контрольной точки к заданному времени ( $t_{задан}$ ).

Если  $t_{расч} > t_{задан}$ , необходимо произвести итерационную модификацию коэффициентов  $k_j$ . Причем корректировка должна начаться с коэффициентов, соответствующих участкам с лучшей проходимостью, поскольку увеличение скорости на данных участках является наиболее вероятным.

Такая же корректировка производится в случае вынужденной остановки колонны при возникновении чрезвычайной ситуации (например, в случае выхода из строя одного или нескольких транспортных средств).

Расчетные маршруты колонны могут проходить через опасные зоны, в результате следования через которые транспортные средства могут выйти из строя. При поступлении такой информации элементы колонны должны перестраиваться на другие возможные маршруты. В этом случае узлы ветвления маршрутов колонны могут быть рассмотрены в виде бифуркационных точек пространственной области, а для каждой из ветвей может быть найден атTRACTор, характеризующий фазовое пространство данного ветвления.

Использование предложенных принципов позволяет повысить жизнеспособность моделируемого объекта, сделав его менее уязвимым к влиянию внешних факторов.

В ходе исследований был проведен анализ задачи моделирования, разработана и оптимизирована модель движения транспортной колонны, проведены сравнительные испытания в системе имитационного моделирования и на их основе получены оценки, подтверждающие эффективность внедрения элементов искусственного интеллекта.

Предложенные подходы могут найти применение в системах имитационного моделирования ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, ведения боевых действий и др.

#### Литература

1. Антонов А.В. Системный анализ. – М.: Высш.шк., 2004. – 454 с.: ил.

В.А. Мартакова

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И ПРОВЕРКИ ОБОРУДОВАНИЯ**

Курск, Курский государственный технический университет

В последнее время вопрос о сопровождении произведенных изделий и разработке к ним аппаратуры контроля становится более актуальным в условиях жесткой конкуренции на рынке авиационного оборудования.

Один из путей решения проблемы автоматизации процесса диагностирования авиационного оборудования видится в применении объектного принципа построения

аппаратуры контроля 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 (персональных компьютеров или микропроцессорных устройств); модульный принцип построения аппаратной части с целью обеспечения гибкости его настройки для решения разных задач.

Главным недостатком ручного тестового контроля являются значительные затраты времени для контроля большой номенклатуры контролируемых параметров объектов контроля (ОК) и недостаточная достоверность контроля в связи с возможностью ошибки оператора. Данного недостатка лишена разрабатываемая автоматизированная аппаратура.

Для реализации требований к аппаратуре контроля предлагается использование подхода в виде единого программно-аппаратного комплекса, состоящего из программируемого микропроцессорного модуля управления, модуля интерфейсов и модуля индикации.

Разрабатываемая аппаратура контроля обеспечивает автоматический тестовый контроль и пошаговый ручной тестовый контроль работоспособности ОК, формирование необходимой номенклатуры и состояний входных сигналов и массивов информации для передачи ОК, контроль состояния выходных сигналов и массивов информации ОК в реальном масштабе времени, измерение длительности, периода и интервала сигналов, количества импульсов, анализ информации, поступающей с ОК, предупреждение о неправильной работе ОК, визуализацию результатов контроля.

Принцип действия автоматизированной аппаратуры контроля заключается в пошаговых стимулирующих воздействиях на ОК и пошаговом сравнении полученных от него данных с заранее заданными эталонами [1]. 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.

#### Литература

1. Джонсон Г., Грэхем М. Конструирование высококвалифицированных цифровых устройств. М.: Вильямс, 2006

Д.В. Пинчер

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ В ИГРЕ

Тула, Тульский государственный университет

Современное развитие информационных систем позволяет искусственному интеллекту на высоком уровне соперничать с разумом человека в таких видах спорта, как шахматы и шашки.

Основной проблемой при создании таких систем являются задачи оценивания ситуации в каждый конкретный момент времени и выбор оптимальной стратегии игры. Чтобы оценить позицию в данный момент, нужно найти оптимальную стратегию игры и рассмотреть игры при выборе этой стратегии. Эта проблема осложнена тем, что искусственный интеллект анализирует все возможные варианты развития игры.

Такой анализ может быть представлен в виде математической модели:

$$S_0 \rightarrow S_1 : \sigma(m, n); A = A[m, n],$$

где  $S_0$  – текущая позиция,  $S_1$  – неопределенная позиция через фиксированное число ходов,  $m$  – количество возможных стратегий игры со стороны искусственного интеллекта,  $n$  – количество возможных ответных стратегий игры его соперника, матрица  $A$  – матрица оценок позиций при выборе каждой из допустимых стратегий размерности  $m \times n$ .

В данной работе предлагается метод сокращения перебора за счет внедрения контрольных точек. Контрольной точкой предлагается называть какую-либо типовую позицию, задаваемую и оцениваемую экспертом, с известной оценкой и стратегией.

Первые ходы партии, порядковый номер хода и количество материала на доске позволяют точно определить, какие контрольные точки могут быть рассмотрены в данный момент времени.

После того, как необходимые контрольные точки загружены, все возможные через несколько ходов позиции сравниваются с контрольными точками, и рассматриваются те стратегии, которые приводят к совпадению возможных позиций с контрольными точками.

Если текущая позиция будет неминуемо приведена через один или несколько ходов при точной игре соперника к какой-либо невыгодной для искусственного интеллекта контрольной точке или невыгодной позиции, то он должен исключить эту стратегию.

Далее рассматриваются остальные стратегии. В первую очередь, исследуются стратегии, имеющие положительные контрольные точки. Если при выборе одной из таких стратегий компьютер при любых ответах соперника либо приходит в выгодную контрольную точку, либо получает преимущество в остальных случаях, то можно выбрать эту ветвь, и не рассматривать остальные.

При наличии высоких вычислительных ресурсов можно применить принцип минимакса [1]: запомнить эту ветвь и соответствующее ей минимальное значение оценки позиции (то есть, для случая, когда соперник выбирает лучший вариант игры), затем продолжить анализ других ветвей и сохранить подходящие по описанному критерию ветви и их минимумы. Затем нужно найти максимальный из этих минимумов и выбрать ту ветвь, которая ему соответствует.

Полученный в результате использования такого метода кортеж примет вид:

$$S_0 \rightarrow S_1 : \sigma(m_1, n_1) + \varpi(CP^+) + \tau(CP^-); A = A[m - m_1 + m', n - n_1 + n']$$

Здесь  $m_1$  – количество неисследованных экспертами возможных стратегий игры со стороны искусственного интеллекта,  $n_1$  – количество возможных ответных стратегий игры его соперника,  $\varpi(CP^+)$  – множество стратегий, приводящих к выгодным контрольным точкам,  $\tau(CP^-)$  – множество стратегий, приводящих к невыгодным контрольным точкам,  $m'$  – дополнительное слагаемое к числу исследуемых стратегий (положительно, если стратегий, ведущих к выгодным позициям не обнаружено, но при наличии любого числа невыгодных стратегий это число меньше  $m_1$ ),  $n'$  – число ответных дополнительных стратегий, матрица  $A$  – матрица оценок позиций при выборе каждой из допустимых стратегий.

Как показывает результирующая модель, размерность конечной матрицы оценок тем меньше размерности исходной матрицы, чем больше изучены различные возможные продолжения той или иной позиции, и чем больше имеется контрольных точек.

Для сложных, но хорошо изученных позиций, для которых количество возможных неверных стратегий велико, а количество верных стратегий ограничено, этот метод позволит существенно сократить вычислительную сложность работы, при этом дать достоверную оценку позиции и показать выгодную стратегию.

#### Литература

1. Оуэн Г., Теория игр, перевод с английского. - М.: Наука, 1971. С. 24 - 56.
2. Воробьев Н.Н. Теория игр для экономистов-кибернетиков. - М.: Наука, 1985. С. 18-35.

Д.О. Бобынцев

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАТЧАЙШИХ РАССТОЯНИЙ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ ЗАДАЧ В МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ

Курск, Курский государственный технический университет

В настоящее время все большее распространение получают отказоустойчивые мульти микроконтроллеры [1]. Повышаются требования к скорости выполнения процедур планирования размещения задач. Быстрое восстановление правильности функционирования системы путем реконфигурации ее структуры с отключением неисправного процессора и заменой его резервным, расположенным обычно вне поля обрабатывающих процессоров, приводит к существенному изменению конфигурации связей между ними и образованию длинных и перекрывающихся маршрутов передачи данных. Для уменьшения времени восстановления многопроцессорных систем необходимо многократно снижать затраты времени на планирование размещения задач по сравнению с его программной реализацией в управляющей машине. В работе [2] задача была решена с помощью специализированного ускоряющего вычислительного устройства (акселератора), а при разработке алгоритмов его функционирования был найден новый метод снижения вычислительной сложности процедур планирования размещения задач по процессорам матричных базовых блоков кластерных систем высокой готовности.

В названном методе снижения вычислительной сложности матрица кратчайших расстояний, необходимая для алгоритмов функционирования акселератора, вычисляется вручную для двух вариантов матрицы базовых процессорных блоков кластерной вычислительной системы –  $4 \times 4$  и  $8 \times 8$  процессоров. При этом обе матрицы являются квадратными и имеют только горизонтальные и вертикальные двунаправленные связи. Вычислять же матрицу кратчайших расстояний для кластерной системы с большим количеством базовых блоков вручную – задача трудоёмкая, и сложность возрастает с добавлением, например, диагональных связей между процессорами. В связи с этим для дальнейших исследований методов планирования размещения и переразмещения задач необходимо автоматизировать построение матрицы кратчайших расстояний.

Множество подпрограмм, запланированных к обработке, описывается графом взаимодействия задач:  $G = \langle X, E \rangle$ , где  $X$  – множество вершин графа  $G$ , вершины  $x_i \in X$  которого соответствуют подпрограммам, а дуги  $e_{ij} \in E$  определяют наличие

обмена информацией между конкретными подпрограммами. Граф  $G$  может быть описан матрицей смежности  $M = \{m_{i,j}\}$ , где  $m_{i,j} \in [0; \infty]$  – информационные связи между подпрограммами. Для описания множества длин  $d_{ij}$  кратчайших маршрутов передачи данных в пределах многопроцессорной системы, дабы впоследствии назначать подпрограммы с наиболее интенсивным обменом информации, на соседние модули, введем матрицу кратчайших расстояний (МКР)  $D = \{d_{i,j}\}$ , которую можно построить по матрице смежности.

Для вычисления матрицы кратчайших расстояний во взвешенном графе по матрице смежности можно использовать алгоритм Дейкстры. Сущность этого алгоритма заключается в следующем: каждой вершине графа сопоставляется метка – минимальное известное расстояние от этой вершины до некоторой вершины  $x$ . Алгоритм работает пошагово – на каждом шаге он «посещает» одну вершину и пытается уменьшать метки. Работа алгоритма завершается, когда все вершины будут посещены. Таким образом, можно определить минимальные расстояния от любой вершины графа до всех остальных. В общем случае, алгоритм можно описать следующим образом:

1. Выбирается исходная вершина, метка которой полагается равной нулю, а метки остальных – бесконечно большими. Это означает, что расстояния до них пока неизвестны. Все вершины графа отмечаются непосещёнными.
2. Из ёщё непосещённых вершин выбирается вершина  $X_t$ , которая имеет наименьшую метку. В начале алгоритма этой вершиной будет исходная, имеющая нулевую метку.
3. По матрице смежности выбираются вершины, смежные с  $X_t$ , то есть соседи.
4. Для каждого соседа определяется новая метка – это сумма метки  $X_t$  и длины ребра, соединяющего  $X_t$  с соседом, что так же выбирается из матрицы смежности.
5. Если новая метка соседа меньше старой, он получает новую метку.
6. После рассмотрения всех соседей вершина  $X_t$  отмечается посещённой, и алгоритм возобновляется с пункта 2 до тех пор, пока не останется непосещённых вершин.

Таким образом, за одно выполнение алгоритма Дейкстры можно получить одну строку матрицы кратчайших расстояний. Однако данный алгоритм может оказаться неэффективным, если будет задан граф, в котором существуют вершины, имеющие только одного соседа. Пример такого графа приведён на рис. 1.

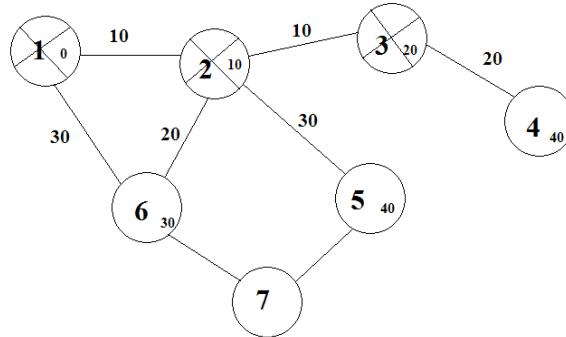


Рис. 1

На рис. 1 граф имеет вершину 4, в которую из вершины 2 единственный путь – через вершину 3. При данной расстановке весов дуг алгоритм Дейкстры в поиске кратчайших расстояний от вершины 1 придёт в вершину 4, из которой пути далее нет, а возврата в уже посещённую вершину алгоритм не предполагает. Так как ближайший непосещённый сосед не будет обнаружен, программа, работающая по алгоритму Дейкстры, просто зависнет, что будет равносильно тупику в прямом и переносном

смысле. В другом случае, если вершина 3 по алгоритму Дейкстры не будет ближайшим соседом вершины 2, вершина 4 просто не будет достигнута, но останется непосещённой. Поэтому очевидно, что алгоритм Дейкстры необходимо модифицировать для подобных случаев. Для этого можно предусмотреть возврат назад до тех пор, пока не встретится вершина, у которой остались непосещённые соседи, и тогда появится возможность пойти по другим существующим маршрутам в графе. В данном случае это вершина 2. Так же очевидно, что в случае пропуска тупиковой вершины минимальным расстоянием до неё является сумма метки единственного соседа и веса дуги, соединяющей её с ним.

#### Литература

1. Зотов И.В. Организация и синтез микропрограммных мульти микроконтроллеров. Курск.: Изд-во «Курск», 1999. – 368 с.
2. Мааят Б.И. Акселератор планирования размещения задач в кластерных вычислительных системах высокой готовности /Б.И. Мааят, Д.Б. Борзов, А.П. Типикин //Известия вузов. Приборостроение, 2008, №2, с.29-33.

С.В. Волобуев

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО-КОНВЕЙЕРНОЙ БАРЬЕРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ**

Курск, Курский государственный технический университет

Известна аппаратно ориентированная процедура параллельно-конвейерной барьерной синхронизации и устройство на ее основе для многопроцессорных систем с матричной топологией [1].

Для оценки динамических характеристик устройства, в частности зависимости среднего времени синхронизации от загруженности системы и ее параметров, было проведено имитационное моделирование. При этом варьировалось размещение участвующих в синхронизации процессорных модулей, и задавались случайные моменты завершения параллельных участков программы. Вычислительный эксперимент осуществлялся в среде VisualQChartSimulator [2]. Распределенное устройство синхронизации было представлено в виде системы массового обслуживания, заявками в которой служат перепады уровня сигнала  $1 \rightarrow 0$ ,  $0 \rightarrow 1$ , и описано на языке Q-схем.

Имитационное моделирования проводилось для систем размером  $N \times N = 16 \times 16$  и  $N \times N = 24 \times 24$ . На время одного этапа моделирования количество множеств синхронизации (барьеров), а также их мощность устанавливались постоянными. Время выполнения участков программы задавалось случайно. Среднее время синхронизации определялось как среднее арифметическое не менее чем по 30 итерациям. В ходе моделирования все результаты записывались в текстовый файл, по окончании моделирования данный файл содержал параметры модели, количество выполненных барьеров, время синхронизации каждого барьера и среднее время синхронизации.

В результате моделирования выявлено отсутствие зависимости среднего времени синхронизации от количества одновременно выполняющихся барьеров.

При моделировании зависимости среднего времени синхронизации от мощности множеств синхронизации разница между максимальным и минимальным средним временем синхронизации для системы  $N \times N = 16 \times 16$  составила  $\approx 22\%$ , а для

$N \times N = 24 \times 24 \approx 34\%$ . Данные значения обусловлены расположением параллельных участков программы среди модулей многопроцессорной системы.

Моделирование зависимости среднего времени синхронизации от размера системы выявило их линейную зависимость. Увеличение  $N$  в 2 раза приводит к практически двукратному увеличению времени синхронизации.

#### Литература

1. Волобуев С.В., Зотов И.В. Организация параллельно-конвейерной барьерной синхронизации в матричных многопроцессорных системах на основе распределенной координирующей среды. // Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО'08). М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2008. С. 616-642.
2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2006610308. Библиотека классов для имитационного моделирования коммуникационных сетей / Э.И. Ватутин, И.В. Зотов (РФ). – М.: РосПатент; заявлено 22.10.2005; дата регистрации 16.01.2006.

Е.О. Чеснокова

### ПЕРЕРАЗМЕЩЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПОДЗАДАЧ В ОТКАЗУСТОЙЧИВЫХ МУЛЬТИМИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ

Курск, Курский государственный технический университет

В настоящее время все большее распространение получают отказустойчивые мульти микроконтроллеры [1]. При этом повышаются требования к быстродействию. В случае отказа одного из процессоров мульти микроконтроллера необходимо быстрое восстановление правильности его функционирования путем реконфигурации структуры с отключением неисправного процессора и заменой его резервным, расположенным обычно вне поля обрабатывающих процессоров. Все это приводит к существенному изменению конфигурации связей между процессорами мульти микроконтроллера и образованию длинных маршрутов передачи данных. Они могут быть уменьшены путем оперативного переразмещения задач [2,3]. В связи с этим, для уменьшения времени восстановления, необходимо многократно снизить затраты времени на планирование размещения задач. Применение для этих целей программных средств зачастую неприемлемо из-за больших временных затрат на поиск наиболее приемлемого варианта размещения, а для мульти микроконтроллерных систем большой размерности это время может быть критичным. В случаях необходимости оперативного восстановления работоспособности системы минимизация временного показателя особенно важна. Вследствие этого особенно актуальным представляется применение аппаратных средств размещения.

В данной работе предлагается способ решения данной проблемы. Множество подпрограмм, запланированных к обработке, описывается графом взаимодействия задач:  $G = \langle X, E \rangle$ , где  $X$  – множество вершин графа  $G$ , вершины  $x_i \in X$  которого соответствуют подпрограммам, а взвешенные дуги  $e_{ij} \in E$  задают объёмы данных (в байтах), передаваемых между задачами при следующих соотношениях между индексами:  $i = (q-1) \cdot n + k$ . Граф  $G$  может быть описан матрицей обмена информации

(МОИ)  $M = \|m_{ij}\|_{N \times N}$ , где  $N = n^2 = |X|$ ;  $m_{ij}$  – объем передаваемых данных между  $i$ -м и  $j$ -м процессорным модулем [5].

Мульти микроконтроллерную систему будем представлять топологической моделью в виде графа  $H = \langle P, V \rangle$ , где  $P = \{P \cup L\}$ .  $P$  – множество процессорных модулей мульти микроконтроллера, организованных в матрицу  $|P|_{n \times n}$ , где  $|P| = N = n^2$  – число процессорных модулей мульти микроконтроллера,  $V$  – множество межмодульных связей, задаваемых матрицей смежности  $\|W\|_{N \times N}$  размером  $n^2 \times n^2$  [5].  $L$  – дополнительно введенные резервные модули мульти микроконтроллерной системы:

Структурная схема предлагаемого устройства показана на рис. 1.

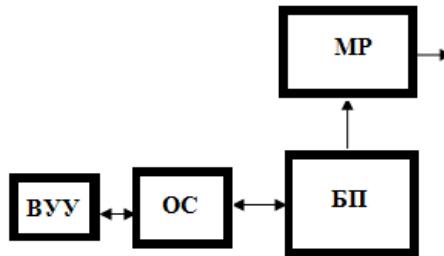


Рис.1 Устройство переразмещения параллельных подзадач в отказоустойчивых мульти микроконтроллерах

На рисунке 1 приняты следующие сокращения: ВУУ (внешнее устройство управления) с него в блок ОС (однородная среда) поступает матрица размещения процессоров в мульти микроконтроллере, при отказе одного процессора сигнал подается на блок ОС, после этого запускается блок БП (блок преобразования), где происходит основной процесс переразмещения, который может быть выполнен, например по методу представляемому в [6], откуда новая матрица записывается в блок МР (матрица размещения), с которого новый вариант размещения подается на ВУУ.

#### Литература

1. Зотов И.В. Организация и синтез микропрограммных мульти микроконтроллеров // Курск.: Изд-во «Курск», 1999. – 368 с.
2. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления // СПб.: БХВ–Петербург, 2002.– 608 с.
3. Tanenbaum A.S. Distributed Operation Systems // Prentice-Hall Engeneering/Science/Mathematics; 1<sup>st</sup> edition. – 1994.- РР. 1-648.
4. Д.Б. Борзов, Б.И. Аль-Марайт, А.П. Типикин. Акселератор планирования размещения задач в кластерных вычислительных системах высокой готовности // Известия вузов. Приборостроение. – Санкт-Петербург, – 2008, – №2, С. 29-33.
5. Аль-Марайт Б.И., Масолов А.С. Метод снижения коммуникационной задержки путем субоптимального размещения задач в матричных базовых блоках кластера (статья) // Телекоммуникации. Ежемесячный научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал. – 2008, - №4. С. 21-25.

Л.Б. Яблочкин

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО СРЕДСТВА «СТУДИЯ ГИПЕРМЕДИА»

Тула, Тульский государственный университет

*Представлена структура программного инструментального средства позволяющего создавать обучающие системы, в которых интеллектуализация осуществляется как на уровне*

тестирования знаний, так и на уровне управления последовательностью выдачи учебного материала.

Программное инструментальное средство (ПИС) «Студия Гипермедиа» до недавнего времени использовавшееся лишь как средство для создания электронных учебников со множеством траекторий обучения [1] приобрело новые возможности. Благодаря подключению новых модулей ПИС «Студия Гипермедиа» позволяет создавать новый класс обучающих систем — интеллектуальные обучающие системы, а именно адаптивные обучающие системы (АОС). Как известно, АОС представляют собой обучающие системы, реализующие обратные связи между обучаемым и системой, которые используются для управления учебным процессом.

В АОС, создаваемых посредством ПИС «Студия Гипермедиа», интеллектуализация осуществляется как на уровне тестирования знаний (адаптивное тестирование), так и на уровне управления последовательностью выдачи учебного материала (по результатам оценки уровня знаний корректируются не только дальнейшая траектория обучения, но и глубина и форма представления материала).

ПИС «Студия Гипермедиа» построено по модульному принципу (рис. 1). Все модули объединены единой оболочкой. Процесс создания обучающей системы с помощью ПИС «Студия Гипермедиа» осуществляется в диалоге и представляет собой выполнение определенной последовательности действий (посредством вызова тех или иных модулей).

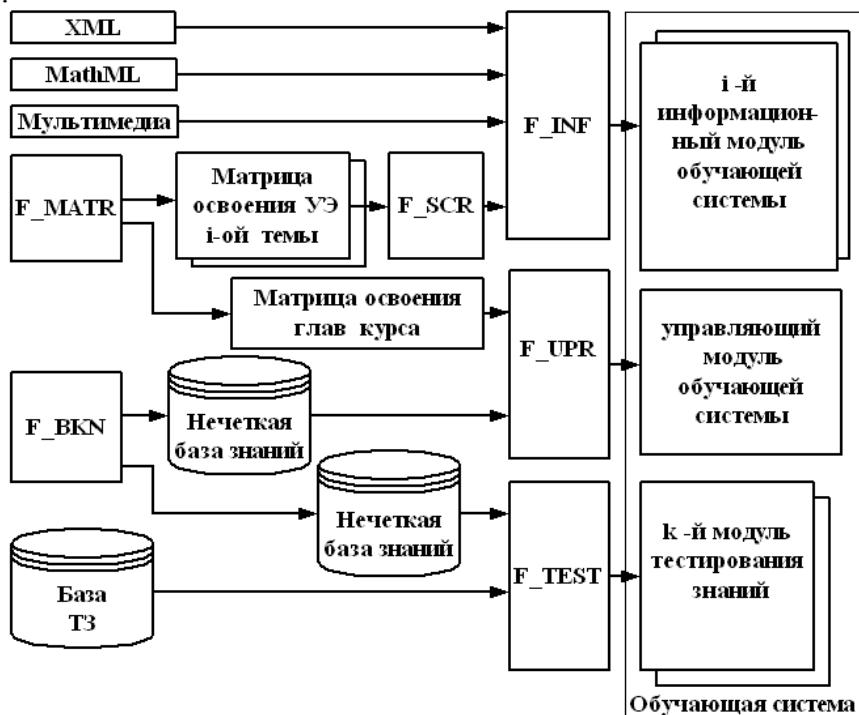


Рис.1

ПИС состоит из 6 основных модулей и ряда вспомогательных. Большинство основных модулей взаимосвязаны между собой, т.е. результат работы одного модуля используется другими модулями. Функциональное назначение модулей следующее:

1. модуль F\_Matr — формирование матриц освоения учебного материала отдельно для каждой главы курса и для всего курса в целом (методика построения матриц освоения учебного материала представлена в [2]);
2. модуль F\_SCR — на основе матрицы освоения учебного материала отдельной главы курса формируется управляющий алгоритм и реализуется на скриптовом языке;

3. модуль F\_INF — в результате объединения теоретической части главы курса и управляющего скрипта формируется информационный модуль обучающей системы. Для предотвращения несанкционированных изменений учебного материала и искажения управляющего алгоритма каждая из частей подвергается защите (кодированию);
4. модуль F\_BKN — формирование нечеткой базы знаний. Данный модуль формирует две базы знаний для реализации адаптивного управления и для реализации адаптивного тестирования. При формировании нечеткой базы знаний для каждой из входных переменных применяется принцип лингвистичности, определяются терм-множества и рассчитываются функции принадлежности. При необходимости для каждого из правил задаются весовые коэффициенты;
5. модуль F\_UPR — создание модуля управляющего работой всей интеллектуальной обучающей системы, который определяет последовательность выбора тех или иных обучающих модулей или модулей тестирования знаний, т.е. осуществляет необходимую адаптацию учебного материала и тестовых заданий (ТЗ) к уровню знаний обучаемого. Исходными данными для работы данного модуля являются матрицы освоения учебного материала всего курса и нечеткая база знаний для реализации управления;
6. модуль F\_TEST — создание модулей для проведения тестирования уровня знаний как после отдельной темы, группы тем, так и после изучения всего курса. Исходными данными для работы данного модуля являются базы ТЗ и нечеткая база знаний для реализации адаптивного тестирования. Базы ТЗ, используемые для проведения тестирования, хранятся в закодированном виде.

Дополнительно к рассмотренным выше модулям ПИС «Студия Гипермедиа» имеет ряд дополнительных - модули для формирования баз ТЗ (ввод ТЗ, отладка ТЗ и оценка их качества - анализ ТЗ на дискриминативность).

Механизм управления процедурой выдачи учебного материала информационного модуля обучающей системы реализуется в виде скриптов, реализованных на JavaScript. Эти скрипты встроены в тело каждого XML+MathML документа, содержащего обучающий материал.

Основные особенности реализованного алгоритма адаптивного управления процедурой выдачи учебного материала в обучающей системе в зависимости от знаний обучаемого и выбранной траектории обучения следующие.

Работа по формированию оптимальной траектории обучения начинается с классификации (определения ранга) обучаемого. Ранг обучаемого определяется на основе входного тестирования или по результатам предыдущей работы с обучающей системой.

Далее на основе траектории обучения, рекомендованной преподавателем, и механизма адаптации учебного материала к рангу обучаемого, формируется список тем доступных для изучения.

После выбора темы студентом происходит проверка на наличие пропущенных тем, изучение которых необходимо для более успешного освоения материала выбранной темы. Если такие темы существуют, то происходит корректировка списка доступных тем и студенту вновь предлагается сделать выбор темы для изучения. Корректировка списка доступных для изучения тем будет продолжаться до тех пор, пока не будут изучены все темы, от которых зависит успешное освоение материала выбранной темы. Аналогично выбирается и доступный для изучения учебный элемент.

После изучения студентом материала выбранной темы система анализирует наличие ТЗ по материалу изученной темы (группы тем). И если такие ТЗ существуют, то она предлагает их обучаемому.

По результатам тестирования определяется уровень знаний обучаемого и корректируется его ранг. Если уровень знаний неудовлетворительный то система рекомендует изучить теоретический материал темы (группы тем) снова и, если возможно, понижает ранг обучаемого и корректирует форму выдачи изучаемого материала.

Для апробации ПИС «Студия Гипермедиа» была разработана интеллектуальная обучающая система по дисциплине «Информатика». В процессе эксплуатации готовой обучающей системы была проведена адаптация учебного материала для обучаемых родственных специальностей, которая потребовала минимальное количество времени, так как затронула лишь небольшую корректировку последовательности выдачи тем и корректировку учебного материала отдельных тем. С помощью ПИС «Студия Гипермедиа» был сгенерирован новый управляющий модуль. Ни замена теоретического материала, ни замена управляющего модуля не потребовала новой пересборки обучающей системы.

Таким образом, внедрение ПИС «Студия Гипермедиа» в процесс подготовки учебных материалов позволит значительно сократить время и упростить процедуру как разработки обучающей системы «с нуля», так и адаптацию готовой системы к обучаемым других (родственных) специальностей.

#### Литература

1. Яблочкин Л.Б. Программно-инструментальное средство для создания электронных учебников / Л.Б. Яблочкин // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 3. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2008. - С. 228-233.
2. Яблочкин Л.Б. Методика разработки гипертекстовой части электронного учебника / Л.Б. Яблочкин, М.А. Андриянова, Т.Н. Маркова // Изв. ТулГУ. Серия Вычислительная техника. Автоматика. Управление. - 2001. - Вып. 7. Информационные системы. - С. 3-10.

Т.В. Шинкаревич, Ю.А. Малахов

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ**

Брянск, Брянский открытый институт управления и бизнеса  
Брянский государственный технический университет

В настоящее время всё больше возрастает потребность общества в творческих инициативных грамотных специалистах, умело владеющих информационными компетенциями. Формирование информационных компетенций происходит средствами содержания всего образования и закладывается преподавателями различных учебных дисциплин, а также усилиями самообразовательной деятельности обучаемого в течение всего образовательного процесса. При этом системный характер формирования компетенций предполагает освоение компетенций как при изучении отдельных учебных дисциплин, циклов, модулей так и дидактических единиц, которые интегрируются в общепрофессиональные и специальные дисциплины. Таким образом, понятие «компетенция» носит обобщенный интегральный характер по отношению к ранее используемым: «знания», «умения», «навыки».

Разработана обобщённая модель профессиональных компетенций студентов, которую можно представить в следующем формализованном виде

$$\text{ПК} = \langle \text{Н}, \text{С}, \text{У}, \text{Д}, \text{Т}, \text{ДЕ}, \text{Х}, \text{П}, \text{СР}, \text{И} \rangle,$$

где Н – название компетенций; С – описание состава компетенций в предметной области; У – уровень знаний профессиональной подготовки бакалавра, специалиста, магистра; Д – дисциплины учебного процесса, в том числе и дисциплины по выбору студента; Т – содержание тем учебных дисциплин; ДЕ – дидактические единицы образовательных дисциплин; Х – степень влияния изучаемой дисциплины на формирование заданной компетенции; П – компетентность педагога, преподаваемого данную дисциплину; СР – самостоятельная, учебно-исследовательская работа студентов; И – индикаторы поведения, которые объясняют, как выглядит желаемая эффективность исполнения работы или поведения обучаемого.

На формирование у студента компетенций в различных областях влияют многие учебные дисциплины. Так, опыт Брянского открытого института управления и бизнеса показывает, что при достижении цикла информационных дисциплин по специальности «Прикладная информатика в экономике», в частности курсов «Информатика и программирование», «Вычислительная техника», «Информационные системы» студенты формируют свою базу знаний в области изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин. Наибольшее значение имеют знания и навыки, полученные в ходе изучения дисциплины «Информатика и программирование». Именно поэтому данная дисциплина является базой для формирования компетенций студентов в области «Прикладная информатика в экономике».

Для анализа и формализации формирования компетенций были взяты следующие учебные дисциплины специальности «Прикладная информатика в экономике»: моделирование экономических процессов (МЭП), базы данных (БД), высшая математика (М), информатика (И), информационные системы (ИС), вычислительные системы, сети и телекоммуникации (ВССТ). При этом степень влияния отдельной учебной дисциплины или дидактической единицы на формирование заданной компетенции оценивается в условных баллах, проставляемых экспертами. Предлагается следующая шкала оценки уровня соответствия учебных дисциплин и формируемых компетенций: соответствие отсутствует(0-0.2), низкое соответствие(0.2-0.4), среднее соответствие(0.4-0.7), высокое соответствие(0.7-0.9), полное соответствие(0.9-1.0). В общем случае каждая образовательная дисциплина может участвовать в формировании нескольких компетенций. При получении обобщенной оценки могут использоваться весовые коэффициенты, отражающие важность той или иной составляющей компетенции с точки зрения достижения цели. Весовые коэффициенты, как правило, также назначаются экспертами.

Построена матрица соответствия между изучаемыми дисциплинами и их влиянием на формирование у студента профессиональных компетенций, представленная в виде таблицы.

Таблица 1

Влияние изучаемой дисциплины на формирование профессиональных компетенций студентов специальности «Прикладная информатика в экономике»

Составляющие профессиональных компетенций	Названия учебных дисциплин					
	МЭП	БД	М	И	ИС	ВССТ
ОПК	0,9	0,1	0,2	0,7	0,4	0,2
ПСК	0,2	0,7	0,4	0,9	0,4	0,1
КСТ	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,9
КОП	0,4	0,6	0,1	0,5	0,1	0,1

где ОПК - общепрофессиональные компетенции; ПСК - профильно-специализированные компетенции; КСТ - компетенции в области сетевых технологий, безопасности и защиты данных; КОП - компетенции в области программирования.

Таким образом, из рассмотренных учебных дисциплин наибольшее влияние на формирования общепрофессиональных компетенций оказывает моделирование экономических процессов. Профессионально-специализированные компетенции формируются главным образом при изучении информатики. На компетенции в области сетевых технологий, безопасности и защиты данных существенное влияние оказывает дисциплина «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации», а на формирование компетенций в области программирования – базы данных.

Рассматривая более подробно профессионально-специализированные компетенции, выделим следующие подгруппы компетенции:

ПСК1- Способность оценивать числовые параметры информационных объектов и процессов: объем памяти, необходимый для хранения информации; скорость передачи информации; переводить информацию из одной знаковой системы в другую (из текста в таблицу, из аудиовизуального ряда в текст и др.), выбирать знаковые системы адекватно познавательной и коммуникативной ситуации;

ПСК2- Способность использовать мультимедийные ресурсы и компьютерные технологии для обработки, передачи, систематизации информации, создания баз данных, презентации результатов познавательной и практической деятельности;

ПСК3-Способность участвовать в разработке информационных систем и программных продуктов, необходимых для функционирования деятельности организации.

ПСК4 - Способность применять основные программные средства (ПС) общего назначения, соответствующие современным требованиям мирового рынка ПС;

ПСК5 - Способность выявлять тенденции и учитывать современные тенденции развития автоматизированных систем и систем обработки и передачи данных в своей профессиональной деятельности, проводить анализ безопасности инфокоммуникационных и автоматизированных систем с использованием соответствующих отечественных и зарубежных стандартов.

ПСК6 - Способность использовать современные средства разработки программного обеспечения, языки высокого уровня и языки СУБД, библиотеки объектов и классов для решения задач создания и сопровождения защищенных систем, реализовывать основные структуры данных, эффективно программировать основные алгоритмы сортировки и поиска, выбирать оптимальные в конкретных условиях структуры данных и алгоритмы, анализировать основные механизмы, реализованные в современных операционных системах и СУБД, и модифицировать их для решения задач создания или модификации информационных систем.

ПСК7 - Способность анализировать процессы в разветвленных многоуровневых информационных системах, выделяя возможные уязвимости и недостатки данных систем и комплексно оценивая последствия внедрения информационных систем.

Влияние информатики на формирование заданных компетенций представлено графически на рис. 1.

Для формирования компетенций создано программное обеспечение, позволяющее автоматизировать разработку индивидуальной образовательной траектории для студентов технических вузов на модульной основе. Функциональная структура программы состоит из пяти основных модулей: 1) образовательный процесс, 2) студент, 3) анализ результатов образования, 4) советующая система, 5) система корректировки. Разработаны четыре основных базы данных: «Компетентность»,

«Дисциплина», «Программа», «Преподаватель», а также интерфейс для доступа и редактирования записей.

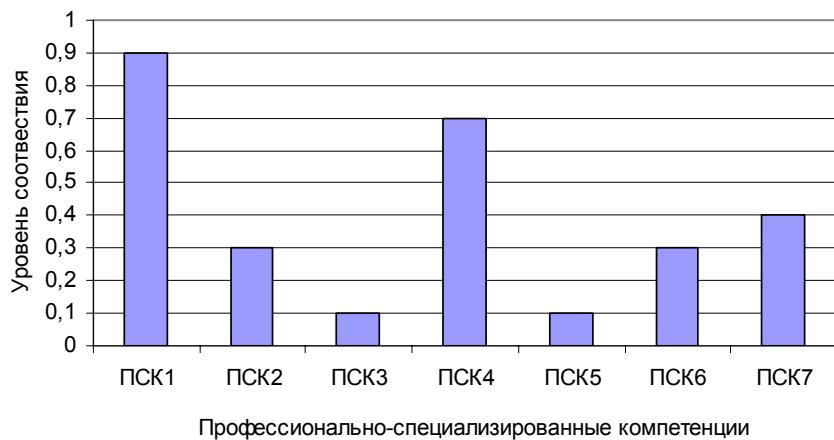


Рис. 1. Влияние информатики на формирование профессионально-специализированных компетенций

Источником профессиональных требований к выпускникам вузов, являются стандарты образовательно-квалификационных характеристик и образовательных профессиональных программ.

Предложенный подход к моделированию взаимосвязи между системой изучения учебных дисциплин и формируемыми у студентов компетенциями позволит создать основу для механизма управления обучением. Устойчивое усвоение компетенций способствует повышению качества подготовки выпускников вузов и обеспечит их конкурентоспособность на рынке труда.

## Секция «Системы классификации и распознавания образов»

П.В. Балакшин

### РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ: РАЗВИТИЕ ИЛИ ПРЕДЕЛ?

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет  
информационных технологий механики и оптики

*В работе указаны задачи, решаемые в области автоматического распознавания речи. Составлена таблица развития систем распознавания речи, показана динамика изменения их характеристик. Выделены наиболее перспективные работы по развитию распознавания речи.*

*Ключевые слова: распознавание речи, точность, перспективы.*

Что же первое приходит на ум при упоминании термина «распознавание речи»? Кто-то вспомнит про встроенное распознавание речи и навигацию в операционной системе MS Vista, кто-то про возможности набора телефонов голосом, а кто-то даже про запись хирургических операций... Распознавание речи – это область, являющаяся частью фундаментальной области искусственного интеллекта, тесно связанная с другими крупными научно-техническими областями: понимание натуральных языков, машинный перевод и особенно распознавание образов, в данном случае звуковых.

И становится ясным, что область наших исследований – это большая и актуальная задача. Подтверждением этому могут служить множество научно-исследовательских центров, научно-технические конференции, различные программно-технические разработки.

Среди задач, активно решаемых в настоящее время, можно выделить две:

- повышение скорости распознавания речи, определяемой количеством правильно распознанных слов в минуту (стремится к 180-200);
- повышение точности распознавания речи, которая определяется отношением количества верно распознанных слов к сумме всех распознаваемых слов, пропущенных и лишних (неверно распознанных) слов (стремится к 95 %).

Возникает вопрос: на сколько можно улучшить данные показатели? Для этого кратко рассмотрим статистику наиболее распространенных программно-технических разработок (систем автоматического распознавания речи) за прошедшие годы (таблица 1).

Данная таблица показывает, что значения точности распознавания речи у системы Dragon, лидирующей более десяти лет, вплотную приблизились к 100 %. Кроме того, размер словаря во много раз превышает словарный запас человека, а количество предметных областей превышает двадцать. Также стоит отметить, что скорость распознавания 160 слов в минуту немного даже превышает среднюю скорость набора текста. А всё продолжающийся рост производительности процессоров позволит сократить время на многие вычисления. Таким образом, много предельных значений.

С другой стороны, большинство представленных систем имеют обозначенные показатели после обучения, т.е. настроенные на диктора. Кроме того, нами был проведен ряд исследований, показывающих, что для каждой предметной области можно создать словарь из нескольких тысяч слов, покрывающий более 95% всех слов. В результате, обработка словаря меньшего размера даст выигрыш в производительности, что положительно скажется на скорости распознавания. Среди других направлений по улучшению систем автоматического распознавания речи стоит выделить работы по совершенствованию акустической модели.

Таблица 1. Сравнительная характеристика ASR-систем

Год	Фирма, продукт	Точность распознавания до обучения, после обучения	Скорость распознавания, слов в минуту	Размер словаря, слов
1976	HARPY	-, 95 %	-	1011
1998	Dragon, Dragon Power Edition	70 %, 95 %	до 95	60000
	IBM, IBM Via Voice TYPE 1.32	90 %, 97 %	до 125	23000
	Kurzweil, KVWin 2.0	90 %, 97 %	-	30000
	Phillips, Speech Processing Magic	-, 95 %	-	64000
2006	Nuance, Dragon Naturally Speaking Preferred v. 9.0.	95 %, 99 %	более 160	120000
	IBM, ViaVoice Standart v. 10	более 95 %	более 140	-
	Research Lab Inc, Dictation 2005	-	около 100	-
2009	Nuance, Dragon NaturallySpeaking 10 Preferred	93 % (99 %)	до 160	250000
	MacSpeech, MacSpeech Dictate 1.5	98 %	-	90000
	e-Speaking.com, e-Speaking	92 %	120	-
	Abasoft, TalkingDesktop	86 %	-	-

Таким образом, развитие распознавания речи продолжается, но при этом большинство работ сводятся к модернизации и оптимизации. Среди наиболее перспективных, на наш взгляд, работ можно выделить следующие:

1. Двухмодульная независящая от говорящего система распознавания речи, использующая и нейронную сеть и скрытую марковскую модель (СММ).
2. Модификация алгоритмов на основе СММ с использованием дополнительной информации о длительности состояния.
3. Увеличение роли синтаксиса и семантики в распознаваемой речи.
4. Внедрение автоматического распознавания речи в новых областях: системы глобального позиционирования, call-центры.
5. Ряд исследователей считают, что речь постоянно развивается, и необходимо вслед за ней постоянно проводить изменения ASR-систем.

#### Литература

1. Балакшин П.В. Повышение точности алгоритмов распознавания речи на основе скрытых марковских моделей // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. Выпуск 46. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ / Главный редактор д.т.н., проф. В.О. Никифоров. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – С. 232-237.
2. Мазуренко И.Л. Компьютерные системы распознавания речи. // Интеллектуальные системы. Т.3. Вып. 1-2. Москва, 1998.
3. Davis C. Automatic speech recognition and access: 20 years, 20 months, or tomorrow? Hearing Loss, 2001, 22(4), pp. 11-14.  
<http://www.wou.edu/education/sped/wrocc/asr.htm>
4. Naughton K. Ford Is Developing Voice-to-Text System for Drivers. Sept. 21, 2009.  
<http://www.bloomberg.com>
5. Speech Recognition Software and Medical Transcription History. – 2003.  
<http://www.dragon-medical-transcription.com/historyspeechrecognitiontimeline.html>
6. <http://voice-recognition-software-review.toptenreviews.com>

7. <http://windowshelp.microsoft.com/Windows/ru-RU/help/55c37f8e-2b44-45df-bccb-e1938230b0041049.mspx>
8. <http://www.dailydigital.com/finedrive-voice-30-speech-recognition-gps.html>
9. <http://www.e-speaking.com>
10. <http://www.nuance.com/naturallyspeaking/>
11. <http://www.research-lab.com/dict2002read.htm>
12. <http://www.softsoft.ru/search/15503/index.htm>
13. [http://www.softwaretime.com.au/product/product\\_list.shtml?category=022-001](http://www.softwaretime.com.au/product/product_list.shtml?category=022-001)
14. <http://www.speechtechnology.com>
15. Bellegarda J.R. Statistical language model adaptation: review and perspectives // *Speech Communication.* – 2004. – V. 42. – Pp. 93–108.
16. Ford T. Speech Idiosyncrasies are the Nemesis of Speech Recognition Software. University of Maryland University College. – 2004. – 14 p.
17. Tebelskis J. Speech Recognition using Neural Networks. School of Computer Science Carnegie Mellon University. – 1995. – 190 p.
18. Rosenfeld R. Two decades of statistical language modeling: where do we go from here. School of Computer Science Carnegie Mellon University. – 2000. – 11 p.

П.В. Балакшин, А.Ю. Тропченко

## **ВЫБОР РАЗМЕРА СЛОВАРЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕСТОВОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ**

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет  
информационных технологий механики и оптики

*В работе показаны результаты анализа современных систем автоматического распознавания речи. Произведен эксперимент по нахождению размера словаря для конкретной предметной области. Аналитически доказана правильность эксперимента, и найдено количество исходных данных, необходимых для создания словаря.*

### **Введение**

В настоящее время всё больше устройств и технологий внедряются в нашу жизнь. В связи с этим на первый план стали выходить задачи взаимодействия человека с этими новыми устройствами. Особо стоит отметить важность сенсорного ввода, внедрение различных акселерометров и технологии распознавания речи. Действительно, ведь речь – это наиболее натуральная, удобная, эффективная и экономичная форма человеческого взаимодействия. То есть голосовой интерфейс на языке пользователя – это отличное решение.

Бурный рост информационных технологий позволил несколько снизить время, затрачиваемое на передачу и обработку информации. И на первый план стали выходить понятия точности, достоверности и надежности этой информации.

В системах автоматического распознавания речи важнейшим показателем является точность распознавания слитной речи, которая определяется отношением количества верно распознанных слов к сумме всех распознаваемых слов, пропущенных слов и лишних (неверно распознанных) слов [1]. В настоящее время, этот показатель стремиться к значению 95 и выше процентов.

Однако вполне логичным является вопрос о том, что невозможно, по крайней мере, в настоящее время построить систему автоматического распознавания речи, способную точно распознавать бесконечное количество слов. Таким образом,

необходимо определить, какой объем словаря необходимо использовать и в каких единицах он должен измеряться.

### **Основная часть**

Выполнен анализ современных систем автоматического распознавания речи: Dragon – Dragon NaturallySpeaking v.10 Preferred; IBM – Embedded ViaVoice; MacSpeech – MacSpeech Dictate v1.3; Microsoft – Windows Speech Recognition; Phillips – Speech Recognition System Speech Magic; Центр Речевых Технологий – Руссограф; СПИИРАН – SIRIUS[2, 5, 6, 7]. В качестве параметров для анализа были выбраны: точность распознавания, размер словаря и единицы его измерения, области применения и вероятные особенности системы. Одни рекламировали свой словарь как неограниченный, другие считали его как количество используемых специализированных словарей, третьи использовали слова, четвертые словоформы. Кроме того, большинство разработчиков выделяли четкие области применения. Исходя из этого, нами была поставлена задача оценить размер словаря конкретной предметной области и минимальный размер данных, необходимый для создания такого словаря.

В качестве материала для исследований были взяты следующие данные:

Таблица 1. Материал для эксперимента

Тип текста	Название	Количество слов
Медицинский	Роль лучевой терапии как дополнительно метода лечения рака прямой кишки // Международный медицинский журнал, 2002, № 5.	6000
	Роль лучевой терапии в программе комплексного лечения больных раком молочной железы // Маммология, 2005, № 1.	
Технический	Методы сжатия и вторичной обработки изображений. Распознавание объектов на изображении // Учебно-методическое пособие, 2005.	6000
Иновации	Сущность и структура инновационного потенциала организации // «Академия ТИСБИ», 2006.	6000
	Иновационный потенциал предприятия // Нижегородская газета для автомобилистов, 2008, № 50.	
«Война и мир»	Том второй. Часть вторая. Главы I-IV.	6000
Проверочный текст	Случайная статья из Википедии: Школа современного искусства «Свободные мастерские».	750

Интуитивно понятно, что с ростом исходных данных слова из словаря начинают встречаться все чаще. В ходе эксперимента итерационно добавлялись 250 слов из исходных данных. Количество новых уникальных слов уменьшалось от 190 до 50 с каждым шагом (рис. 1). Таким образом, уменьшался и рост общего размера словаря для каждой предметной области (рис. 2).

После каждого шага производился подсчет новых слов, размер словаря и оценка необходимого количества исходных данных. Безусловно, от функции итерации эти значения могут меняться. В ходе исследования аналитически получены значения от 8900 до 11600 слов для количества необходимых исходных данных в усредненной предметной области.



Рис. 1. Сокращение количества новых слов и определение количества исходных данных, необходимых для создания словаря

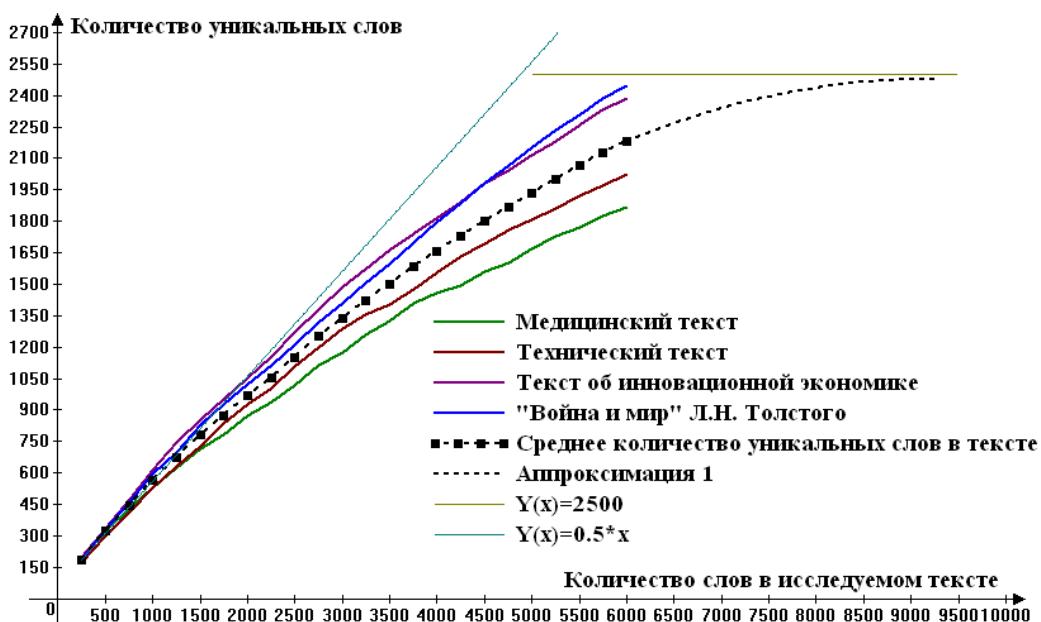


Рис. 2. Увеличение количества слов в словаре

### Заключение

Таким образом, можно считать, что при наличии исходных данных по конкретной предметной области количеством около 10000 слов можно создать речевой словарь данной области размером около 2500 слов. Данный словарь позволит получать точность выше 90 % при использовании его в системе автоматического распознавания речи.

Наибольшее пересечение речевых словарей показали технический и инновационный примеры, наименьшее – инновации и «Война и мир».

Результаты данной работы могут быть использованы для улучшения работы call-центров банков, мобильных компаний.

### Литература

1. Tebelskis J. Speech Recognition using Neural Networks. School of Computer Science Carnegie Mellon University. – 1995. – 190 p.
2. Ронжин А.Л., Ли И.В., Карпов А.А. Система автоматического распознавания русской речи SIRIUS // Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект». – 2005. – № 3.
3. Иконин С.Ю., Сарана Д.В. Система автоматического распознавания речи SPIRIT ASR Engine // Цифровая обработка сигналов. – 2003. № 4.
4. Горбачевич К. Дано ли нам предугадать? (О будущем русского языка) // Русистика. – 1990. – № 2. – С. 70–80.
5. <http://www.1stvoice.com/product.html>
6. <http://www.amazon.com/ScanSoft-H109A-G00-10-0-VIAVOICE-Standard-v10/dp/B0000A58IV>  
<http://www.pugh.co.uk/Products/scansoft/viavoicestd-10.htm>

О.В. Есиков, С.С. Савватеев, А.М. Шагаев

## ФОРМИРОВАНИЕ КЛАССИФИКАТОРА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Тула, Тульский артиллерийский инженерный институт

Поведение вредоносной программы в среде операционной системы можно представить в виде последовательности выполняемых ей действий. На основании этой последовательности можно сформировать отчет о поведении программы, а для множества таких отчетов, в свою очередь, могут быть применены методы анализа данных. Одними из наиболее востребованных методов при решении задач многомерного анализа данных являются методы кластеризации. Группировка объектов по схожести их свойств позволит упростить дальнейшую обработку данных и принятие решений, применяя к каждому кластеру свой метод анализа. Учитывая разнообразие, проявляемое в поведении современных вредоносных программ разделение на кластеры должно быть нечетким.

Пусть вредоносная программа представлена вектором  $X_k = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{km})$ . В результате проведения нечеткой кластеризации выборки вредоносных программ  $X = [X_k], k = \overline{1, n}$  получим их разделение на заданное число кластеров  $C$ . Опишем кластеры следующей матрицей нечеткого разбиения [2]:

$$D = [d_{ki}], d_{ki} \in [0, 1], k = \overline{1, n}, i = \overline{1, C},$$

в которой  $k$ -ая строчка содержит степени принадлежности вектора  $X_k$  к кластерам  $A_1, A_2, \dots, A_C$ . Матрица  $D$  должна обладать следующими свойствами:

$$\exists i, d_{ki} > 0, \forall k,$$

$$0 < \sum_{k=1, n} d_{ki} < n$$

Если выборка вредоносных программ является показательной, то есть содержит характерных представителей всех типов вредоносных программ, то можно предположить, что включение в выборку дополнительных программ лишь

незначительно изменит итоговое разделение на кластеры. Если пренебречь этими изменениями, то можно использовать результаты кластеризации для определения принадлежности к кластерам программ, не включенных в выборку.

Функции принадлежности нечетких кластеров напоминают нечеткие отношения. Следовательно, каждому кластеру можно поставить в соответствие одно нечеткое правило. Это позволит синтезировать нечеткие правила по результатам нечеткой кластеризации [1,2]. Для получения функций принадлежности термов в посылках правил необходимо спроектировать степени принадлежности соответствующего кластера (строчки матрицы нечеткого разбиения  $D$ ) на входные переменные. Это позволит при помощи интерполяции получить из дискретных множеств степеней принадлежности непрерывные функции принадлежности. Обозначим  $\mu_{ij}(x_j)$  - функцию принадлежности переменной  $x_j$  нечеткому терму  $T_{ij}$ , то есть

$$T_{ij} = \int_{\underline{x}_j}^{\overline{x}_j} \mu_{ij}(x_j) / x_j, \quad x_j \in [\underline{x}_j, \overline{x}_j]$$

На основе полученных функций  $\mu_{ij}(x_j)$  сформируем систему нечетких правил:

$P_1 : \text{Если } x_1 \text{ это } T_{11} \text{ и ... и } x_m \text{ это } T_{1m}, \text{ то класс } A_1$

$P_2 : \text{Если } x_1 \text{ это } T_{21} \text{ и ... и } x_m \text{ это } T_{2m}, \text{ то класс } A_2$

$\vdots$

$P_c : \text{Если } x_1 \text{ это } T_{c1} \text{ и ... и } x_m \text{ это } T_{cm}, \text{ то класс } A_c$

Полученная система нечетких правил позволит классифицировать входной вектор  $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ , определяя его принадлежность к определенному кластеру. Для того, чтобы указанная система правил была интерпретируемой нечетким множеством  $T$  и классам  $A$  можно назначить лингвистические термы. Ниже рассмотрим порядок нечеткого логического вывода с вектором соответствующим поведенческому профилю вредоносной программы, в качестве входных данных.

Определим степень истинности каждой предпосылки каждого правила. В качестве Т-нормы для операции конъюнкции используем операцию minimum:

$$\mu_i(x_1^*, \dots, x_m^*) = \min_{j \in \{1, \dots, m\}} \{ \mu_{ij}(x_j^*) \}, \quad i = \overline{1, c},$$

В результате получим такое нечеткое множество  $\tilde{y}$ , которое соответствует входному вектору  $X^*$ :

$$\tilde{y} = \frac{\mu_1(X^*)}{A_1} + \frac{\mu_2(X^*)}{A_2} + \dots + \frac{\mu_c(X^*)}{A_c}.$$

Данное множество будет отображать степени принадлежности входного вектора  $X^*$  каждому из полученных кластеров. Четкое значение выхода  $Y$ , соответствующее входному вектору  $X^*$  определяется в результате дефазификации нечеткого

$$\tilde{y} : Y = \max_{i \in \{1, \dots, c\}} (\mu_i(X^*))$$

Отнесение вектора  $X^*$  к определенному классу будем выполнять следующим образом:

$$X^* \in \begin{cases} A_i, & \text{если } \mu_i(x_1, \dots, x_m) > \mu_l(x_1, \dots, x_m) \text{ и } \mu_i > \alpha, \forall l = \overline{1, c}, l \neq i \\ \text{неизвестный}, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

где  $\alpha$  - пороговое значение.

Это значит, что вектор  $X^*$  приписывается к тому классу, степень принадлежности к которому максимальна. Если степень принадлежности вектора к нескольким классам одинакова или меньше порогового значения, то данный объект не классифицируется и ему присваивается метка «неизвестный». Такой подход позволит определять вредоносные программы, поведение которых не похоже на поведение известных программ.

#### Литература

1. F.Höppner, F.Klawonn, R.Kruse, T.Runkler. Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification, Data Analysis and Image Recognition. – John Wiley & Sons, 1999. P. 235-247.
2. С.Штовба. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. С. 40-43, 74-84.

А.Д. Варламов

## НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К РАСПОЗНАВАНИЮ ОБРАЗОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Муром, Муромский институт (филиал) Владимира государственного университета

Нейронные сети находят широкое применение в обработке изображений и распознавании образов. Это обуславливается тем, что подавляющее большинство актуальных задач обработки изображений в настоящее время трудно формализуется или вообще не поддается формальному описанию. В связи с этим растет популярность нейронных сетей, которые, в частности, применимы к задачам распознавания образов на изображениях.

В докладе рассмотрен подход к распознаванию образов, когда на одном изображении могут присутствовать несколько объектов различного класса и их необходимо обнаружить и идентифицировать. Построение такого алгоритма сводится к решению следующих задач:

1. Сегментация изображения на две области: область подлежащих распознаванию объектов и оставшаяся часть изображения (выделение объектов);

2. Определение характеристик каждого выделенного объекта;

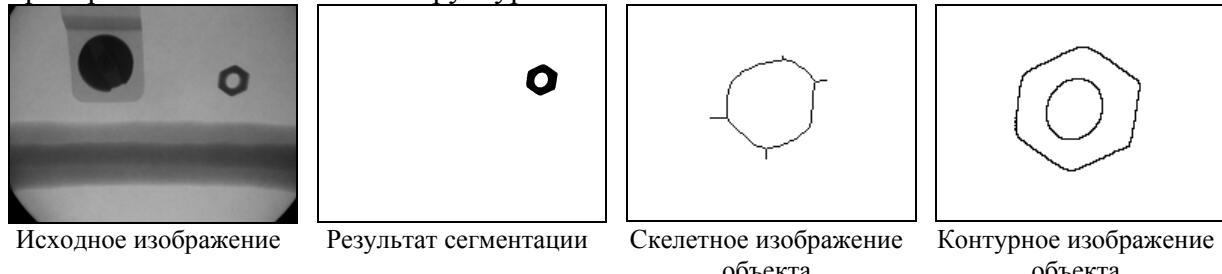
3. Идентификация объектов на основе вычисленных характеристик.

На первом и третьем этапах целесообразно использовать нейронные сети. Обучающей выборкой сегментирующей изображение сети будет набор пар изображений: исходных с объектами и черно-белых изображений, на которых сам человек выделил объекты. Сеть дает отклик (решение) для каждой точки изображения в виде единицы или нуля. Соответственно, на последнем слое сети имеется только один нейрон с пороговой выходной функцией. Для второй сети, идентифицирующей

объекты, обучающей выборкой являются характеристики эталонных объектов и классы, к которым они принадлежат.

Для получения признаков, наиболее полно отражающих структуру объектов, его изображение подвергалось преобразованиям: скелетизации и получению контуров. По результирующему изображению с линейными структурами строился набор признаков.

На рисунке показан результат поиска объекта на изображении и его преобразование к линейным структурам.



Исходное изображение      Результат сегментации      Скелетное изображение объекта      Контурное изображение объекта

По контурному и скелетному изображениям вычислялись следующие признаки: координаты центра тяжести, среднеквадратичные отклонения от центра тяжести по осям, относительные количества скелетных (контурных) точек, связанных с соседними по различным направлениям и другие. Исследования проведены для десяти классов объектов различной формы. В результате получен алгоритм их выделения на изображениях и последующей идентификации.

В докладе подробно раскрываются особенности применения нейронных сетей при распознавании образов. Приведены примеры практического использования подхода.

А.Д. Варламов, А.В. Провоторов

## **РАЗДЕЛЕНИЕ ТЕКСТОВЫХ БЛОКОВ ДОКУМЕНТА НА ИЗОБРАЖЕНИЯ СИМВОЛОВ**

Муром, Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета

Распознавание печатного текста всегда сопровождается разделением его на символы. Эта задача и сейчас актуальна из-за трудоемкости многих известных алгоритмов и недостаточного количества трудов по данной теме, в том числе по использованию различных методов обработки изображений к изображениям нетипичных текстов (например, к изображениям старопечатных документов). Решая интеллектуальные задачи распознавания объектов на изображении, авторы разработали алгоритм разделения текста на строки, который быстро (благодаря линейной сложности и использованию только одного признака изображения) и качественно разбивает текст на строки. Алгоритм включает следующие этапы:

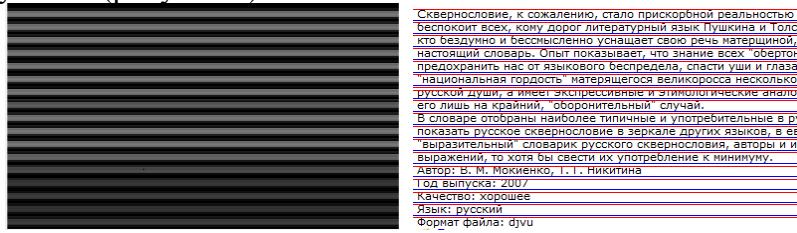
1. Поиск для каждой строки точек среднего значения их градиента (рисунок б);
2. Построение функции найденных значений среднего градиента (рисунок г). По оси абсцисс - расстояние от верхнего края рисунка до линии с точками. Построение автокорреляционной функции для нее (рисунок д);
3. Поиск максимума автокорреляционной функции. Значение аргумента, при котором найден максимум (в данном примере 13), соответствует высоте строки текста;
4. Нахождение смещения от верхнего края изображения первой линии разреза (рисунок е). Расстояние от края выбирается таким образом, чтобы сумма средних градиентов по точкам, соответствующим линиям, была минимальна (в данном примере смещение равно 5 точкам);

## 5. Разделение строк документа (рисунок в).

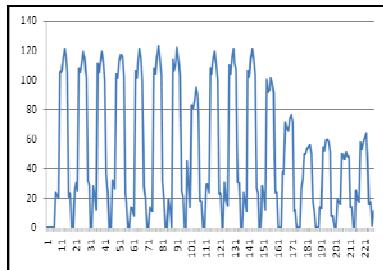
Сквернословие, сожалению, стало прискорбной реальностью : ) беспокоит всех, кому дорог литературный язык Пушкина и Толстого бездумно и бессмысленно уснащает свою речь материнской, настоящий словарь. Опыт показывает, что знание всех "обертон предохранит нас от языкового беспредела, спаси уши и глаза "национальная гордость" материща го великоросса несколько русской души, а имеет экспрессивные и этиологические аналоги его лишь на крайний, "оборонительный" случай.

В словаре отобраны наиболее типичные и употребительные в руках русское сквернословие в зеркале других языков, в евв "выразительный" словарик русского сквернословия, авторы и из выражений, то хотя бы свести их употребление к минимуму.

Автор: В. М. Мокиненко, Т. Г. Никитина  
Год выпуска: 2007  
Качество: хорошее  
Язык: русский  
Формат файла: djvu

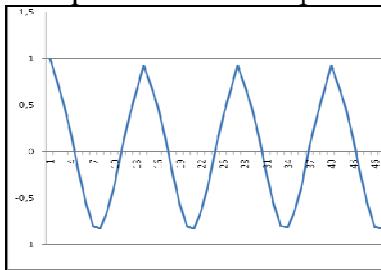


а) Исходное изображение с текстом



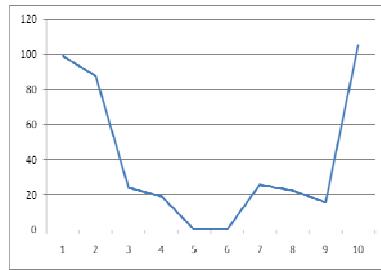
г) Функция средних значений градиентов по строкам

б) Результат поиска среднего градиента горизонтальных строк



д) Автокорреляционная функция для функции г)

в) Результат разделения строк документа



е) Поиск величины смещения первой линии разреза от верхнего края изображения

Гораздо проще решается задача разделения строки на символы. К линиям разреза строки относятся вертикальные линии, все точки которых имеют яркость, относящуюся к фону документа. Разработанный алгоритм показал хорошие результаты при обработке цифровых копий текстовых документов с различными шрифтами, а также опробован в задаче выделения символов на архивных текстовых документах. Условием его работы является одинаковый размер шрифта текста внутри анализируемого блока и расстояний между строками. Однако это не является недостатком, если учесть на этапе сегментации блоков документа разделение таких сегментов на несколько других сегментов с одинаковыми указанными параметрами.

С.С. Новиков, А.С. Новиков, Н.И. Савин

## АЛГОРИТМ НАХОЖДЕНИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ТОЧЕК ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ О ПОЛОЖЕНИИ ОПОРНЫХ КОНТУРОВ

Тула, Тульский государственный университет

Предлагается метод поиска опорных контуров, который отличается устойчивостью к изменению разрешения входного изображения. Описанный подход может быть использован с целью определения положения ключевых элементов лица, таких как глаза, нос, рот и подбородок.

Сущность алгоритма заключается в следующем:

1. Предположим, участок изображения, занимаемый человеческим лицом, уже определен.

2. Применяется одна или несколько специфичных для каждого ключевого элемента лица процедур поиска контуров и координат антропометрических точек лица.

2.1. Определение опорного контура рта и его антропометрических точек. Искомый опорный контур содержит следующие ключевые точки: С1 - левая крайняя точка рта; С2 – правая крайняя точка рта; С3 – левая верхняя точка рта и С4 – правая верхняя точка рта.

Итак, ключевой контур рта обладает следующими свойствами:

- a) Отношение его максимальной длины к максимальной высоте лежит в диапазоне  $[2.5 \div 7.5]$ ;
- b) Отношение длины участка лица к максимальной длине данного контура лица лежит в диапазоне  $[2.5 \div 4]$ ;
- c) Отношение высоты участка лица к максимальной высоте данного контура лежит в диапазоне  $[10 \div 24]$ ;

Под отношением максимальной длины контура понимается разница в пикселях между максимальной величиной и минимальной величиной координаты  $x$  для данного контура. Под максимальной высотой, аналогично, понимается разница между максимальной и минимальной значениями координаты  $y$  для данного контура. Длина участка лица есть разница между координатами  $x$  левой верхней точки и правой нижней точки прямоугольника, окаймляющего изображение лица человека. Высота – соответственно, разница между значениями координаты  $y$  данных точек.

Процесс отыскания данного ключевого контура заключается в следующем: в цикле перебираются все контуры, и проверяются вышеперечисленные соотношения. В случае, если некоторый контур удовлетворяет им, то это ключевой контур рта, причем данный контур будет единственным удовлетворяющим им, т.к. на данном участке не могут быть других контуров, по размерам, соотносимым с ним. С1: выбирается как самая левая точка контура. С2: выбирается как самая правая точка контура. С3: выбирается следующим образом. Производится проход по контуру, до тех пор, пока не будет достигнута левая точка рта. Затем производится проход по контуру в сторону уменьшения значения координаты  $y$  (т.е. вверх по изображению). Затем производится поиск точки контура, после которой будет увеличение координаты  $y$  (т.е. контур начнет опускаться на изображении). Процесс выполняется до достижения середины контура рта. С4: ее поиск аналогичен поиску левой верхней точки рта, за тем лишь отличием, что первоначально достигается правая точка рта и ищется максимально «приподнятая» точка на правой верхней половине контура.

2.2. Определение ключевого контура носа и его ключевых антропометрических точек.

В цикле перебираются все найденные контуры, и проверяются нижеприведенные соотношения:

- a) Отношение его максимальной длины к максимальной высоте лежит в диапазоне  $[1 \div 3.5]$ ;
- b) Отношение длины участка лица к максимальной длине данного контура лица лежит в диапазоне  $[3.8 \div 6.2]$ ;
- c) Отношение высоты участка лица к максимальной высоте данного контура лежит в диапазоне  $[4 \div 21]$ ;

По данному первичному контуру можно отыскать первые три антропометрические точки носа: С5 - крайняя левая точка левого крыла носа; С6 - крайняя правая точка правого крыла носа; С7 – крайняя нижняя точка носа. Для определения этих величин производится полный перебор пикселей контура, с целью отыскания точек, обладающих следующим свойством: они являются точками изменения поведения координаты  $y$  нижней части контура. Центральная точка будет соответствовать нижней точке носа; Первая точка будет крайней левой точкой носа – С5. С6: выбирается центральная точка из отсортированной последовательности из трех

точек, полученных по приведенному выше алгоритму. С7: выбирается крайняя правая точка из отсортированной последовательности из трех точек, полученных по приведенному выше алгоритму.

Однако, остальные точки: центральная - С8 и верхняя точка переносицы - С9 носа принадлежат другим контурам, вычисляемым при другом значении порога. С8: центральная ключевая точка принадлежит контуру, располагающемуся на самом кончике носа, имеющему большую интенсивность цвета и имеющему форму овала. Данный контур имеет следующие характеристики:

- Отношение его максимальной длины к максимальной высоте лежит в диапазоне  $[0.5 \div 2.5]$ ;
- Отношение длины участка лица к максимальной длине данного контура лица лежит в диапазоне  $[30 \div 55]$ ;
- Отношение высоты участка лица к максимальной высоте данного контура лежит в диапазоне  $[40 \div 60]$ ;

В случае нахождения данного контура, происходит вычисления значений координат геометрического среднего для данного контура (т.к. значение данной точки практически совпадает с центром кончика носа). Полученная точка и будет центральной точкой носа. С9: данная точка принадлежит контуру, который не имеет четко выраженной формы. Однако, данный контур будет образован контуром, обрамляющим лобную часть человеческого лица и переходящего в переносицу. Следовательно, его можно определить по занимаемым размерам, т.к. будет только один контур, имеющий подобные большие значения отношения длин и высот к размерам лица.

Данный контур имеет следующие характеристики:

- Отношение длины участка лица к максимальной длине данного контура лица лежит в диапазоне  $[1.2 \div 1.5]$ ;
- Отношение высоты участка лица к максимальной высоте данного контура лежит в диапазоне  $[3.8 \div 5]$ ;

2.3. определение ключевого контура глаз и его ключевых антропометрических точек. Данный опорный контур включает следующие антропометрические точки: левая крайняя точка глаза – С10, либо С13 (в зависимости от положения глаза – левый или правый глаз соответственно); нижняя точка нижнего века – С11 или С14 (левый или правый глаз соответственно) и крайняя правая точка глаза – С12 или С15.

Однако, существует небольшое отличие - в зависимости от уровня освещенности данный ключевой контур может быть образован контурами двух видов:

1) простой контур; 2) составной контур.

Простой контур это просто обычный контур, который характеризуется следующими параметрами:

- a) Отношение его максимальной длины к максимальной высоте лежит в диапазоне  $[1.7 \div 3.4]$ ;
- b) Отношение длины участка лица к максимальной длине данного контура лица лежит в диапазоне  $[4 \div 6.7]$ ;
- c) Отношение высоты участка лица к максимальной высоте данного контура лежит в диапазоне  $[10 \div 21]$ ;

Составной контур это объединение двух или более контуров, расположенных на некотором расстоянии друг от друга и также включающий антропометрические точки глаз. Процедура поиска данного ключевого имеет вид: первоначально происходит проход по всем контурам, с целью определения контуров, входящих в состав составного. Затем данные контуры объединяются. С10, С12, С13, С15: определяются как самые крайние левые и крайние правые точки контуров соответственно. определение

ключевого контура подбородка и его ключевых антропометрических точек. Процедура поиска данного ключевого контура заключается в последовательном переборе всех контуров данного участка до момента совпадения характеристик контура и предопределенных характеристик.

- a) Отношение его максимальной длины к максимальной высоте лежит в диапазоне [2.5÷ 4];
- b) Отношение длины участка лица к максимальной длине данного контура лица лежит в диапазоне [1 ÷ 1.5];
- c) Отношение высоты участка лица к максимальной высоте данного контура лежит в диапазоне [3÷ 7];

C16: данная точка входит в состав контура полностью описывающий овал лица (а, точнее части данного контура, входящей в содержимое участка подбородка). Ее положение соответствует положению самой нижней точке данного контура.

В результате использования данного алгоритма, можно быстро и эффективно определять положения антропометрических точек лица человека на двумерном изображении.

#### Литература

1. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Обнаружение антропометрических точек лица с помощью фильтров Габора// Сб. науч. тр. «Цифровая обработка изображений». - Минск. - Ин-т техн. киберн. НАН Беларуси. . 2001. - С.141-150.

И.Е. Первак, И.Е. Шаталов

### **ЗАДАЧА ПОСТРОЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КРАЕВ КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Тула, Тульский государственный университет

Задача обнаружения и классификации особенностей часто встречается в различных областях науки и техники, таких как обработка сигналов, распознавание и обработка изображений [1]. С этой точки зрения успешность общепринятого подхода решения указанных задач с помощью моделей во многом определяется адекватностью исходной модели обрабатываемого сигнала условиям применения метода. Таким образом, весьма актуальной является задача разработки методов конструирования функций одной и двух переменных, имеющих заданные гладкость, дифференцируемость и т.д.

В работе [1] предлагается система классификации и измерения особенностей одномерных и двумерных сигналов, результаты которой используются при построении алгоритмов фильтрации и выделения объектов (сигналов), в том числе и на фоне шумов. Математический аппарат работы [1] использует обычные функции одного и двух переменных, а для моделирования различных типов особенностей вводит кусочно-непрерывные функции различного вида. Однако, там же отмечается, что это усложняет применение предложенных методик с математической точки зрения. В частности, возникает необходимость использования обобщенных функций и т.п.

Как альтернативный подход к решению задачи построения аналитических моделей особенностей кривых и поверхностей, в [2] был предложен подход, основанный на решении обратной задачи аналитической геометрии, опирающийся на математический аппарат теории  $R$ -операций над опорными функциями модели [2]. Предлагается классифицировать модельные функции по двум критериям, введенным в

[2]: по дифференцируемости в особых точках; по нормализованности уравнения модели. Следует отметить, что указанные признаки в некотором смысле являются формализацией таких гештальт-свойств, как непрерывность и гладкость. Кроме того, они позволяют ввести новую классификацию, позволяющую расширить возможности подхода.

В задачах обработки сигналов и, особенно, изображений, часто есть возможность представить сложный сигнал или изображение сложного объекта в виде составных, в состав которых входят геометрические элементы. Для решения этой задачи Рвачев [2] предложил применение методов, основанных на так называемых предикатных описаниях составных объектов. Для «сшивки» элементов составных объектов он ввел аппарат  $R$ -операций, связанных с логическими операциями и с опреациями так называемой «непрерывной логики». Введенные в [2] определения  $R$ -операций являются конструктивными и позволяют создавать функционально полные системы операций, обладающие заданными дифференциальными свойствами.

### Литература

1. D. Lee «Coping with Discontinuities in Computer Vision: Their Detection, Classification, and Measurement» IEEE Trans. On Pattern Anal. and Machine Int., Vol. 12, No.4, April 1990.
2. В. Л. Рвачев Теория R-функций и некоторые ее приложения. - Киев:Наукова думка, 1982.

А.В. Огнев

## **УЧЁТ КРИВИЗНЫ ПАПИЛЛЯРНЫХ ЛИНИЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ ПО КЛЮЧЕВЫМ ТОЧКАМ**

Курск, Курский государственный технический университет

В настоящее время наибольшее практическое применение из всех систем биометрической идентификации личности получила дактилоскопия – распознавание отпечатков пальцев (ОП) [1]. Наибольшая достоверность распознавания ОП достигается на основе методов, инвариантных к фрагментации, поворотам и смещениям изображений ОП относительно друг друга. Большое распространение среди них получили методы, основанные на сравнении не всех точек изображения ОП, а только ключевых точек (КТ) - характерных признаков (окончаний, разветвлений, признаков модели узора и т.д.). Альтернативой известного корреляционного метода распознавания ОП [2] может быть метод распознавания ОП на основе метрики Хаусдорфа [3], главными достоинствами которого являются более высокая скорость работы и сниженные требования к ёмкости памяти для хранения базы данных (БД) ОП. Метод [3] применим для сравнения ОП, в которых можно выделить значительное (более 20) число КТ. Но в многих автоматических дактилоскопических идентификационных системах (AFIS) используют дополнительно к КТ другие признаки, например треугольники или «снежинки», характеризующие направление папиллярных линий. В AFIS фирмы AST используются векторы направления папиллярных линий от КТ [4]. Эта мера повышает достоверность идентификации личности, но требует значительного увеличения времени предварительной обработки ОП и размера БД ОП

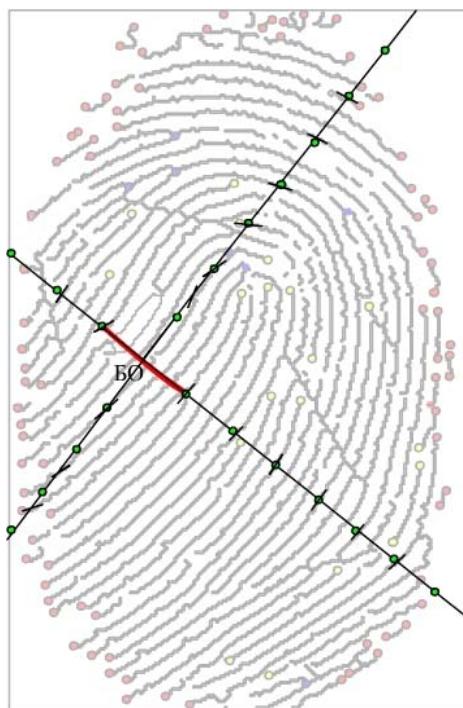


Рис. 1.

Достоверность распознавания ОП на основе метрики Хаусдорфа [3] может быть повышена путём дополнительного учета кривизны папиллярных линий (ПЛ). Метод центрирования ОП [5], положенный в основу алгоритма [3] позволяет достигать наиболее точного совмещения изображений ОП [5]. Метод центрирования основан на выделении в обоих ОП таких отрезков между двумя КТ, что при их совмещении изображения ОП совпадут наилучшим образом. Выделенные при этом достоверные базовые отрезки (БО) можно использовать для учёта кривизны ПЛ (См. рис. 1). Для этого из центра БО проводятся четыре луча, продолжающие его и перпендикулярные ему. Лучи делятся на отрезки равные половине БО. В точках, разделяющих лучи на отрезки, находится ближайшая ПЛ, пересекающая луч. На найденной ПЛ находятся точки слева и справа от луча на расстоянии половины расстояния между папиллярами. Через эти точки проводится интерполирующая прямая к лучу, отражающая степень кривизны ПЛ. Таким образом, в соответствии с названными четырьмя лучами создаются четыре векторных массива, характеризующих кривизну нескольких ПЛ. В дополнение к расстоянию между ОП, вычисленному на основе метрики Хаусдорфа, находится расстояние между названными векторами, характеризующими кривизну ПЛ. Это позволяет увеличить число признаков, описывающих изображение ОП, и соответственно повысить достоверность распознавания ОП.

#### Литература

1. Российский биометрический портал / Тексты статей // Internet - <http://www.biometrics.ru/>
2. Кухарев Г.А. Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека – СПб: Политехника, 2004
3. Огнев А.В., Типикин А.П. Алгоритм инвариантного распознавания отпечатков пальцев по ключевым точкам. // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 280, №2. С. 31–36.
4. Advanced Software Technologies official internet site / Тексты статей // Internet - <http://www.ast-software.com/AST/en/Productos/AfisAST.html>

5. Огнев А.В., Типикин А.П. Центрирование отпечатков пальцев при инвариантном распознавании на основе метрики Хаусдорфа // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Распознавание – 2008): сб. материалов VIII Междунар. конф. Ч. 2. Курск: Изд-во КурскГТУ, 2008. С. 34-35.

С.И. Коростелев

## **МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБАРЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ, ОСНОВАННЫЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ВЕКТОРНЫХ ЭТАЛОНОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ**

Курск, Курский государственный технический университет

Ускорение темпов производства, основанное на автоматизации и роботизации технологических процессов, является одним из приоритетных направлений приборостроения и промышленности в настоящее время. Оптико-электронные устройства для распознавания объектов находят все большее применение в различных областях деятельности человека, начиная от производства и заканчивая процессом обработки данных. Большинство имеющихся методов имеют узкий спектр применения, связанный с ограничениями накладываемыми при реализации, такими как время и точность распознавания.

Использование в качестве эталона трехмерного изображения, дает возможность существенно снизить объем затрачиваемой памяти, а реализация алгоритмов поворота упрощает подбор нужного ракурса эталона.

Разработан метод распознавания изображений, основанный на применении трехмерных векторных эталонов и устройство для его реализации. Входные данные для разработанного устройства распознавания – двумерные изображения объектов (массив, содержащий яркостные составляющие цвета пикселей), из которых путем предварительного анализа выделяется ряд общих признаков: отношение сторон габаритного контейнера объекта на двумерном изображении, бинарный код изображения. За счет анализа полученных данных, существенно сокращается объем выборки эталонов для распознавания. Каждый ракурс эталона имеет указанные выше параметры, сравнение которых с параметрами изображения объекта поданного на вход позволяет производить отбор соответствующих ракурсов эталонов. Таким образом, предварительная выборка и анализ определяет ограниченное множество возможных вариантов положения эталона. Этalonы хранятся в виде векторной модели. Данная форма представления объекта позволяет производить аффинные преобразования в трехмерном пространстве. Распознавание выполняется в несколько этапов: определение габаритного контейнера; кодирование проекции объекта; векторное представление контура объекта; распознавание объекта.

Достоинством разработанного устройства является существенное уменьшение количества затрачиваемой памяти упрощение процесса обучения, и вариативные требования к аппаратным ресурсам при реализации, что позволяет адаптировать разработанное устройство для решения широкого круга задач в различных автоматизированных системах таких как: системы наведения, системы контроля качества, системы навигации, системы для автоматизированной обработки данных.

А.И. Яковлев, А.Ф. Рыбочкин

## РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ ПО ИХ АКУСТИЧЕСКОМУ ШУМУ

Курск, Курский государственный технический университет

Распознаваемые состояния пчелиных семей являются образами, перед нами стоит задача распознать эти образы. В ходе проведения эксперимента получено признаковое пространство частот появления каждого распознанного образа

Таблица 1.

Частоты выпадения кодов при различных выборках и различных состояний пчелиных семей

№ п/п	$L_i$	Коды и их частоты выпадения												
		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$	
1	93	19	42	9	-	10	1	1	-	2	5	4	-	
2	73	30	-	-	17	-	-	-	-	11	-	-	15	
3	100	19	9	-	11	10		2	9	30	8	2	-	
4	93	-	18	-	-	29	-	-	46	-	-	-	-	
5	100	-	3	-	-	3	-	-	42	19	31	2	-	
6	64	-	-	-	-	-	-	-	-	53	-	11	-	
7	80	6	-	-	14	-	-	-	-	35	-	-	25	
8	69	-	-	-	-	-	-	-	-	65	-	2	2	
9	100	-	52	-	-	16	-	-	32	-	-	-	-	
10	95	1	57	1	-	30	5	-	1	-	-	-	-	
11	96	-	13	-	-	16	-	-	53	-	12	2	-	
12	100	-	-	-	-	10	-	-	70	-	17	3	-	
13	100	-	-	-	-	4	2	-	49	-	41	4	-	
14	50	5	9	5	-	7	2	-	14	-	7	1	-	
15	45	-	-	-	-	3	-	-	21	-	16	5	-	
16	82	15	19	5	-	6	-	2	27	-	5	2	-	
17	24	-	-	-	1	1	-	-	17	-	6	-	-	
18	28	-	-	-	-	-	-	-	10	2	15	1	-	
19	40	19	-	-	-	5	-	-	14	-	2	-	-	
20	81	36	-	-	-	17	-	-	25	-	3	-	-	
$\sum$		1512	150	222	20	42	167	10	5	430	217	168	39	42

В табл. 1 приведено 20 различных состояний пчелиных семей. Во втором столбце приведены суммарные частоты выпадений кодов  $L_i$  распознаваемого образа. В остальных столбцах приведены частоты выпадения кодов  $B_1, \dots, B_{12}$ . В последней строке таблице 1 показана общая суммарная частота выпавших кодов, обозначим  $S=1512$ . Суммарные частоты  $B_j$  кодов обозначим  $\sum k_j$ .

Чтобы определить апостериорную вероятность  $P(B_j/A_i)$  ( $A_i$  - распознающее  $i$  - состояние, индекс  $j$  показывает номер кода от 1 до  $N$ ), необходимо знать частоту  $k_{ji}$  выпадения  $B_j$  кода и суммарное количество кодов данного состояния  $L_i$ , т.е.

$P(B_j / A_i) = \frac{k_{ji}}{L_i}$ . Для определения вероятности состояния  $P(A_i)$  применим формулу:

$$P(A_i) = \frac{L_i}{S},$$

где  $S$  - суммарное количество кодов обучающей выборки всех состояний.

В табл. 1 состояния: 1 - пчелиная семья в рабочем состоянии, носит мед, 2 - перед выходом роя, - 22 С, 3 - зимует сильная семья, - 22 С, 4 - зимует небольшой пойманный летом рой, 5 - матка не принимается, 6 - матка принимается.

Для вычисления вероятностей выпадения  $B_j$  кодов  $P(B_j)$  применим формулу:  $P(B_j) = \frac{\sum k_j}{S}$ , где  $\sum k_j$  = суммарное количество  $B_j$  кодов обучающей выборки всех известных состояний.

Для вычисления условных вероятностей (априорных)  $P(A_i / B_j)$  применим формулу:  $P(A_i / B_j) = \frac{k_{ji}}{\sum k_j}$ , где  $k_{ji}$  - частоты выпадения  $j$ - кодов  $i$ - состояний пчелиных семей,  $\sum k_j$  - суммарное количество  $B_j$ - тых кодов известных состояний пчелиных семей.

С применением формулы Байеса  $P(B_j / A_i) = \frac{P(B_j)P(A_i / B_j)}{P(A_i)}$ , с установленными априорными вероятностями  $P(A_i)$ ,  $P(B_j)$ ,  $P(A_i / B_j)$  рассчитывается апостериорная вероятность.

Априорные вероятности  $P(A_i)$ ,  $P(B_j)$ ,  $P(A_i / B_j)$  определяются после проведения экспериментальных исследований акустических сигналов и создания априорных таблиц, которые в последующем используются для распознавания неизвестных состояний. Априорная вероятность находится по формуле:

$$P(A_i / B_j) = \frac{P(A_i)P(B_j / A_i)}{P(B_j)},$$

Таблица 2

№	Состояния	Длительность выборки n	КОДЫ Вj											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		82	0,23	0,51	0,1	-	0,12	0	-	0,01	-	0,02	0,06	0,05
			0,24	0,43	0,1	0,01	0,08	-	-	0,01	-	0,04	0,05	0,02
2		66							0,03	-	-	0,98	-	0,03
									0,03			0,76	0,09	0,12
3		98	0,01	0,58	0,01	-	0,31	0,05						
			0,01	0,61	0,04	-	0,26	0,08						
4		99					0,04	0,02	-	-	0,49	-	0,41	0,04
							0,06	-	-	-	0,56	-	0,3	0,08
5		54					0,02				0,32		0,11	
							0,06				0,67		0,24	0,04
6		49	0,39	-	-	-	0,1	-	-	-	0,29	-	0,04	
			0,51	-	-	-	0,16	-	-	-	0,24	-	0,02	

Распознавание осуществляется:

- по частоте выпадения кодов;

- путем сопоставления априори известной апостериорной вероятности  $P(B_j / A_i)$  (состояния установлены) и экспериментальной апостериорной вероятности  $P(B_j / A_i)$  неизвестного состояния и при близком соответствии отнести к данному

распознающему состоянию, но этот вариант применим при одинаковой выборке (длительности анализа) каждого состояния.

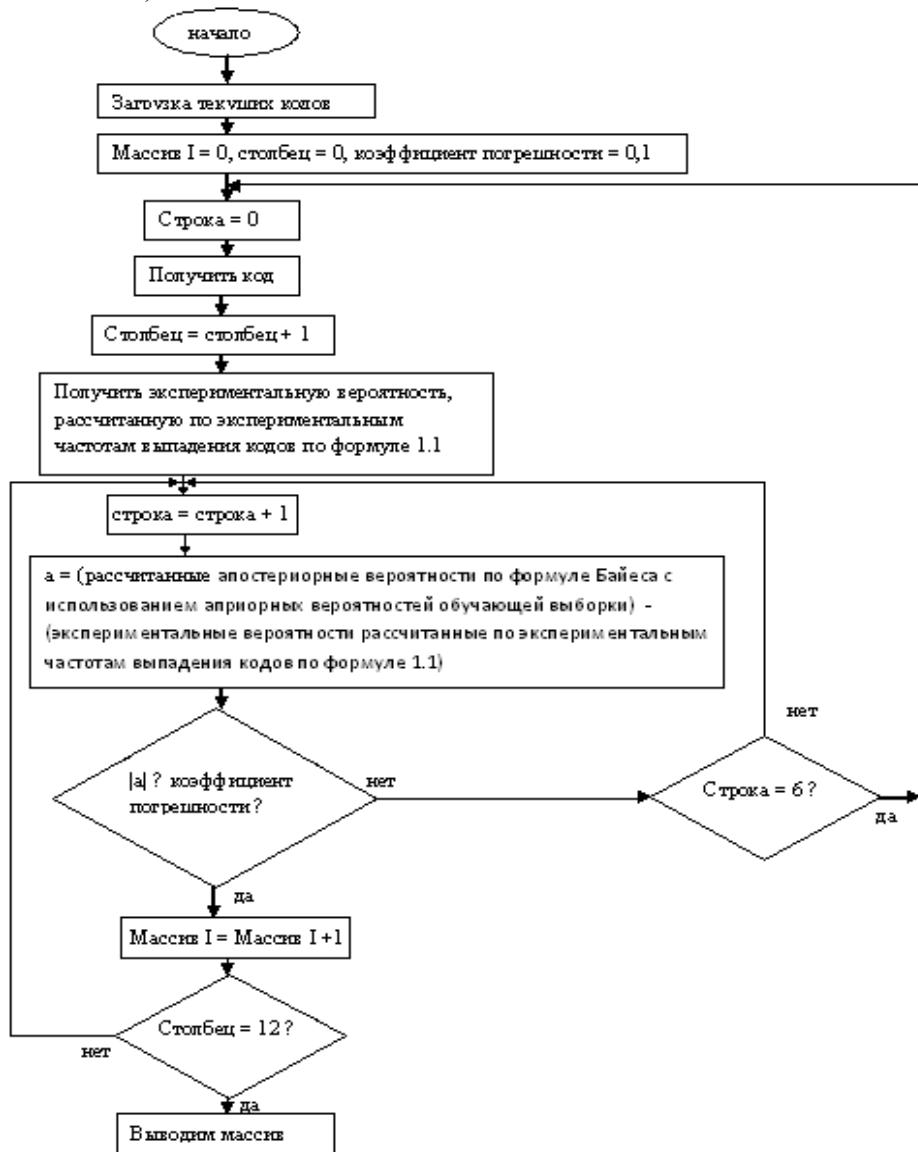


Рис. 1

Для расчета и анализа апостериорных вероятностей, полученных в ходе исследования неизвестных состояний табл. 2, был использован алгоритм, приведенный на рис. 1. Распознаны следующие состояния: 1 пчелиная семья в рабочем состоянии, носит мед, 2 перед выходом роя, - 22 С, 3 зимует сильная семья, - 22 С, 4 зимует небольшой пойманный летом рой, 5 матка не принимается, 6 матка принимается.

А.В. Анциферов, Н.Г. Баскатова

## СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ КООРДИНАТ ЗРАЧКОВ ГЛАЗ

Курск, Курский государственный технический университет

Одной из подзадач измерения саккадических движений глаза является задача определения двумерных координат зрачка на изображении. Для её решения

используется методика контурного анализа, а также подход, базирующийся на выделении ряда информативных признаков зрачка на изображении и облегчающий задачу его распознавания.

Признаком изображения называется его простейшая отличительная черта или свойство. Различают естественные и искусственные признаки. Естественные признаки устанавливаются визуальным анализом, и к ним относятся яркость, текстура, форма контура зрачка и т.д. Искусственные признаки получаются путём специальной обработки или измерения, и к ним относятся: спектры, гистограмма, скелет и т.д. Признаки также делятся на базовые и производные. Базовые признаки это те, которые получаются непосредственной обработкой исходного изображения: спектры, гистограмма, яркость и др. Производные признаки – это те, которые получаются из базовых признаков после определённого преобразования исходного изображения. Примеры производных признаков различных порядков: гистограммные признаки – среднее, дисперсия, энтропия, характеристики скелета, контура и т.д.

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

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

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

## **Секция «Методы цифровой обработки сигналов и изображений»**

Е.В. Пиуновский, А.А. Тропченко

### **ВОЗМОЖНОСТИ СЖАТИЯ ЗВУКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет  
информационных технологий, механики и оптики

*Доклад посвящен описанию современных технологий сжатия аудиоданных и рассмотрению звуковой компрессии с применением вейвлет-преобразования. Представлены результаты экспериментального подбора вида вейвлет-преобразования и его параметров, позволяющих достичь лучшего качества сжатия звука.*

В последние годы можно наблюдать взрывной рост в использовании сети Интернет и мобильных телефонов, а сближение двух этих технологий открывает широкий диапазон новых возможностей на уже процветающем рынке мультимедиа. Эти возможности побуждают к проведению исследований, которые могут и должны выявить недостатки существующих методов обработки цифровых данных и показать пути их (методов) оптимизации для удовлетворения современных нужд пользователей соответствующих технологий. В данном контексте, большой интерес представляют вопросы сжатия звуковой информации, которые, в настоящее время, являются действительно актуальными, о чем говорят большое количество практических исследований и постоянная разработка и опубликование стандартов и спецификаций в этой области [1, 2]. Но, несмотря на подобное внимание, распространенные алгоритмы сжатия аудиоданных все еще содержат ряд существенных недостатков. Очевидно, что для их устранения необходимо внедрение новых технологий в процесс компрессии звука. Одной из таких перспективных технологий являются вейвлет-преобразования (ВП), которым, к настоящему моменту, посвящено значительное количество научной литературы [3 – 6].

Текущую ситуацию в области компрессии аудиоданных можно оценить с помощью сравнения, для которого автором были выбраны следующие форматы сжатия звука с потерями качества: MPEG-1 Audio Layer 3 (MP3), Advanced Audio Coding (AAC) и Ogg Vorbis. Был проведен анализ выбранных форматов по таким параметрам, как технические характеристики, алгоритмические особенности, качество кодирования и распространенность. В итоге, в связи с тем, что популярность звукового формата MP3 растет на протяжении последних лет, несмотря на недостатки в его реализации, был сделан вывод о том, что преимущества методов, разработанных при создании новых аудиоформатов, недостаточно для существенного изменения ситуации в области сжатия звука с потерями качества. Следовательно, для этого требуются новые технологии, которые, в первую очередь, смогли бы заменить общий для рассмотренных форматов этап частотно-временной фильтрации, представленный модифицированным дискретным косинусным преобразованием (МДКП) [1].

В связи с этим, были рассмотрены основные подходы к сжатию аудиоданных на базе одной из таких технологий – вейвлет-функций. Было проведено исследование возможностей реализации с помощью ВП этапа частотно-временной сегментации: подходов на базе дискретного ВП (ДВП) [5] и на базе пакетного дискретного ВП (ПДВП) [6]. В результате, для дальнейшего рассмотрения было выбрано ПДВП, которое, в терминах теории адаптивных ортогональных преобразований, выполняется

по алгоритму одиночного дерева, самому простому, но, в то же время, позволяющему выполнять адаптацию лишь в частотной области. Более сложные виды адаптивных ВП требуют большего времени на вычисления, но обладают значительной гибкостью, позволяя осуществлять адаптацию сначала во временной, потом в частотной, или даже одновременно в обеих областях [3]. Таким видам соответствуют алгоритмы двойного дерева и частотно-временного дерева, соответственно.

Но так как, в настоящее время, основным недостатком ВП все еще остается их вычислительная сложность, для опытного сжатия аудиоданных был выбран именно алгоритм одиночного дерева (ПДВП). Экспериментальным путем в системе компьютерного моделирования (СКМ) MATLAB были определены предпочтительные параметры выбранного вида преобразования.

Для этого были отобраны три звуковых фрагмента с различным музыкальным наполнением, и в СКМ было проведено разложение соответствующих сигналов с помощью ПДВП на базе семи разных вейвлетов. Далее осуществлялось сжатие сигналов и оценка его качества по количеству сохраненной энергии (рис.1). Данный опыт позволил выделить три вейвлета, которые достигли наиболее высоких результатов: койфлет, биортогональный вейвлет, вейвлет Мейера. И хотя в некоторых случаях вейвлет Мейера несколько опережал другие функции, теоретические сведения о том, что биортогональный вейвлет, в настоящее время, считается наиболее перспективным по соотношению «сложность-качество» [4, 7], а также тот факт, что существует целое семейство биортогональных вейвлетов, позволили продолжить исследование именно на базе данного семейства.

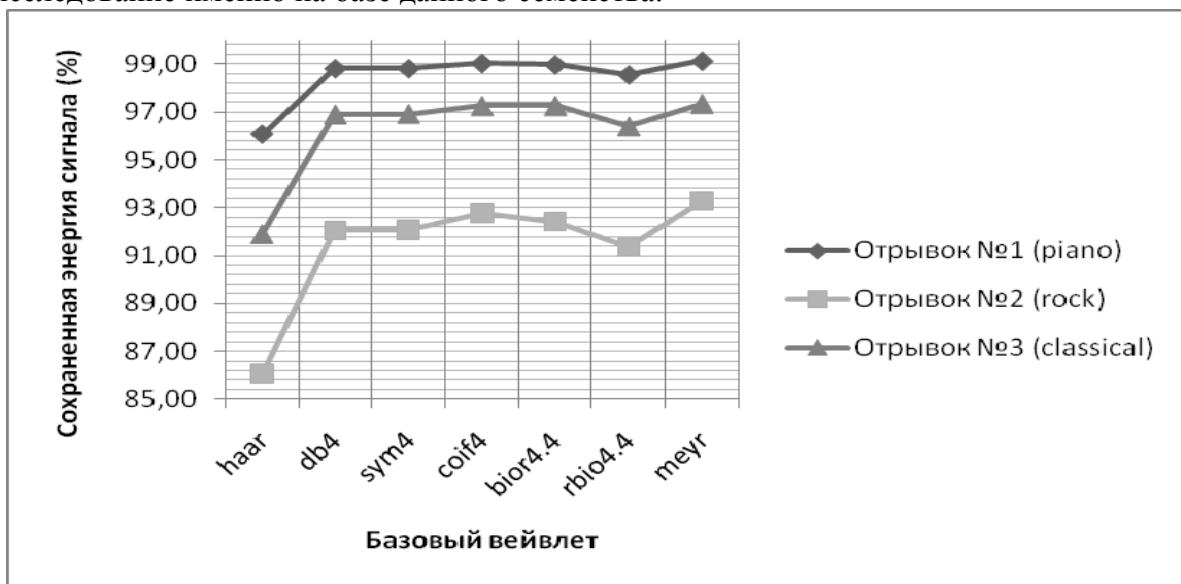


Рис.1 Качество сжатия аудиосигналов  
при использовании различных базовых вейвлетов ПДВП

На втором этапе опыта снова выполнялась описанная процедура, но, в данном случае, менялись уже порядки разложения и восстановления биортогонального вейвлета, выбранного на предыдущем шаге. В результате, почти во всех вариантах лучшим оказался биортогональный вейвлет 3-го порядка декомпозиции и 1-го порядка реконструкции. Именно эта вейвлет-функция и была признана предпочтительной для сжатия звука.

На последнем шаге эксперимента определялся требуемый уровень разложения ПДВП (или высота дерева разложения алгоритма). Так как ясно, что точность анализа всегда будет повышаться с увеличением уровня разложения, был введен дополнительный критерий «соотношение сложность-качество». Анализ результатов

показал, что повышение качества сжатия и стабилизация выбранного соотношения вне зависимости от вида звукового фрагмента достигались на 5-м уровне разложения, который и был выбран в работе.

Таким образом, в ходе работы были решены следующие задачи: подтверждена необходимость изменения сложившейся ситуации в области сжатия аудиоданных с потерями с помощью альтернативных технологий; для этого выбран этап частотной и временной фильтрации сигнала и такой вид преобразования, как ПДВП; экспериментальным путем найдены лучшие параметры выбранного преобразования для сжатия звука: биортогональный вейвлет 3-го порядка разложения и 1-го порядка восстановления в качестве базового, высота дерева декомпозиции, равная 5-ти.

Говоря же о дальнейших возможностях исследования в данной области, можно выделить следующие основные направления: во-первых, подбор функции стоимости для определения наилучшего пути по дереву преобразования (при использовании пакетов вейвлетов), во-вторых, разработка и тестирование алгоритмов быстрых ВП.

#### Литература

1. Ковалгин Ю.А, Вологдин Э.И. Цифровое кодирование звуковых сигналов. – СПб.: КОРОНА-принт, 2004. – 240 с.
2. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
3. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. – СПб.: Изд-во ВУС, 1999. – 208 с.
4. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304 с.
5. Sinha D., Tewfik A. Low Bit Rate Transparent Audio Compression Using Adapted Wavelets // IEEE Transactions ASSP, Vol. 41, No. 12, December 1993.
6. Srinivasan P., Jamieson L. High Quality Audio Compression Using an Adaptive Wavelet Packet Decomposition and Psychoacoustic Modeling // IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 46, No. 4, April 1998.
7. Misiti M. et al. Wavelet Toolbox for Use with MATLAB. – MA: The Mathworks, Inc, 2000. – 941 р.

А.Э. Москвитин, П.А. Князьков

### **ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Рязань, Рязанский государственный радиотехнический университет

Ценность любых данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) связана с возможностью определения по ним геометрических, энергетических и спектральных характеристик объектов земной поверхности. Соответственно важнейшими параметрами материалов космической съемки являются такие их количественные характеристики как точность геодезической привязки, точность совмещения спектральных каналов, пространственное и радиометрическое разрешение. Определение этих характеристик в лабораторных условиях дает лишь приближенные оценки, поскольку отсутствует возможность учета реальных условий съемки и деградации видеодатчика в процессе его эксплуатации. В докладе рассматриваются

технологии, а также разрабатываемое на основе их программное обеспечение статистической оценки измерительных свойств данных ДЗЗ.

Технология оценки точности геопривязки изображений основана на определении среднеквадратических и систематических ошибок координат одноименных объектов между анализируемыми и эталонными изображениями. В качестве эталонных изображений используются электронные или топографические карты на заданный регион съемки. В качестве одноименных элементов карт и снимков используются стабильные во времени объекты, которые не подвержены сезонно-временным или техногенными изменениям (обмеление рек, затопление территорий и др.).

Технология оценки качества совмещения спектральных каналов изображений заключается в определении среднеквадратических и систематических ошибок координат одноименных объектов между анализируемым и базовым спектральным каналом на основе корреляционного подхода. За базовый канал принимается один из каналов мультиспектрального снимка. В качестве объектов выбираются равномерно расположенные по полю изображения контурные точки, надежно отождествляемые корреляционными методами.

Технология оценки пространственного разрешения основана на анализе контрастных границ однородных по яркости объектов изображений и предполагает последовательное выполнение трех этапов: получение по контрастным границам объектов так называемой функции края (ФК); определение по ФК функции рассеивания точки (ФРТ) и нахождение по ней искомой частотно-контрастной характеристики.

Технология оценки радиометрического разрешения (отношения сигнал/шум) основана на описании шума изображения аддитивной и независимой моделью, вычислении отсчетов автокорреляционной функции (АКФ) на однородных по яркости участках изображения, экстраполяции значения модельной АКФ при нулевом шаге по отсчетам функции для шагов дискретизации 1,2. Разность при нулевом шаге между реальным и экстраполированным значениями является дисперсией шума изображения.

Разрабатываемое программное обеспечение включает в себя инструментарий оценки точности геопривязки и совмещения спектральных каналов изображения, пространственного и радиометрического разрешения снимков. Результаты оценивания качества видеинформации отображаются в виде таблиц, которые можно распечатать на принтере, сохранить в формате HTML-файла, занести в базу данных.

А.А. Ильин

## **МЕТОДИКА ВЫБОРА СХЕМ АЛГОРИТМОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ БЫСТРЫХ АЛГОРИТМОВ ДИСКРЕТНОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ СВЕРТКИ И ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ**

Тула, Тульский институт управления и бизнеса

*Предлагается методика задачи выбора способа и схем алгоритмов реализации цифровых согласованных фильтров, позволяющая автоматически выбирать максимальную длину импульсной характеристики цифрового согласованного фильтров и схему алгоритма его реализации с учетом ограничения на время реализации (сложности алгоритма). Это позволяет снизить отношение сигнал/шум и значения ошибок первого и второго рода в задачах обнаружения и классификации.*

Цифровые согласованные фильтры (ЦСФ) математически описываются в виде дискретных сверток двух последовательностей – входного сигнала и импульсной

характеристики (представляющей образ обнаруживаемого объекта, трансформируемого трассой). Если входной сигнал содержит образ обнаруживаемого объекта, выход ЦСФ отличен от нуля  $|y_t| > \Delta$  ( $y_t$  –  $t$ -й отсчет дискретной свертки;  $\Delta > 0$  – заданное пороговое значение). При этом важное значение приобретают вопросы, связанные с секционированием свертки, которые не рассмотрены в этой работе.

Алгоритм вычисления дискретной свертки отличается высокой сложностью (количество операций сложений и умножений  $\sim N^2$ , где  $N$  – длина обрабатываемых блоков данных). В связи с этим практическое использование процедуры дискретной свертки в цифровой обработке сигналов стало возможным лишь после 1965 года, когда Кули и Тьюки опубликовали свой алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ), позволяющий вычислять дискретные циклические свертки на основе теоремы о свертке в масштабе реального времени для широкого класса практических задач. Сложность алгоритма БПФ Кули – Тьюки в комплексных операциях умножения и сложения оценивается как  $\sim N \cdot \log_2 N$ . В 1975 году Виноград на основе теоретико-числовых представлений и полиномиальной алгебры предложил алгоритмы дискретного преобразования Фурье (ДПФ) дискретной циклической свертки (ДЦС), отличающиеся минимально возможным количеством операций умножений [1], а значит и временем реализации этих алгоритмов.

В задачах обнаружения и классификации на основе ЦСФ возникает вопрос выбора максимально возможной длины импульсной характеристики ЦСФ, позволяющей реализовать этот фильтр в заданный интервал времени –  $\Delta t$  (в масштабе реального времени). Прелагаемый подход предполагает, что форма импульсной характеристики ЦСФ известна и известны методы ее представления заданным количеством отсчетов.

Эффективные быстрые алгоритмы ДПФ и ДЦС для блоков данных большой возможны тогда, когда длина блока данных представима произведением ряда

$$N = \prod_{i=0}^{m-1} r_i \quad (r_i \text{ – элемент вектора (массива) } R).$$

Под *схемой алгоритма* будем понимать длину блока обрабатываемых данных  $N$ , количество вложений (или этапов) алгоритма  $m$  и элементы вектора  $R$ , включая их порядок. Порядок элементов вектора  $R$  влияет на количество операций умножений и сложений быстрых алгоритмов ДПФ и ДЦС.

Известные пакеты прикладных программ, на основе которых возможна реализация быстрых алгоритмов ДЦС и ДПФ, обладают следующими недостатками:

- их затруднительно использовать в приложениях пользователя;
- в большей степени реализованы алгоритмы БПФ Кули – Тьюки по основанию 2 и 4;
- нет пакетов прикладных программ, решающих задачу эффективного выбора схемы алгоритма цифровой согласованной фильтрации.

Задачи цифровой согласованной фильтрации сводятся к реализации быстрых алгоритмов ДЦС. В настоящее время для блоков данных большой длины наиболее часто используются два подхода для реализации быстрых алгоритмов ДЦС:

- 1) на основе теоремы о свертке
  - 1.1) С использованием алгоритмов БПФ Кули – Тьюки;
  - 1.2) с использованием гнездовых алгоритмов ДПФ);
- 2) На основе быстрых гнездовых алгоритмов дискретной циклической свертки.

Методики реализации обобщенных алгоритмов быстрого преобразования Фурье Кули – Тьюки по смешанным основаниям, гнездового алгоритма ДПФ Винограда и гнездового алгоритма ДЦС Агарвала – Кули представлены в работах [2 – 5].

Введем обозначения:

$N_A^{(k)}$  – количество операций сложения при реализации конкретного быстрого алгоритма ДЦС;  $N_M^{(k)}$  – количество операций умножения при реализации конкретного быстрого алгоритма ДЦС.

В работах [2 – 5] кроме обобщенного алгоритма Кули Тьюки по смешанным основаниям, обобщенного гнездового алгоритма ДПФ и ДЦС представлены выражения для оценки количества операций сложения и умножения этих алгоритмов следующего вида:

$$\begin{aligned} N_A^{(k)} &= f_A^{(k)}(R, m), \\ N_M^{(k)} &= f_M^{(k)}(R, m), \end{aligned}$$

где  $m$  – количество вложений для гнездовых алгоритмов (или этапов для алгоритмов БПФ Кули – Тьюки);  $R$  – вектор (массив), элементами которого являются значения вложений для гнездовых алгоритмов (или этапов для алгоритмов БПФ Кули – Тьюки);  $k$  – вид реализации дискретной циклической сверки ( $k = 0$  – гнездовой алгоритм дискретной циклической свертки,  $k = 1$  – реализация на основе теоремы о свертке и гнездового алгоритма ДПФ,  $k = 2$  – реализация на основе теоремы о свертке и алгоритма БПФ Кули – Тьюки по смешанным основаниям);  $f_A^{(k)}$  – функция зависимости количества операций сложения от размера блока обрабатываемых данных и схемы алгоритма обработки;  $f_M^{(k)}$  – функция зависимости количества операций умножения от размера блока обрабатываемых данных и схемы алгоритма обработки.

Методика синтеза математической модели зависимости времени реализации ДЦС ( $T$ ) от вида реализации ДЦС и схем алгоритмов в виде полиномов заданного порядка выполнена на основе работы [6].

$$T = \varphi(N_A^{(k)}, N_M^{(k)}) = \varphi[f_A^{(k)}(R, m), f_M^{(k)}(R, m)].$$

На основе математической модели зависимости времени реализации алгоритмов ДПФ и ДЦС от их схем автоматически выбирается схема алгоритма из следующей задачи математического программирования

$$(k, R, m) = \max_{\substack{m=1 \\ N=\prod_{i=0}^m r_i}} \varphi[f_A^{(k)}(R, m), f_M^{(k)}(R, m)]$$

при ограничении

$\varphi[f_A^{(k)}(R, m), f_M^{(k)}(R, m)] \leq \Delta\tau$ , где  $\Delta\tau > 0$  – значение ограничения сверху на время выполнения операции фильтрации.

Разработанная методика задачи выбора способа и схем алгоритмов реализации ДЦС позволяет автоматически выбирать максимальную длину импульсной характеристики ЦСФ, что позволяет снизить отношение сигнал/шум и значения ошибок первого и второго рода в задачах обнаружения и классификации.

### Литература

1. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. – М.: Мир, 1989. – 448 с.
2. Ильин А.А. Обобщенный гнездовой алгоритм БПФ и его реализация // Алгоритмы и структуры систем обработки информации. Сб. научн. тр. – Тула: ТулПИ, 1994. С. 128 – 136.
3. Ильин А.А. Компьютерная технология реализации быстрой дискретной свертки для блоков данных большой длины // Тез. докл. Межд. научн.-техн. конф. "Новые информационные технологии и системы". – Пенза, 1994. С. 89 – 90.

4. Ильин А.А. и др. Пакет прикладных программ для обработки изображений на основе гнездовых алгоритмов БПФ и циклической свертки // Оборонная техника. – № 7 – 8. 1994. С. 115 – 116.
5. Ильин А.А., Игнатьев В.М. Информационные технологии быстрого преобразования Фурье и их реализация на мультипроцессорных системах // Автоматизация и современные технологии. – № 8. 1995. С. 12 – 16.
6. Ильин А.А. и др. Математические методы и модели анализа динамических процессов в экономике: Монография. – Тула: ТулГУ, 2002. – 139 с.

Е.В. Ершов, А.Н. Сухарев

## **МЕТОД КОНТРОЛЯ ФОРМЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ**

Череповец, Череповецкий государственный университет

Применение методов и средств обработки информации для автоматизации контроля формы позволяет значительно повысить эффективность производства. В настоящее время методы визуальной проверки с применением обработки информации разрабатываются для нужд машиностроительной промышленности, деревообрабатывающей промышленности, текстильной промышленности, в производстве стали, а также контроля качества бумаги.

Производством оборудования машинного зрения для нужд индустрии занимаются такие фирмы как «Interstaatliche Hochschule fur Technik» (Бухс, Германия), «Матрикс Вижн» (представлена в Германии, Италии, Франции), «Surface Inspection» (представлена в США и девяти странах Европы и Америки).

Целью данной работы является исследование существующих и разработка нового, более эффективного метода распознавания изображения в промышленных системах технического зрения в целях усовершенствования программно-аппаратных средств контроля формы металлических изделий в промышленности.

Конструирование формы металлической поверхности начинается с анализа изображения колец, полученных на контролируемых участках от проекции меток проектора. На изображение накладывается полярная система координат, и каждое кольцо разбивается на 256 точек, положение каждой из которых определяется ее меридианом и расстоянием от центра.

Цель метода обработки изображения состоит в том, чтобы, оценив местоположение каждой точки в двухмерном изображении, определить ее расположение в трехмерной системе координат. Наиболее эффективным методом является метод Klien, в котором полученные точки соединяются гладкой непрерывной кривой, что более приближено к плавным неровностям металлической поверхности. Именно поэтому он и был взят за основу разрабатываемого метода. Вычисления базируются на угловой высоте каждой точки отражения, и двух положениях, приведенных ниже:

- Поверхность смоделирована кубической полиномальной кривой;
- Выбранная точка поверхности расположена в пересечении отраженного луча и расчетной полиномальной кривой.

Приведенный ниже чертеж (рис.1) объясняет все этапы этого метода:

1. точка вершины неровности рассчитывается с помощью двух прямых, пересеченных внутри центрального круга;

2. берется начальная отраженная точка первого кольца, расположенная прямо над вершиной роговицы (точка  $a$ );
3. сравнивают угол падения с углом отражения в этой точке. Если угол падения получается больше, проекцию точки немного отодвигают по направлению отраженного луча (точка  $b$ );
4. рассчитывают полиномиальную кривую, соединяющую точку  $a$  с вершиной роговицы;
5. повторяют шаги 3 и 4 до тех пор, пока угол падения и угол отражения не будут равны в пределах заранее определенной погрешности;
6. используя координаты полученной точки, рассчитываются координаты последующих точек;
7. шаги 2-6 повторяются для каждого меридиана.

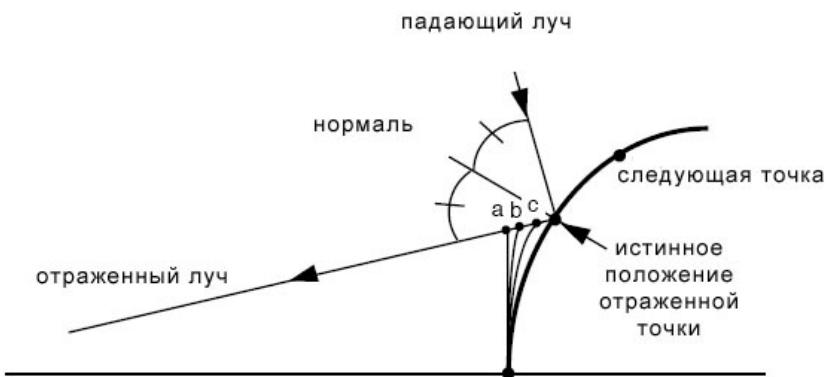


Рис.1. Оптическая схема обработки изображения металлической поверхности

**Результаты.** Известные методы анализа изображений поверхности металлических изделий не позволяли в отдельности эффективно осуществлять контроль формы изделий.

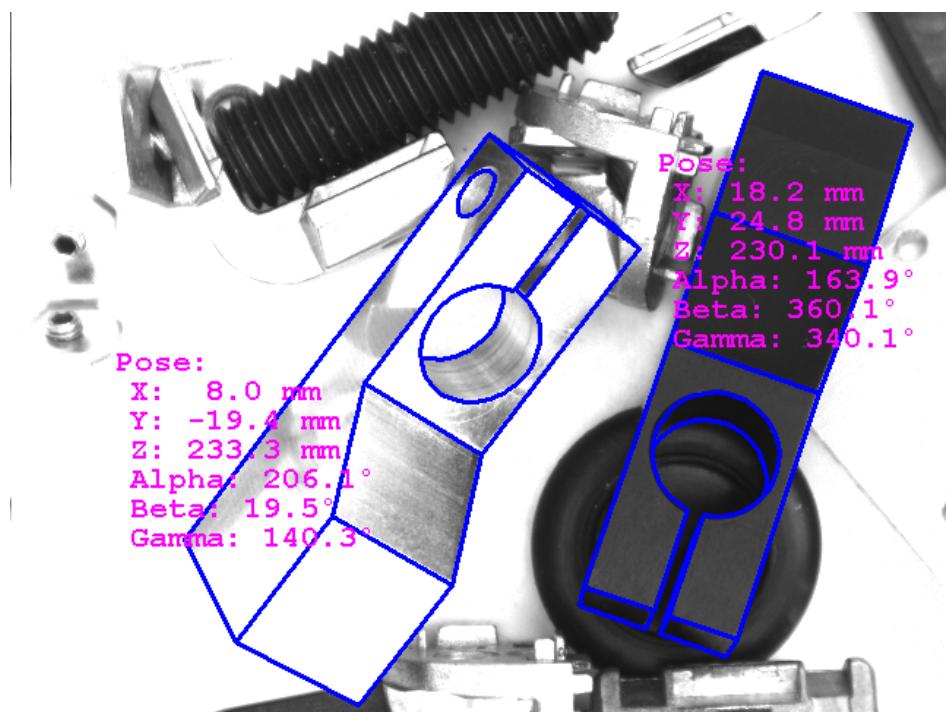


Рис.2. Результат нахождения формы деталей

В результате выбора оптимальных методов анализа изображений на подготовительном этапе и разработки собственного метода анализа неровностей металлических поверхностей мы получили оптимальный программно-аппаратное средство контроля формы (см. рис.2) и качества поверхности металлических изделий в промышленности (рис.3).

Для оценки разброса анализа неровностей поверхности пользователем была сделана генеральная выборка 50 результатов в доверительном интервале  $\pm 1$ . Дисперсия выборки равна 0,189, а среднеквадратичное отклонение 0,435. Благодаря первоначальной обработки изображений металлических поверхностей и применения разработанного метода анализа неровностей, дисперсия полученной генеральной выборки 50 результатов в том же доверительном интервале составила 0,076, а среднеквадратичное отклонение 0,276.

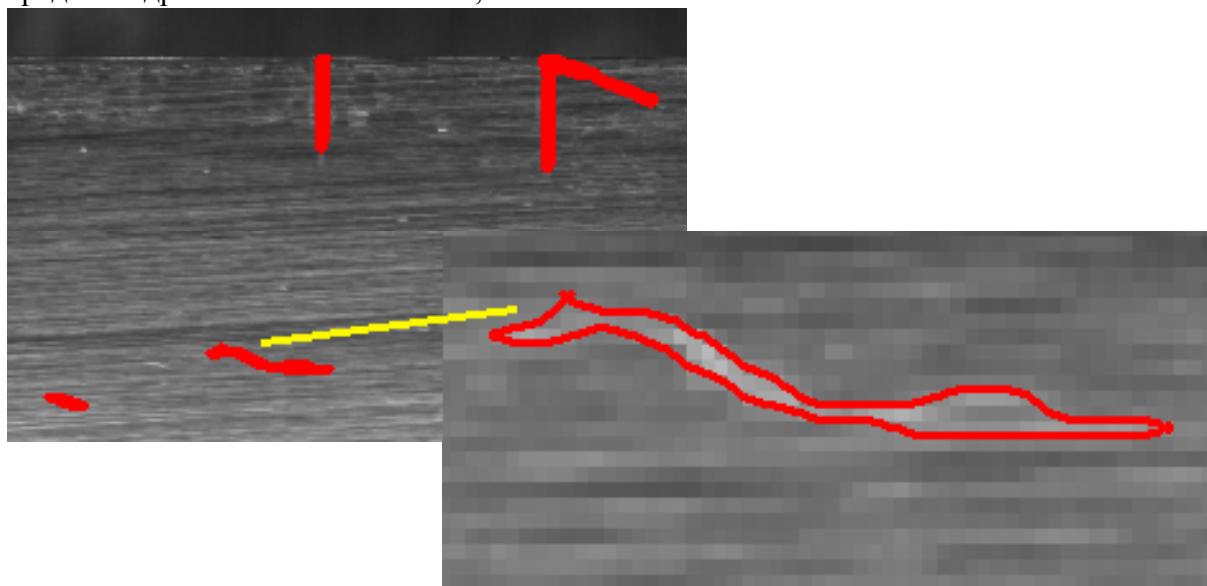


Рис.3. Результат проверки качества поверхности металлических деталей

**Выводы.** Положительные результаты автоматического определения формы металлической поверхности и достоверного анализа неровностей поверхности дают возможность изготовления доступного по стоимости программно-аппаратного комплекса контроля формы металлических изделий в промышленности.

Е.В. Ершов, Л.Н. Виноградова

## МЕТОД СЖАТИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА С ПОМОЩЬЮ ФРАКТАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ

Череповец, Череповецкий государственный университет

С точки зрения качества и помехоустойчивости наиболее эффективной считается цифровая передача информации. Однако для пересылки и хранения больших объемов информации необходима большая пропускная способность каналов связи и огромные ресурсы памяти.

Существуют разнообразные методы сжатия информации, которые не дают желаемых результатов, так как данные предыдущих технологических циклов представляют собой распределение близкое к хаотичному. В этом случае построение

достаточно адекватной математической модели невозможно. Однако, такие данные могут быть сжаты с использованием фрактальных распределений. Фрактальный метод сжатия можно рассматривать как модификацию векторного квантования, при которой в качестве элементов кодовой книги используют блоки, вырезанные всевозможными способами из самого исходного изображения [1]. Фрактальная архивация основана на том, что изображение представляется в более компактной форме с помощью коэффициентов системы итерируемых функций, которые являются набором трехмерных аффинных преобразований. Преобразованию подвергаются точки в трехмерном пространстве ( $x_{\text{координата}}$ ,  $y_{\text{координата}}$ , яркость). Каждое преобразование кодируется считанными байтами, в то время как изображение, построенное с их помощью, может занимать несколько мегабайт.

Специфика процесса спекания шихты на агломерационной машине требует хранения больших объёмов экспериментальных данных с множеством влияющих на процесс параметров (порядка нескольких десятков). При этом важным является прогнозирование содержания доли оптимального класса крупности  $\delta$  ( $5 \div 40$  мм) по окончании процесса агломерации с целью снижения расхода кокса и увеличения производительности доменных печей.

В результате эксперимента были получены и обработаны данные по 32400 кадрам с изображениями излома аглоспека в разгрузочной части агломерационной машины и по 50400 кадрам с изображениями поверхности спекаемого слоя за зажигательным горном. В ходе эксперимента контролировалось 24 параметра процесса спекания, 17 параметров макроструктуры аглоспека и 3 параметра гранулометрического состава агломерата.

По степени значимости на содержание доли оптимального класса крупности кусков агломерата выделены первые пять параметров: ряд  $R_1$  - средний диаметр гранул  $d_{\text{ср}}$ , ряд  $R_2$  - ширина автокорреляционной функции  $H_{\text{ср}}$ , ряд  $R_3$  - скорость движения паллет  $V_p$ , ряд  $R_4$  - коэффициент высокотемпературной зоны излома  $K_{\text{изл}}^{\text{втз}}$ , ряд  $R_5$  - коэффициент высокотемпературной зоны поверхности  $K_{\text{пов}}^{\text{втз}}$ . За ключевой ряд  $R_k$  принимаются данные о содержании оптимального класса крупности  $\delta$ . Это обусловлено тем, что точность определения выходного параметра всегда ниже точности входных параметров.

На первом шаге аппроксимации проводится децимация по уровням, определённым допустимым интервалом изменения величины значений ряда  $R_k$ . Затем ряд  $R_1$  разбивается на участки в соответствии с результатами децимации. Далее на каждом участке, полученном в результате разбиения ряда  $R_1$ , данные преобразуются в вариационный ряд  $r_1$ . Ряды  $R_2, \dots, R_n$  ставятся в простое соответствие ряду  $r_1$ .

После обнаружения некоторого отрезка ключевого ряда  $R_k$  с одинаковыми значениями членов ряда ( $r_k$ ) анализируется соответствующий отрезок вариационного ряда  $r_1$ . Из остальных рядов выбираются значения, в достаточной мере удовлетворяющие текущим условиям процесса производства агломерата.

Для вариационных рядов, где необходим точный подбор аппроксимирующей кривой целесообразно применение распределения на основе множества Мандельброта. Зависимость, описывающая одно из таких распределений, имеет вид:

$$Y_j = Y_{j-1} + |Y_{j-1} - \chi^* \sum_{i=1}^N y_{ij}|.$$

где  $\chi$  - некоторый коэффициент  $0 < \chi \leq 1$ .

Использование ограниченного набора фрактальных отображений может дать множество вариантов распределений. Имея одно отображение в формате  $600 \times 600$

пикселов с палитрой в 1 бит возможно до 599 вариаций распределений. Отбрасывая неполноценные варианты (до 10 значений), вариаций становится 589.

Для получения распределений можно применять не только фрактальные образы, но и любые другие, обладающие изломистой структурой, но преимуществом фракталов является то, что они генерируются простой зависимостью, и изменяя их численные характеристики можно получить множество вариаций.

Следует заметить, что вариационные распределения, получаемые на основе простых генераторов случайных чисел, не дадут такой возможности аппроксимации реальных данных как фрактальные из-за того, что распределение этих чисел тяготеет к нормальному, и, в результате построения распределения по приращениям, график будет близок к прямой. Только фрактальные отображения для получения аппроксимирующих кривых дают множество степеней свободы при их подборе.

Для вариационных рядов, где необходим точный подбор аппроксимирующей кривой целесообразно применение распределения на основе множества Мандельброта [2]. Известные методы аппроксимации полиномом  $n$ -ой степени не позволяют точно восстановить картину исходного ряда.

Для того чтобы значения элементов аппроксимирующего отрезка распределения соответствовали размерностям натурного ряда данных должно быть произведено масштабирование.

Наиболее простой способ масштабирования - сопоставление первого и последнего значений отрезка распределения и ряда данных.

Аппроксимация рядов экспериментальных данных с помеховой составляющей может быть проведена границами фракталов Мандельброта и Жюлиа [2]. При аппроксимации данных фракталом Мандельброта ряд разбивается на 5 частей. В каждой части кривая задаётся прямоугольной областью фрактала и отрезком, на котором данные составляют прямую, приблизительно параллельную оси абсцисс. Отсюда каждое разбиение может быть описано 5-ю числами. Весь ряд может быть описан 26 числами, где 26-е число характеризует масштаб.

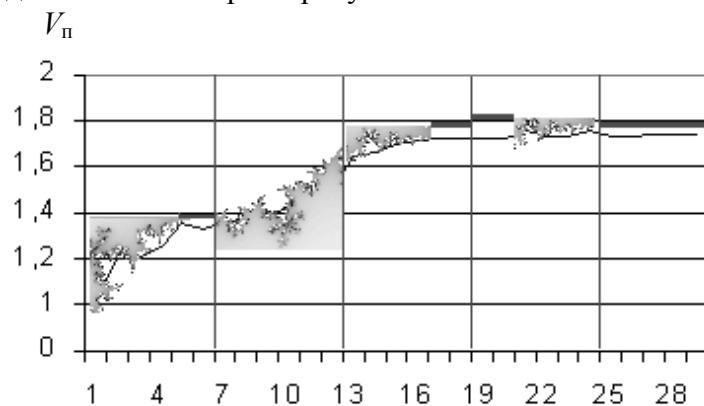


Рис.1. Ряд данных, аппроксимированный фракталом Мандельброта (по оси абсцисс отложены номера рабочих отсчетов, а по оси ординат – скорость движения паллет)

Каждый единичный отрезок может быть представлен большим количеством промежуточных данных. Аппроксимируя такую кривую фракталами, получим довольно большой коэффициент сжатия, к тому же бесконечная извилистость фрактальной кривой даст возможность очень точно задать не только местоположения отдельных точек, но и изменение их дисперсии вокруг линии тренда.

Аппроксимация полиномом второй степени (на примере  $y=0.0007x^2 - 0.0021x + 0.1824$ ) даёт значение дисперсии 0,003 вокруг исходного ряда. Фрактальная же

аппроксимация, проведённая распределением, полученным на основе фрактала Мандельброта, даёт значение дисперсии 0,0009. Очевидно, что фрактальная кривая наиболее точно повторяет исходный ряд, а аппроксимация полиномом сильно искажает характер распределения экспериментальных данных, делая выборку неадекватной.

Опробованный алгоритм аппроксимации экспериментальных данных фрактальными распределениями, применительно к оптико-электронным системам, способен также значительно сократить затраты ресурсов памяти на их хранение, что в свою очередь может повлиять на материальные затраты, связанные с покупкой дополнительных накопителей информации. В случае строго лимитированного объёма накопителей этот алгоритм позволит заложить в систему большее количество данных, а, следовательно, улучшить качество прогнозирования.

#### Литература

1. Anson L.F. Fractal Image Compression //BYTE. –1993. – V. 18, № 11.
2. Ершов, Е.В. Аппроксимация рядов экспериментальных данных фракталом Мандельброта / Хисамутдинов С.Н., Ершов Е.В. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2002. - № 11. – С. 63-64.

А.М. Аль-Хади, И.В. Зотов, М.М. Аль-Ашвал, С.В. Волобуев

## **ОБ ОГРАНИЧЕНИИ ОБЛАСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КООРДИНИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ БАРЬЕРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ В МАТРИЧНЫХ СИСТЕМАХ**

Курск, Курский государственный технический университет

Рассматривается задача и способ формирования минимального прямоугольника, накрывающего множество взаимодействующих процессов и ограничивающего область распространения координирующих сигналов при осуществлении барьерной синхронизации в матричных многопроцессорных системах с использованием распределённой координирующей среды.

Барьерная синхронизация – одна из распространённых форм координационного межпроцессорного взаимодействия в многопроцессорных вычислительных системах (МВС), существенно препятствующая повышению скорости вычислений. Для ускорения барьерной синхронизации разработан ряд аппаратных методов, применимых к системам различной топологии. В частности, в работах [1-3] применительно к матричным МВС развивается идея синхронизации на основе быстродействующей распределённой координирующей среды, способной к быстрой параллельной рассылке двоичных признаков завершения барьера между модулями системы.

В [1-3] распространение двоичных признаков предполагается через все модули МВС, а не только через участвующие в синхронизации процессоры, что увеличивает время межмодульного взаимодействия. Для частичного исключения не участвующих в синхронизации процессоров и уменьшения её продолжительности предлагается производить передачу признака завершения барьера внутри минимального накрывающего участвующие в синхронизации процессоры (минимальный накрывающий прямоугольник). При этом процесс синхронизации будет состоять из двух этапов. На первом этапе будет производиться определение участвующих в синхронизации процессоров и формирование ограничивающего их прямоугольника, а на втором этапе – распространение признака завершения барьера внутри прямоугольника.

Процесс формирования минимального прямоугольника начинается с выдачи единичного сигнала всеми участвующими в синхронизации процессорами соседним модулям, расположенным ниже и левее. Модули, получившие единичный сигнал сверху, фиксируют его значение в памяти и передают модулям, расположенным ниже. Аналогично происходит прохождение сигнала справа. Если сигнал достиг крайнего процессора и распространение сигнала дальше невозможно, то единичный сигнал передается обратно до модуля, его выдавшего. Затем подобным образом происходит выдача единичного сигнала модулям, расположенным выше и правее. Соответственно, если в модуле зафиксировано четыре факта прохождения сигнала через него, значит этот модуль находится внутри минимального прямоугольника. На рисунке 1 темным цветом показаны процессоры, участвующие в синхронизации, процессоры, находящиеся внутри минимального прямоугольника зачеркнуты.

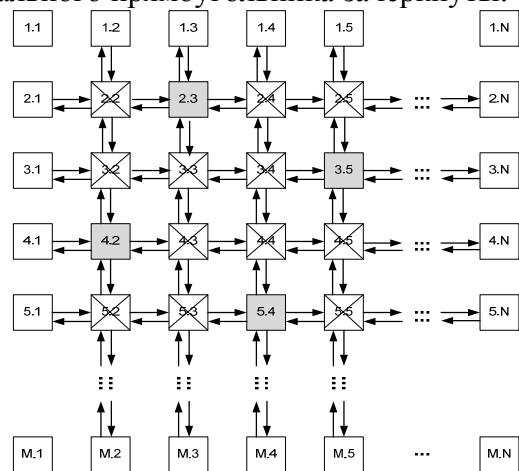


Рис. 1.

В [1-3] процесс синхронизации инициируется модулем, расположенным в одном из углов матрицы. Для определения угловых процессоров, а также границ минимального прямоугольника, участниками синхронизации производится выдача единичного сигнала всем соседним модулям. Модули, расположенные внутри минимального прямоугольника, разрешают прохождение единичного сигнала в одном направлении и блокируют в противоположном. Таким образом, сигнал, достигнув крайних модулей матрицы и распространяясь обратно, будет задержан модулями, расположенными на границах минимального прямоугольника. Процессор, заблокировавший единичный сигнал с двух направлений, будет являться угловым.

Один из угловых модулей (например, модуль 2.2 на рис. 1), получив и блокировав сигналы, пришедшие сверху и слева, после некоторой задержки, обусловленной ожиданием завершения определения границ минимального прямоугольника, начинает процесс синхронизации согласно [1-3]. Однако при этом признак завершения барьера распространяется внутри сформированного прямоугольника.

Применение предложенного подхода для синхронизации итеративных вычислений позволит снизить общее время барьерной синхронизации, поскольку задержка прохождения признака завершения барьера будет уменьшена за счет исключения не участвующих в синхронизации процессоров.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-685.2009.8*

#### Литература

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

2. Пат. №2249849 Рос. Федерации, МКИ<sup>7</sup> G 06 F 15/163. Модуль для обмена сообщениями / Иванов А.А., Анпилогов Е.Г., Зотов И.В. [и др.] №2003129963/09; заявл. 08.10.03; опубл. 10.04.05, Бюл. №10. 19 с.

3. Волобуев С.В., Зотов И.В. Организация параллельно-конвейерной барьерной синхронизации в матричных многопроцессорных системах на основе распределенной координирующей среды. // Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО'08). М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2008. С. 616-642.

М.Б. Щудиков

## БЕСКИНЕМАТИЧЕСКАЯ КАМЕРА

Тула, Тульский государственный университет

Одним из способов повышения быстродействия системы панорамирования является обеспечение статического положения объектива и возможности управления пространственным положением виртуальной линии визирования, привязанной к центру экрана монитора оператора. Это возможно сделать, если использовать в сверхширокоугольный объектив («рыбий глаз») и ТВ-камеру с высоким разрешением.

Панорамный объектив позволяет проводить обзор полусфера окружающего пространства, одновременно обеспечивая высокую глубину резкости получаемого изображения. Отличительной особенностью панорамного объектива является изображение, формируемое на мониторе в виде круга, вписанного в черный прямоугольник. Панорамная камера, построенная на его базе, не имеет подвижных механических узлов и способна мгновенно переключаться произвольное направление наблюдения. Изображение, формируемое объективом «рыбий глаз», с помощью соответствующих преобразований можно привести к стандартному телевизионному.

### 1. Приведение изображение с объектива «рыбий глаз» к телевизионному

Рассмотрим фотоэлектронный преобразователь с системой координат  $\xi$  (направлена вдоль одной из сторон матрицы),  $\omega$  (направлена вдоль другой стороны матрицы)  $\psi$  (направлена перпендикулярно плоскости матрицы) и совпадает с главной оптической осью объектива (рисунок 1).

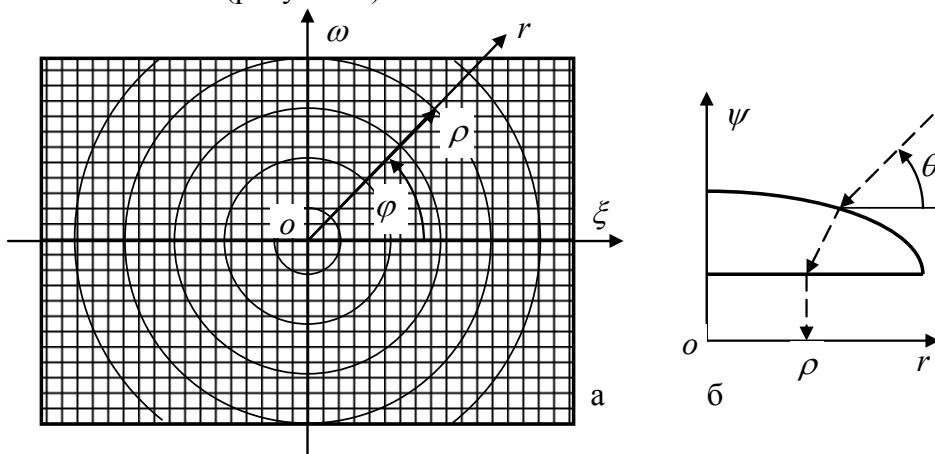


Рис. 1. Проекции углов визирования на МФП:  
а - вид сверху; б - сечение вдоль радиуса  $r$

Произвольная точка с координатами  $\xi, \omega$  образует с осью  $o\xi$  угол  $\varphi$  (рисунок 1, а)

$$\varphi = \arctg \frac{\omega}{\xi}.$$

Точка, удаленная от центра матрицы на расстояние  $\rho$ , представляет собой проекцию линии визирования, образующей угол  $\theta$  с осью  $or$ , в плоскости  $r\psi$ . Между углами  $\theta$  и радиусами  $\rho$  устанавливается функциональная связь  $\rho = \rho(\theta)$  или  $\theta = \theta(\rho)$ .

При съемке точки обычной ТВ-камерой (рисунок 2), центр которой смещен по оси  $\psi$  на величину  $\alpha$ , и отстоящей на расстоянии  $\beta$  от наблюдаемого объекта ( $\theta'$  - проекция угла  $\theta$  на плоскость  $\omega'z$ )

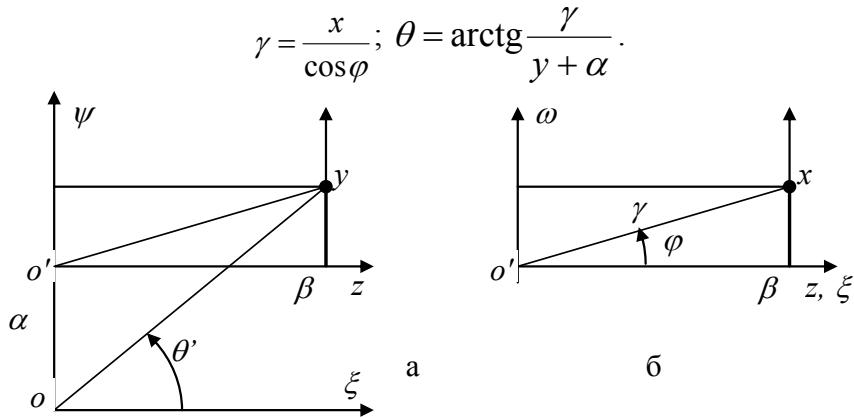


Рис. 2. Проекции точки при съемке обычной ТВ-камерой:  
а - вид сбоку, б - вид сверху

Таким образом, получена система зависимостей, позволяющий пересчитать координаты  $x$  и  $y$  объекта в координаты матрицы фотоэлектронных преобразователей (МФП), оснащенной объективом «рыбий глаз». При формировании виртуального изображения обычной ТВ-камеры должна быть учтена кратность ее объектива. Благодаря пересчету, система позволяет производить полный обзор или виртуальное сканирование сцены. Виртуальный поворот в заданный сектор обзора при сканировании является мгновенным.

## 2. Пересчет яркостей пикселей

Для окончательного формирования изображения необходимо произвести пересчет яркостей пикселей изображения, представленного в исходной системе координат, в яркости пикселей изображения в формируемой системе координат (рисунок 3). При этом будем считать, что пиксели исходной системы координат расположены в узлах квадратной сетки, а пиксели формируемой системы координат  $(\alpha, \beta)$  занимают произвольное положение на плоскости.

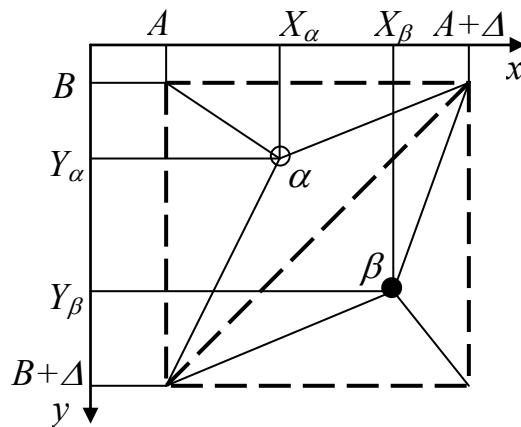


Рис. 3. Пересчет яркостей пикселей

Яркость произвольного пикселя, лежащего на плоскости проходящей через точки с координатами  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ , имеющими яркость  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$  соответственно, будет определяться выражением (1):

$$\eta_{\alpha,\beta} = \frac{\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & \eta_1 \\ x_2 & y_2 & \eta_2 \\ x_3 & y_3 & \eta_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} y_1 & \eta_1 & 1 \\ y_2 & \eta_2 & 1 \\ y_3 & \eta_3 & 1 \end{vmatrix} x_{\alpha,\beta} - \begin{vmatrix} \eta_1 & x_1 & 1 \\ \eta_2 & x_2 & 1 \\ \eta_3 & x_3 & 1 \end{vmatrix} y_{\alpha,\beta}}{\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix}} \quad (1)$$

В контексте данной задачи местоположение начального пикселя несущественно, поэтому можно считать координаты пикселя, лежащего в вершине прямого угла, равными  $(0, 0)$ . С учетом этого значение яркости для пикселя  $\alpha$  будет иметь вид (2):

$$\eta_{\alpha,\beta} = \Delta \eta_1 - \frac{(\eta_1 - \eta_2)x_{\alpha,\beta} + (\eta_1 - \eta_3)y_{\alpha,\beta}}{\Delta}. \quad (2)$$

Таким образом, для пересчета значения яркости одного пикселя достаточно выполнить три операции умножения, четыре операции сложения и одну операцию деления. Общая вычислительная сложность алгоритма будет определяться объемом формируемого изображения.

### 3. Эффективная информационная емкость бескинематического ПОЭУН

Рассмотрим бескинематическую камеру, используемую в помещении, имеющем в плане квадрат, и подвешенную к потолку в центре помещения (рисунок 4, а).

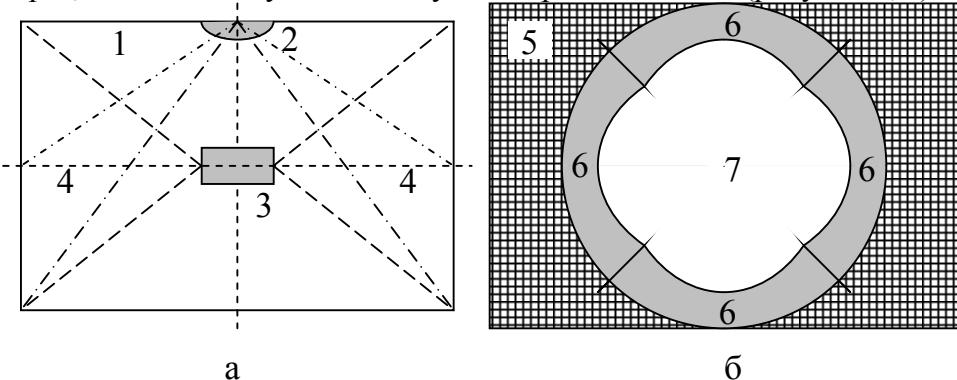


Рис. 4. Охраняемое пространство (а) и отображение охраняемого периметра (б) с помощью сверхширокоугольного объектива:

- 1 - охраняемый объем;
- 2 - бескинематическая камера, подвешенная к потолку;
- 3 - виртуальная ТВ-камера, «помещенная» в центр охраняемого объема;
- 4 - направление «главных оптических осей» виртуальной ТВ-камеры;
- 5 - МФП;
- 6 - проекция охраняемого периметра на МФП;
- 7 - проекция пола на МФП.

На рисунке 4,б приведено типовое отображение охраняемого периметра помещения на МФП в бескинематической камере. Очевидно, что при угле зрения, равном  $90^\circ$ , верхняя часть периметра отображается «рыбьим глазом» в круг, за которым начинается виньетирование. Линии пересечения стен помещения наблюдаются под большими углами, чем центры стен, и отображаются объективом в прямые, исходящие из центра проекции. Для уменьшения потерь круг поля зрения объектива должен быть вписан в меньшую из сторон МФП.

Предположим, что матрица имеет размеры  $N_x * N_y$  пикселей, и в результате преобразований формируются 4 телевизионных изображения в  $n$  телевизионных линий (твл). Тогда коэффициент использования МФП может быть оценен как

$$k = 16 n^2 / 3 N_x * N_y.$$

При преобразовании изображения, формируемого матрицей 2048\*1536 пикселей в телевизионный формат 256 твл коэффициент использования будет равен 11%.

Ф.А. Данилкин, М.Л. Гришин

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ СБОРА ТЕЛЕМЕТРИИ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Тула, Тульский государственный университет

В докладе рассматриваются вопросы проектирования устройств сбора данных о позиции и дополнительной телеметрии подвижных объектов (далее регистраторов) с возможностью передачи данных в реальном времени. Несмотря на то, что каждый тип регистратора, как правило, разрабатывается для специализированного применения, можно выработать универсальный подход к проектированию и предложить набор готовых общих решений, что позволит существенно сократить сроки, избежать неочевидных ошибок и упростить процесс разработки.

Предлагается методика разработки регистраторов, состоящая из пяти основных этапов. Первый этап – определение требований к конечному устройству. Для этого предложена система обработки данных, в которой подробно рассматриваются следующие подсистемы: фильтрации данных о позиции [1]; отладки и расширений; сбора и буферизации телеметрии; долговременного хранения; приема-передачи данных. Каждая подсистема определяет свои требования к конечному устройству, на основании оценок внешних и внутренних потоков данных. На втором этапе рекомендуется разработать симулятор устройства на персональном компьютере, на основе предложенного алгоритма работы регистратора. Симулятор поможет существенно сократить время разработки устройства и тестирования системы мониторинга в целом. Третий этап заключается в подборе элементной базы. Рассмотрены критерии выбора энергонезависимой памяти, приемопередатчика и особое внимание уделено методике выбора микроконтроллера включающий расчет минимальной производительности, необходимых объемов ПЗУ и ОЗУ. На четвертом этапе производится портирование кода симулятора на макет устройства. Заключительный этап – оптимизация системы, здесь даны рекомендации по балансировке параметров системы, кроме того, данный этап позволяет выявить возможные просчеты, допущенные при проектировании, и вовремя их исправить.

Рассмотренный подход был успешно опробован при разработке прототипа регистратора для мониторинга транспортных средств «Око-4», в качестве основных компонентов которого использованы GPS-приемник (LEA-5A), GSM/GPRS-модем (SIM300D), микроконтроллер (ATmega644p) и NAND-флеш память на 2Гбит для хранения телеметрии минимум пол года без доступа к серверу. Благодаря использованию предложенной методики прототип был разработан в значительно более сжатые сроки по сравнению с предыдущими моделями, и полностью соответствовал техническому заданию без дополнительных доработок и пересмотра основных компонентов.

### Литература

1. М.Л. Гришин, Ф.А. Данилкин. «Метод быстрой фильтрации потока данных о глобальной позиции наблюдаемого объекта на примере GPS-телеметрии». Журнал «Геоинформатика», №3, 2008.

А.А. Певзнер, М.А. Плуженский

## СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯ

Ярославль, Ярославский государственный педагогический университет  
им. К.Д. Ушинского

В различных отраслях народного хозяйства востребованы системы обеспечивающие визуализацию объемного изображения [1]. Существуют различные системы получения стереоскопического изображения, обладающие как достоинствами, так и недостатками.

Нами предложен способ динамической визуализации стереоскопического изображения, обеспечивающий ряд преимуществ, таких как снижение динамической нагрузки на глаза и мозг, упрощение системы коммутации восприятия правого и левого кадров, снижение затрат, а соответственно и стоимость системы.

Для реализации нашего метода была написана программа, формирующая на экране монитора последовательно изображения для левого и правого глаз и управляющая дополнительными источниками света, для управления чувствительности глаз к соответствующим кадрам, реализованными на базе светодиодов через параллельный порт LPT [2]. Система обеспечивала стереоэффект. Но вследствие того, что использовалась операционная система (ОС) "Windows", не являющаяся ОС реального времени, происходили сбои синхронизации проецирования кадров и включения соответствующих управляющих источников света и как следствие нарушение стереоэффекта.

Для устранения данного дефекта нами было разработано устройство управления дополнительными источниками света на базе микроконтроллера (МК) структурная схема которого приведена на рис.1.

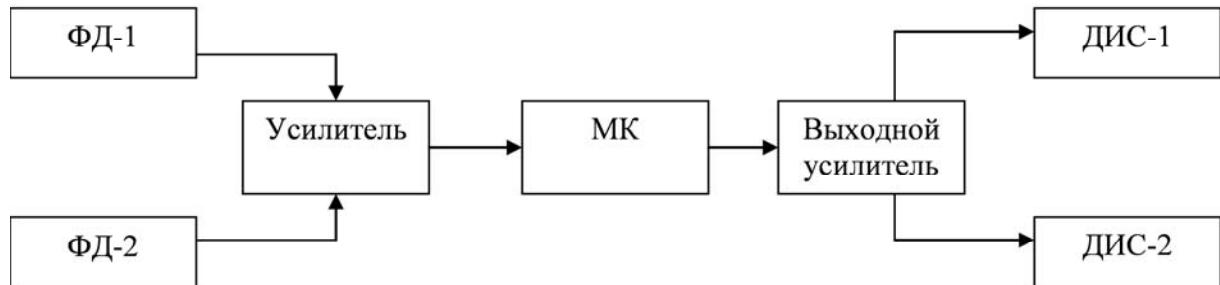


Рис. 1. Структурная схема устройства синхронизации.

Устройство состоит из фотоприемника на базе двух фотодиодов (ФД) и усилителя сигнала, микроконтроллера принимающего синхросигналы и в соответствии с заданным алгоритмом включающий соответствующий дополнительный источник света.

Синхронизация производится следующим образом: на экране одновременно с изображением кадра выводится так называемый сигнал засветки, считываемый соответствующим фотодиодом и подающийся через усилитель на микроконтроллер. В соответствии с заранее заданной фазой, включается соответствующий дополнительный источник света.

Таким образом, мы получили систему синхронизации не зависящую от ОС и исключающую пропадание стереоэффекта по причине сбоя синхронизации.

### Литература

1. Шмаков П.В. Основы цветного и объемного телевидения. М.: Сов. Радио, 1954. -304 с.
2. Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информатики. 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.

А.А Певзнер, В.А. Вдовин, А.В Муравьев

## АНАЛИЗ СНИМКОВ КРОВИ ПРИ МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Ярославль, Ярославский государственный педагогический университет  
им. К.Д. Ушинского

Подсчет количества эритроцитов и лейкоцитов на микроснимках крови и анализ геометрических характеристик кровяных телец является важной задачей при микрореологических исследованиях. Существующие в настоящее время автоматизированные системы обработки микроснимков пока недостаточно распространены, вследствие их высокой стоимости и имеющихся функциональных ограничений. Поэтому разработка таких автоматизированных систем продолжается и задача их разработки, безусловно, является актуальной.

Целью настоящей работы является создание программно аппаратного комплекса автоматизированной обработки микроскопических снимков крови.

Нами разработан программно-аппаратный комплекс, включающий микроскоп, совмещенный с цифровой фотокамерой, выход которой подсоединен к компьютеру. Для обработки полученных цифровых изображений нами разработаны следующие программы:

- подсчета количества эритроцитов и лейкоцитов на микроснимке
- анализа изменения формы клеток

Алгоритм распознавания соответствующих кровяных телец состоит из нескольких частей:

- Считывание изображения, преобразование во внутренние структуры для оптимизации работы
- Преобразование цветного изображения в черно-белое представление, которое содержит границы объектов.
- Выделение из черно-белого представления формальных границ, фильтрация объектов по форме и размеру.
- Получение качественного результата на базе фильтрации объектов.

Полученный цветной снимок, проходит последовательно несколько фаз обработки.

При вычислении геометрических характеристик объектов. Первая фаза – получение границы всех объектов, начальная фильтрация изображения, снижение эффектов шумов присущих формату данных, применение разработанного авторами алгоритма для выделения нечетких границ объектов. Вторая фаза - получение из черно-белого изображения наборов границ объектов, объединение нескольких частей одного объекта, удаление шумов присущих границ объектов, разъединение рядом расположенных объектов. Третья фаза заключается в вычислении удлинения объектов.

Программа подсчета количества эритроцитов и лейкоцитов на микроснимке, отличается от предыдущей третьей фазой, которая заключается в подсчете количества соответствующих телец отличающихся по цветовой характеристики и форме.

Применения разработанного комплекса позволило сократить время обработки микроснимков, повысить достоверность и точность анализа микроснимка.

Р.А. Ильин

## **МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ СВЕРТКИ КВАЗИБЕСКОНЕЧНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ, ИНВАРИАНТНЫХ К РАЗМЕРНОСТИ СИГНАЛА**

Тула, Тульский институт управления и бизнеса

*Разработана методика секционирования дискретной циклической свертки, инвариантная к размерности обрабатываемого сигнала. Программная реализация методики позволяет решать задачи распознавания образов для одномерных сигналов, изображений и голограмм. Показан выигрыши в сложности алгоритмов (в операциях сложения и умножения) при использовании предложенной методики секционирования дискретной циклической свертки по сравнению с методами, предложенными У. Прэттом.*

Цифровая фильтрация многомерных сигналов представлена в литературе лишь на примерах обработки изображений [1 – 4 и др.]. При этом предлагаемые методы секционирования свертки двумерных сигналов, например, в работе [2], отличаются высокой сложностью алгоритмов их реализации за счет того, что предлагается при секционировании окно импульсной характеристики цифрового фильтра (апerture) продвигать по исходному изображению на один отсчет в двух вложенных циклах по каждой координате. В настоящее время все большее практическое значение приобретает проблема цифровой фильтрации голограмм [4], позволяющая воспроизводить и обрабатывать трехмерные изображения принципиально нового качества. Поэтому целесообразно разработать методику секционирования многомерных сверток, инвариантную к размерности обрабатываемых сигналов. Программная реализация такой методики позволяет реализовать цифровую фильтрацию изображений, голографических изображений и других многомерных объектов.

Рассмотрим сначала секционирование сверток двумерных сигналов (изображений). Предположим, что имеется исходное изображение размером  $N_0 \times N_1$  пикселов, и его необходимо отфильтровать цифровым фильтром с импульсной характеристикой размером  $n_0 \times n_1$  ( $n_0 \ll N_0$ ,  $n_1 \ll N_1$ ,  $N_0(n_0)$ ,  $N_1(n_1)$  – размер изображения (импульсной характеристики) по координатам  $x$  и  $y$ , соответственно) точек. Будем считать, что  $n_0$  и  $n_1$  четны. В этом случае при секционировании окно импульсной характеристики цифрового фильтра (апerture) можно продвигать по исходному изображению в двух вложенных циклах по каждой координате на шаг  $\frac{n_0}{2}$  и  $\frac{n_1}{2}$ , соответственно. Если же  $n_0$  или  $n_1$  нечетны, то в качестве значения соответствующего шага следует взять целую часть от деления  $n_0$  или  $n_1$  на два.

Введем обозначения

$h_{l_0, l_1}$ ,  $l_0=0, \dots, n_0-1$ ,  $l_1=0, \dots, n_1-1$  – импульсная характеристика двумерного цифрового фильтра;

$x_{l_0, l_1}$ ,  $l_0=0, \dots, n_0-1$ ,  $l_1=0, \dots, n_1-1$  – двумерное окно исходного сигнала в секционированной свертке;

$X_{l_0, l_1}$ ,  $l_0=0, \dots, N_0-1$ ,  $l_1=0, \dots, N_1-1$  – исходный двумерный сигнал (изображение);

$Z_{l_0, l_1}$ ,  $l_0=0, \dots, N_0-1$ ,  $l_1=0, \dots, N_1-1$  – результирующий отфильтрованный двумерный сигнал (отфильтрованное изображение).

В приведенных обозначениях алгоритм секционирования двумерной свертки с накоплением можно записать

$$\left. \begin{aligned} x_{l_0, l_1} &= X_{l_0+k_0, l_1+k_1}, l_0=0, \dots, n_0-1, l_1=0, \dots, n_1-1; \\ y_{l_0, l_1} &= \sum_{q_0=0}^{n_0-1} \sum_{q_1=0}^{n_1-1} h_{q_0, q_1} \cdot x_{((l_0-q_0)), ((l_1-q_1))}, l_0=0, \dots, n_0-1, l_1=0, \dots, n_1-1; \\ Z_{l_0+k_0, l_1+k_1} &= y_{l_0, l_1}, l_0=\frac{n_0}{2}, \dots, n_0-1, l_1=\frac{n_1}{2}, \dots, n_1-1; \\ k_0 &= 0, \frac{n_0}{2}, \dots, \frac{\alpha_0 \cdot n_0}{2}, \dots, N_0-n_0, k_1=0, \frac{n_1}{2}, \dots, \frac{\alpha_1 \cdot n_1}{2}, \dots, N_1-n_1. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Алгоритм (1) записывается тремя строками, выполняющимися по двум вложенным циклам по  $k_0$  и  $k_1$ . Первая строка обозначает запись части окна исходного сигнала в окно секционированной свертки.

Во второй строке представлена секционированная двумерная циклическая свертка последовательностей  $h$  и  $x$ . Ее следует вычислять, используя быстрые алгоритмы [5].

Третья строка представляет запись части отсчетов секционированной двумерной циклической свертки в окно отфильтрованного сигнала.

Циклы по переменным  $k_0$  и  $k_1$  выполняются с шагами  $\frac{n_0}{2}$  и  $\frac{n_1}{2}$ , соответственно.

Даже при такой малой размерности импульсной характеристики ( $4 \times 4$ ), секционированную циклическую свертку пришлось вычислять в четыре раза реже, чем для метода, представленного в [6].

Теперь рассмотрим обобщенный алгоритм секционирования сверток многомерных сигналов, инвариантный к размерности сигнала. При синтезе обобщенного алгоритма секционирования сверток многомерных сигналов целесообразно  $m$ -мерные таблицы данных представлять одномерными, поскольку  $m$  – априорно неизвестный параметр алгоритма. Соответствие между одномерным  $l$  и многомерными  $l_k$ ,  $k = 0, \dots, m-1$  индексами таблицы  $F$  можно записать:

$$\begin{aligned} F[l] &\equiv F[l_0, l_1, \dots, l_{m-1}] \\ l &\equiv l_0 + \sum_{i=1}^{m-1} \left( l_i \cdot \prod_{j=0}^{i-1} N_j \right) = \sum_{i=0}^{m-1} l_i \cdot p_i, \\ p_i &= p_{i-1} \cdot N_{i-1}, i = 1, \dots, m-1; p_0 = 1. \end{aligned} \quad (2)$$

Схема алгоритма процедуры представлена в работе [5].

Ко всем  $m$ -мерным таблицам алгоритма необходимо обращаться как к одномерным в соответствии с (2). В докладе для принятых обозначений представлен обобщенный алгоритм секционирования сверток многомерных сигналов с накоплением.

Конкретно предложенная методика позволяет снизить количество необходимых вычислений секционированных сверток в  $\prod_{\delta=0}^{m-1} \frac{n_\delta}{2}$  раз. Выигрыш в сложности

секционирования сверток многомерных сигналов (в операциях умножения и сложения) получается и в том случае, если, пользуясь описанной выше методикой У. Прэтта, секционированную свертку вычислять, не пользуясь быстрыми алгоритмами, а непосредственно вычислять лишь необходимый один выходной отсчет циклической свертки. Рассмотрим пример цифровой фильтрации двумерного изображения размерностью  $800 \times 600$  пикселов импульсной характеристикой  $20 \times 20$  пикселов.

При использовании предложенной методики секционирования сверток многомерных сигналов выигрыш в сложности процедуры фильтрации составляет 100 раз.

Не используя быстрые алгоритмы, для получения одного выходного отсчета циклической свертки требуется  $M_1=400$  умножений и  $A_1=380$  сложений. Для реализации быстрого алгоритма (например, стр. 67 [2]) реализации секционированной свертки требуется  $M_c = 946$  умножения и  $A_c = 10826$  сложений.

В первом случае требуется

$$M = M_1 \cdot 800 \cdot 600 = 400 \cdot 800 \cdot 600 = 192000000 \text{ умножений}$$

и

$$A = A_1 \cdot 800 \cdot 600 = 380 \cdot 800 \cdot 600 = 1824000 \text{ сложений.}$$

Для второго случая

$$M = M_c \cdot \frac{800}{10} \cdot \frac{600}{10} = 946 \cdot 80 \cdot 60 = 4540800 \text{ умножений}$$

и

$$A = A_c \cdot \frac{800}{10} \cdot \frac{600}{10} = 10826 \cdot 80 \cdot 60 = 51964800 \text{ сложений.}$$

Выигрыш рассмотренного способа реализации секционированных сверток очевиден.

Основа обобщенной методики заключается в записи части окна исходного сигнала в  $m$ -мерную последовательность секционированной свертки, реализации секционированной циклической свертки  $m$ -мерных последовательностей на основе быстрых алгоритмов и записи части отсчетов секционированной свертки в окно отфильтрованного сигнала.

Следует отметить универсальность предложенной методики, программная реализация которой позволяет обрабатывать как одномерные, так и многомерные последовательности с различной верхней границей индексов таблиц многомерных сигналов.

### Литература

1. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. -М.: Мир, 1989. - 448 с.
2. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / Т.С. Хуанг, Дж.-О. Эклунд, Г. Дж. Нуссбаумер и др.; Под ред. Т.С. Хуанга: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1984. - 224 с.
3. Даджен Д., Мерсеро Р.М. Цифровая обработка многомерных сигналов: Пер. с англ. / Под ред. Л.П. Ярославского. - М.: Мир, 1987. - 284 с. (3)
4. Ярославский Л.П. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии: Введение в цифровую оптику. – М.: Радио и связь, 1987. – 296 с. (4)
5. Ильин Р.А. Обобщенная методика реализации цифровых линейных фильтров квазискансонечных последовательностей, инвариантных к размерности сигнала // Вестник ТулГУ. Сер. Вычислительная техника. Информационные

технологии. Системы управления. Вып. 1. Вычислительная техника. - Тула: ТулГУ, 2007. С.63 - 70. (5)

6. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: В 2-х кн. / Пер. с англ. под ред. Д.С. Лебедева. – М.: Мир, 1982. – 312 и 480 с.

В.М. Понятский

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА ФИЛЬТРА КАЛМАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМОВ

Тула, Тульский государственный университет,  
ГУП «Конструкторское бюро проектирования»

Рассматривается проектирование фильтра Калмана, адаптирующегося к реальным помеховым условиям.

Традиционно расчет фильтра Калмана осуществляется по следующему алгоритму (рис. 1):

$$\begin{aligned}
 x_{i/i-1} &= \Phi_i x_{i-1}; \\
 x_i &= x_{i/i-1} + K_i (y_i - H_i x_{i/i-1}); \\
 P_{i/i-1} &= \Phi_i P_{i-1} \Phi_i^T + G_i Q_i G_i^T; \\
 K_i &= P_{i/i-1} H_i^T (H_i P_{i/i-1} H_i^T + R_i)^{-1}; \\
 P_i &= P_{i/i-1} - P_{i/i-1} H_i^T (H_i P_{i/i-1} H_i^T + R_i)^{-1} H_i P_{i/i-1}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Интенсивности шумов  $Q_i$  и  $R_i$  в (1) задаются априорно.

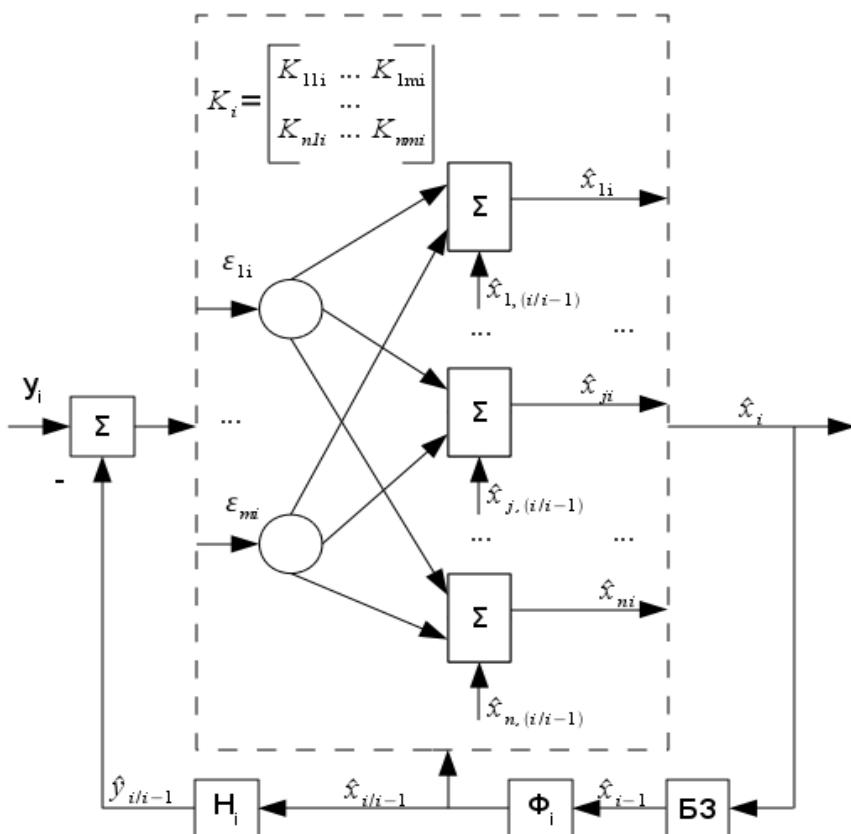


Рис. 1. Структурная схема фильтра Калмана

В работах [1-2] рассматривается настройка параметров фильтра Калмана с использованием нейронной сети путем предварительного обучения.

Предлагается проводить обучение непосредственно по измеряемым информационным сигналам.

Алгоритм нейросетевого фильтра имеет следующий вид (рис. 2)[1-2]:

$$\begin{aligned} x_{i|i-1}^{HC} &= \Phi_i x_{i-1}^{HC}; \\ x_i^{HC} &= K_i^{HC}(z_i, W_i), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $z_i = [z_{1i} \dots z_{qi}]^T \equiv [(x_{i|i-1}^{HC})^T, (e_i^{HC})^T]^T$ ;  $e_i^{HC} = y_i - H_i x_{i|i-1}^{HC}$ ;  $W_i = [w_{0,i} | w_i]$ - матрица весов и смещений нейронной сети.

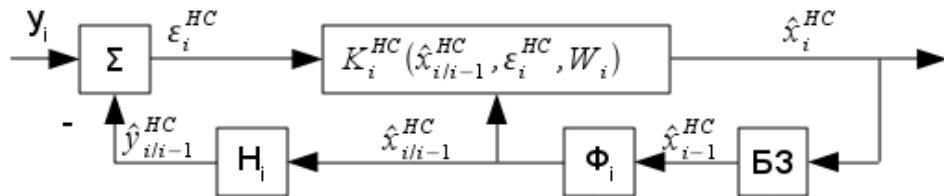


Рис. 2 Структурная схема нейросетевого фильтра

При обучении непосредственно по измеряемым информационным сигналам настройка матрицы весов и смещений нейронной сети проводится из условия минимума критерия обучения:

$$J(W) = \frac{1}{n_0} \sum_{i=1}^{n_0} \{ \| x_i^{HC} - (w_{0,i} + w_i y_i)^T | x_i^{HC} - (w_{0,i} + w_i y_i) \| \}.$$

Настройка матрицы весов и смещений нейронной сети при оценке  $x_i^{HC} = w_{0,i} + w_i z_i$  может быть обеспечена в соответствии со следующими соотношениями (рис. 3):

$$w_{o,i} = w_{o,i-1} + \Delta w_{o,i}; \quad w_i = w_{i-1} + \Delta w_i,$$

где  $\Delta w_{0,i} = v_{o,i} \delta_i$ ;  $\Delta w_i = v_i \delta_i z_i$ ;  $\delta_i = x_i^{HC} - \Phi_i x_{i-1}^{HC}$ ;  $v_i = 0 \dots 1$ ;  $v_{o,i} = 0 \dots 1$ .

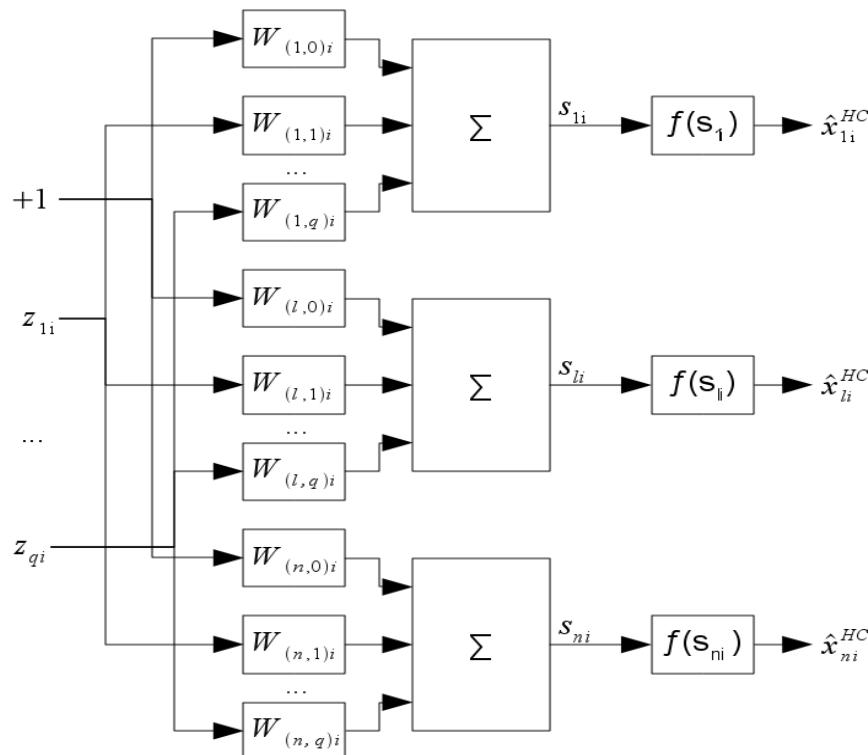


Рис. 3 Структурная схема линейной однослойной нейронной сети

Алгоритм нейросетевого фильтра (2) может быть преобразован к виду [1]:

$$\begin{aligned} x_{i/i-1}^{HC} &= \Phi_i x_{i-1}^{HC}; \\ x_i^{HC} &= x_{i/i-1}^{HC} + K_i (y_i - H_i x_{i/i-1}^{HC}); \\ P_{i/i-1} &= \Phi_i P_{i-1} \Phi_i^T + G_i Q_i^* G_i^T; \\ K_i &= P_{i/i-1} H_i^T (H_i P_{i/i-1} H_i^T + R_i^*)^{-1}; \\ P_i &= P_{i/i-1} - P_{i/i-1} H_i^T (H_i P_{i/i-1} H_i^T + R_i^*)^{-1} H_i P_{i/i-1}. \end{aligned} \quad (3)$$

Оценку интенсивностей шумов  $Q_i^*$  и  $R_i^*$  предлагается осуществлять по текущим измерениям  $y_i$  и полученным оценкам  $x_i^{HC}$  в соответствии с выражениями:

$$\begin{aligned} Q_i^* &= \frac{1}{i} \sum_{i=1}^n \{(x_i^{HC} - \Phi_i x_{i-1}^{HC})^T (x_i^{HC} - \Phi_i x_{i-1}^{HC})\}; \\ R_i^* &= \frac{1}{i} \sum_{i=1}^n \{(y_i - H_i x_{i-1}^{HC})^T (y_i - H_i x_{i-1}^{HC})\}, \end{aligned} \quad (4)$$

Проведено проектирование фильтра Калмана (3) с нейросетевой подстройкой (4) и (5) для двумерной модели динамического процесса:

$$\Phi_i = \begin{vmatrix} 1 & T \\ 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad G_i = \begin{vmatrix} 0 \\ T \end{vmatrix}; \quad H_i = \begin{vmatrix} 1 & 0 \end{vmatrix}.$$

Адаптация фильтра Калмана может быть обеспечена с использованием расчета характеристик шумов [3]. Например, для одномерного модели временного процесса, возмущенного случайной скоростью:

$$\begin{aligned} Q_i^* &= \frac{1}{T^2(i-2)} \sum_{i=3}^n [(v_i^{(2)} - q_i^* T - q_i^* T/2)(v_i^{(1)} - q_i^* T)]; \\ R_i^* &= \frac{0.5}{i-2} \sum_{i=3}^n [(v_i^{(1)} - q_i^* T)^2 - T^2 Q_i^*]; \quad q_i^* = \sum_{i=2}^n v_i^{(1)} / (T(i-1)), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $q_i^*$  - математическое ожидание скорости изменения уровня ряда;  $v_i^{(1)} = y_i - y_{i-1}$ ;  $v_i^{(2)} = y_i - 0.5y_{i-1} - 0.5y_{i-2}$ .

Расчет статистических характеристик шумов для двумерной модели временного процесса возмущенного случайным ускорением

$$\Phi_i = \begin{vmatrix} 1 & T \\ 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad G_i = \begin{vmatrix} T^2 \\ 2 \\ T \end{vmatrix}; \quad H_i = \begin{vmatrix} 1 & 0 \end{vmatrix}$$

проводится следующим образом:

$$\begin{aligned} Q_i^* &= \frac{12}{7T^4(i-3)} \sum_{i=4}^n [(v_i^{(2)} - q_i^* T^2)(v_i^{(3)} - (5/3)q_i^* T^2)]; \\ R_i^* &= \frac{1}{6(i-3)} \sum_{i=4}^n [(v_i^{(2)} - q_i^* T^2)^2 - 0.5Q_i^*]; \quad q_i^* = \sum_{i=3}^n v_i^{(2)} / (T^2(i-2)), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $q_i^*$  - математическое ожидание ускорения изменения уровня ряда:  $v_i^{(2)} = y_i - 2y_{i-1} + y_{i-2}$ ;  $v_i^{(3)} = y_i - (4/3)y_{i-1} - (1/3)y_{i-2} + (2/3)y_{i-3}$ .

Таким образом, нейронная сеть (2) - (4) осуществляет настройку параметров фильтра Калмана в соответствии с реальной помеховой обстановкой, что обеспечивает эффективное подавление помех измерения. Использование идентификации статистических характеристик шумов модели динамического процесса (5) или (6) не требует использования выходных оценок фильтра Калмана и позволяет осуществлять

независимую оценку характеристик шумов и экономить время их расчета. Возможно следующее взаимодействие рассмотренных алгоритмов, обеспечивающее интеллектуализацию в работе фильтра Калмана. Первоначально обработка информационных сигналов осуществляется с помощью фильтра Калмана (1) по априорной информации о шумах. Одновременно с работой фильтра Калмана с помощью алгоритма (5) или (6) осуществляется оценка статистических характеристик шумов. При значительном расхождении априорных характеристик шумов от расчетных значений осуществляется переход на алгоритмы нейросетевой фильтрации Калмана (2) – (4) либо с их помощью осуществляется автоподстройка параметров фильтра Калмана (1).

#### Литература

1. Амосов О.С., Степанов О.А. Оптимальная линейная фильтрация с использованием нейронной сети // Гирокопия и навигация. – 2004. - № 3 – С. 14 – 29.
2. Амосов О.С., Степанов О.А. Байесовское оценивание с использованием нейронной сети // Авиакосмическое приборостроение. – 2004. - № 6. – С. 46 - 55.
3. Згурский М.З., Подладчиков В.Н. Аналитические методы калмановской фильтрации для систем с априорной неопределенностью. К.: Наукова думка, 1995. 298 с.

Ю.И. Лебеденко

### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗВЕНА СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ**

Тула, Тульский государственный университет

*Предложенная ранее аналитическая математическая модель функционирования иерархической системы цифровой радиосвязи, позволяющая устанавливать возможность существования в системе периодических и хаотических процессов, дополняется методикой идентификации параметров по результатам статистических испытаний.*

В предыдущих работах автора [1] при анализе иерархических многоуровневых систем цифровой радиосвязи было введено понятие звена такой системы.

Если представить иерархическую структуру информационной системы в виде графа типа разветвленного дерева, то каждому ребру графа соответствует конкретная информационная пара. Несколько информационных пар, имеющих общую вершину на более высоком уровне иерархии управления системой образуют звено, как совокупность абонентов, в которой один из них может задавать режимы, т.е. возможные виды взаимодействий для остальных.

Ранее рассматривалась также статистическая модель иерархической многозвездной системы цифровой радиосвязи, в которой предполагалась трехуровневая структура, в которой каждому абоненту более высокого уровня подчинены три абонента более низкого уровня. В этом случае могут быть образованы четыре звена: одно на верхнем уровне и три на более низком. Для описания состояния системы использовалась Марковская модель, в которой рассматривалась матрица переходных вероятностей между возможными состояниями абонентов. При этом отдельные переходы ведут к генерации сообщений от "руководителя" к "подчиненным" или наоборот, а некоторые переходы возможны только лишь при успешной передаче таких сообщений. На этом этапе исследований такая стохастическая модель позволила найти оптимальные режимы и алгоритмы взаимодействия абонентов, ведущие к

минимальным потерям сообщений в результате коллизий в системе связи. Поскольку такая модель достаточно адекватна поведению реальной системы, то в настоящее время предлагается интерпретировать результаты статистического моделирования применительно к аналитическому описанию информационного состояния звена системы цифровой радиосвязи.

Если абонент получает актуальное сообщение (команду на выполнение каких-либо действий - "нижний" от "высшего" или информацию о выполнении действий "подчиненного"), то его актуальная информация увеличивается на единицу. Если актуальное сообщение теряется (в результате произошедшей коллизии) или информация устаревает в силу невозможности её своевременной передачи (т.е. абонент не получает информацию в течение заданного времени), то информация уменьшается на единицу. Результат подобной интерпретации статистического моделирования звена из четырех абонентов ("главный" и три "подчиненных") представляется в виде некоторого стохастического процесса по величине актуальной информации.

Известно также, что существуют также условия, при которых в нелинейных динамических системах даже при условии синхронизации возникают хаотические движения, не обусловленные внешними стохастическими воздействиями. Ввиду большой опасности таких режимов важным этапом исследования системы цифровой радиосвязи представляется выявление параметров системы, при которых в ней возникает динамический хаос [2].

Предлагается в частности использовать детерминированную аналитическую модель, в которой состояние объекта (абонента системы связи) задается его информационным наполнением, для количественного выражения которого применяется координата  $x$ . Данная величина будет соответствовать количеству имеющейся у абонента актуальной информации, т.е. является по смыслу адекватной величине актуального информационного наполнения, предложенной выше. В работе [2] предлагается вариант математического описания такой детерминированной системы, соответствующий отображению Эндо [3].

Такой режим работы абонента в составе звена многоуровневой системы цифровой радиосвязи с периодическим изменением «информационного наполнения» обязательно возникает при циклической работе звена системы связи, состоящего из нескольких абонентов, когда каждый из абонентов периодически получает для передачи своего сообщения определенное временное «окно» [2].

При использовании описанного подхода наблюдается качественное сходство процессов, полученных для стохастической и аналитической моделей, в частности, у указанных процессов совпадают число минимумов и максимумов информационной функции. Указанное обстоятельство дает предложенному аналитическому методу исследований определенные перспективы, т.к. для использованного отображения всегда можно указать параметры модели, при которых будет наблюдаться та или иная качественная картина.

В настоящее время разрабатывается программное обеспечение для идентификации параметров детерминированной модели звена системы радиосвязи на основе анализа данных функционирования его статистической модели или реальных данных испытаний. Развитие программного обеспечения, разработанного для анализа предельных циклов и отображающего поведение системы связи, планируется также в направлении анализа поведения многоуровневой иерархической системы, в состав которой входят несколько звеньев.

Таким образом, определив параметры динамической модели реального звена системы связи, по реальным статистическим данным, то можно сделать вывод о

характере его поведения в цикле информационного обмена. Однако если этот вывод не всегда можно сделать по просчету небольшого числа циклов, то необходимо также выработать способ для определения устойчивости предельного цикла.

### Литература

1. Лебеденко Ю.И. Качественный анализ иерархических многозвенных вычислительных и телекоммуникационных систем // Вестник ТулГУ. Серия «Вычислительная техника». Вып.2. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2008., С. 290 - 296.
2. Стохастическая и аналитическая модели звена системы цифровой радиосвязи / Материалы X Международной научно-технической конференции «Кибернетика и высокие технологии XXI века» Воронеж: НПФ «Саквое» ООО, 2009. – Т.2 , С.549-554.
3. Кузнецов С.П. Динамический хаос (курс лекций). – М.: Физматлит, 2001. – 296 с.

В.И. Пошехонов

## АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ТРИАНГУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ КАРТЫ ДИСПАРАНТНОСТИ

Рязань, Рязанский государственный радиотехнический университет

Важной задачей обработки космических стереоизображений для формирования цифровых моделей рельефа является идентификация на снимках одноименных точек. Высота соответствующего объекта трехмерного пространства пропорциональна диспарантности, т.е. расстоянию между одноименными точками в строчном направлении на стереопаре. В настоящее время для решения данной задачи часто применяются алгоритмы оптимизационного поиска, которые за счет учета гладкости изменения диспарантности между соседними пикселями позволяют существенно повысить надежность обработки. Результатом является карта диспарантности  $D(x, y)$ , задающая смещения координат одноименных точек для всех пикселей базового изображения  $I(x, y)$  стереопары.

Однако для дальнейшего контроля и интерактивного редактирования результатов автоматической обработки требуется получить триангуляционную модель  $T$  пикетных точек  $P = \{(x, y), D(x, y)\}$ , которая должна максимально точно аппроксимировать исходную карту  $D$ . В настоящем докладе рассматривается итерационный алгоритм решения данной задачи, заключающийся в пошаговом добавлении новых точек к модели  $T$ , формирующйся исходя из условия:

$$T = \arg \min_T \sum_{(x,y)} \varepsilon_T(x, y), \quad \varepsilon_T(x, y) = |u_T(x, y) - D(x, y)|,$$

где  $u_T(x, y)$  – значение диспарантности, полученное с помощью линейной интерполяции по модели  $T$ ,  $\varepsilon_T(x, y)$  – невязка по сравнению с картой  $D$  в соответствующей точке.

Так как поиск новой точки для добавления, минимизирующей сумму модулей невязок  $\varepsilon_T(x, y)$ , является достаточно трудоемким, используется двухэтапный алгоритм формирования модели  $T$ . На первом этапе последовательно добавляются точки с максимальной невязкой  $\arg \max_{(x,y)} \varepsilon_T(x, y) > \varepsilon_{\max}$ , где  $\varepsilon_{\max}$  – пороговое значение

допустимой ошибки, задаваемое пользователем исходя из требований к точности модели и определяющее критерий остановки алгоритма. Первоначальное множество вершин модели включает только 4 угловых точки карты  $D$ .

Полученная таким образом модель  $T_1$  сглаживается на втором этапе. Для этого рассматривается множество триангуляционных моделей  $F(T_1)$  фиксированной связности, получаемых путем изменения координат вершин треугольников (и соответствующих им дисперсий), входящих в модель  $T_1$ . Из-за высокой трудоемкости для каждой точки рассматриваются только 8 соседних пикселей карты  $D$ , для выбора оптимального из которых используется критерий  $\min \sum_{(x,y)} \varepsilon_T(x, y)$ . В

докладе рассматриваются различные варианты реализации данного алгоритма, приводятся его временные и точностные характеристики.

*Работа проводилась при финансовой поддержке  
Федерального агентства по науке и инновациям  
(госконтракт № 02.740.11.0002).*

О.А. Игнатова

## ТОЧНОСТЬ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ

Тула, Тульский государственный университет

При физической реализации аналого-цифрового преобразования сигналов в интеллектуальных системах сигнал подвергается некоторой обработке, каждая операция которой дает некоторую ошибку. В результате оцифровки формируется суммарная ошибка, которая является композицией ошибок квантования.

Процесс формирования цифрового описывается зависимостью [1]

$$\bar{\xi} = \begin{cases} \bar{\xi}_0 & \text{при } \xi_{\min} \leq \xi \leq d_0; \\ \bar{\xi}_k & \text{при } d_{k-1} \leq \xi \leq d_k; \\ \bar{\xi}_{K-1} & \text{при } \xi_{K-2} \leq \xi \leq \xi_{\max}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\bar{\xi}_k$  - значение выходного кода;  $d_k$  - пороги квантования.

Типовая идеальная характеристика аналого-цифрового преобразователя с равномерным квантованием приведена на рис. 1.

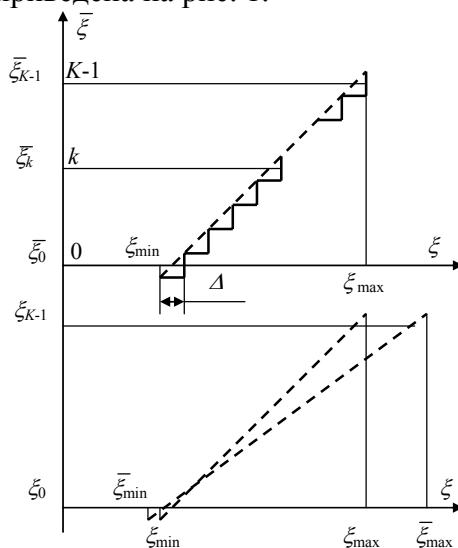


Рис. 1. Квантование входных сигналов с помощью равномерного квантователя

Для аналого-цифрового преобразователя с равномерным квантованием

$$\Delta = \frac{\xi_{\max} - \xi_{\min}}{K} = \text{const}; \quad \bar{\xi} = \left[ \frac{\xi - \xi_{\min}}{\Delta} \right] \quad (2)$$

где  $\Delta$  - шаг квантования;  $K$  - общее количество уровней квантования;  $[...]$  - операция округления в меньшую сторону до ближайшего целого числа.

Зависимость (1) показывает, что в цифровом сигнале всегда присутствует методическая ошибка, в безразмерном виде определяемая по зависимости  $v_0 = 2 \cdot K^{-1}$ .

Кроме методической ошибки при оцифровке сигнала формируются еще две ошибки, связанные с предобработкой сигнала:

несоответствие нижнего предела квантуемого сигнала  $\bar{\xi}_{\min}$  паспортному начальному уровню квантуемого сигнала  $\xi_{\min}$  (ошибка первого рода)

$$v_1 = \frac{|\xi_{\min} - \bar{\xi}_{\min}|}{\xi_{\max} - \xi_{\min}}; \quad (3)$$

ошибка в установлении интервалов квантования (ошибка второго рода)

$$v_2 = \frac{|\xi_{\max} - \bar{\xi}_{\max}|}{\xi_{\max} - \xi_{\min}}. \quad (4)$$

В итоге, статическая ошибка аналого-цифрового преобразователя находится сравнением методической ошибки, ошибки первого рода и ошибки второго рода:

$$v_{\text{ст}} = \max \left\{ \frac{1}{2K}, \frac{|\xi_{n\min} - \bar{\xi}_{n\min}|}{\xi_{n\max} - \xi_{n\min}}, \frac{|\xi_{n\max} - \bar{\xi}_{n\max}|}{\xi_{n\max} - \xi_{n\min}} \right\}. \quad (5)$$

Наряду со статической ошибкой, в аналого-цифровых преобразователях возникает динамическая ошибка, обусловленная тем, что операция преобразования в физических приборах занимает некоторое время  $\tau_{ADC}$ , называемое апертурным временем преобразования.

Пусть максимально допустимая скорость нарастания сигнала на входе в преобразователь в безразмерном виде определяется зависимостью

$$\dot{\xi}_{\max} = \frac{\ddot{\xi}_{n\max}}{\xi_{\max} - \xi_{\min}}, \quad (6)$$

где  $\ddot{\xi}_{n\max}$  - скорость нарастания сигнала, имеющая размерность (единица измеряемого сигнала)/сек.;  $\dot{\xi}_{\max}$  - безразмерная скорость нарастания сигнала, имеющая размерность 1/сек.

Тогда динамическая ошибка аналого-цифрового преобразователя определяется зависимостью

$$v_{\text{д}} = \frac{\dot{\xi}_{\max} \tau_{ADC}}{\xi_{\max} - \xi_{\min}}. \quad (7)$$

В наихудшем случае статическая и динамическая ошибки суммируются, поэтому относительная погрешность аналого-цифрового преобразования определяется в виде

$$\varepsilon = \sqrt{v_{\text{ст}}^2 + v_{\text{д}}^2}. \quad (8)$$

При косвенной оценке значения выходной величины функционального преобразователя  $\zeta = f(\xi)$ , где  $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n, \dots, \xi_N)$  погрешности оценки, вносимые аналого-цифровыми преобразователями сигналов-компонентов вектора  $\xi$  суммируются и дают ошибку оценки, равную

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sum_{n=1}^N \frac{\partial f(\xi)}{\partial \xi_n} \varepsilon_n . \quad (9)$$

Ошибка (7) может быть уменьшена и сведена до уровня методической ошибки, что обеспечивается соответствующей настройкой статической характеристики аналого-цифрового преобразователя, приведенной на рис. 1.

#### Литература

1. Баранов Л.А. Квантование по уровню и временная дискретизация в цифровых системах управления. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.

В.В. Шмелёв

## ПРОГРАММА РАСЧЁТА ПЕЛЕНГОВ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКА АКУСТИЧЕСКИМ ЛОКАТОРОМ

Тула, Тульский государственный университет

Сегодня не существуют акустические локаторы (АЛ), которые позволяли бы определять местоположение источников звука (ИЗ) на поверхности земли или воды. Создание АЛ позволило бы снизить стоимость перспективных автоматизированных звукометрических комплексов примерно вдвое, т. к. отпадает необходимость в этих комплексах иметь, как минимум, два акустических пеленгатора.

Функционирование АЛ невозможно без его математического и программного обеспечения. Математическая модель пеленга ИЗ приведена в работе [1].

В данных тезисах доклада приводится программа расчёта пеленга ИЗ АЛ в среде Mathcad. Так как зависимость отношения мгновенных значений напряжений на выходах 1 и 2 каналов обработки сигналов АЛ является трансцендентным уравнением относительно пеленга ИЗ, то использовался метод Ньютона для решения этого уравнения. Исходные данные для расчёта и текст программы расчёта пеленгов ИЗ с 3 примерами приведён ниже.

Текст программы расчёта пеленга акустическим локатором с суммарно-разностной обработкой сигнала с использованием метода последовательных приближений в решении трансцендентных уравнений методом Ньютона.

Исходные данные для расчёта следующие:

$n := 2$  - число звукоприемников (ЗП) в линейной группе (ЛГ);  
 $\Theta_c := 0.011318 \text{рад}$  - угол смещения рабочих осей характеристик направленности ЛГ ЗП относительно равносигнального направления;  
 $f_0 := 20 \text{ Гц}$  - рабочая частота акустического локатора  
 $d := 300 \text{ м}$  - расстояние между рабочими осями микрофонов соседних ЗП;  
 $t := 5^0 \text{ С}$  - температура воздуха в приземном слое атмосферы;  
 $W := 5 \text{ м/с}$  - скорость ветра в приземном слое атмосферы;  
 $\phi := 0 \text{ рад}$  - разность дирекционных углов ветра в приземном слое атмосферы и направления: источник звука - точка пересечения ЛГ ЗП;

Текст программы расчета пеленга по приближенной формуле

```

 $\alpha_{\text{MH}}(\eta_{\text{cp}}, n, \Theta_c, d, f_0, t, W, \phi) :=$ 
 $\varepsilon \leftarrow 10^{-6}$ 
 $C \leftarrow 331.5 \cdot \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$ 
 $C_w \leftarrow C + W \cdot \cos(\phi)$ 
 $k \leftarrow \frac{\pi \cdot d \cdot f_0}{C_w}$ 
 $A_1 \leftarrow \cos(k \cdot \Theta_c)$ 
 $A_{\text{cp}} \leftarrow -2 \cdot \eta_{\text{cp}} \cdot \cos(n \cdot k \cdot \Theta_c) \cdot n^2 \cdot k^2 \cdot A_1$ 
 $B_1 \leftarrow \cos(k \cdot \Theta_c)$ 
 $B_2 \leftarrow 2 \cdot \cos(n \cdot k \cdot \Theta_c) \cdot n^2 \cdot k \cdot \sin(k \cdot \Theta_c)$ 
 $B_{\text{cp}} \leftarrow -2 \cdot \sin(n \cdot k \cdot \Theta_c) \cdot n \cdot k \cdot B_1 + B_2$ 
 $C_{\text{cp}} \leftarrow 2 \cdot \eta_{\text{cp}} \cdot \sin(n \cdot k \cdot \Theta_c) \cdot n \cdot \sin(k \cdot \Theta_c)$ 
 $\alpha_2 \leftarrow \frac{-B_{\text{cp}} - \sqrt{B_{\text{cp}}^2 - 4 \cdot A_{\text{cp}} \cdot C_{\text{cp}}}}{2 \cdot A_{\text{cp}}}$ 
 $\alpha_1 \leftarrow \alpha_2 + 2 \cdot \varepsilon$ 
while  $|\alpha_2 - \alpha_1| > \varepsilon$ 
 $\alpha_1 \leftarrow \alpha_2$ 
 $u_1 \leftarrow \sin(n \cdot k \cdot \sin(\Theta_c - \alpha_1))$ 
 $v_1 \leftarrow n \cdot \sin(k \cdot \sin(\Theta_c - \alpha_1))$ 
 $u_2 \leftarrow \sin(n \cdot k \cdot \sin(\Theta_c + \alpha_1))$ 
 $v_2 \leftarrow n \cdot \sin(k \cdot \sin(\Theta_c + \alpha_1))$ 
 $u_{1np} \leftarrow -n \cdot k \cdot \cos(n \cdot k \cdot \sin(\Theta_c - \alpha_1)) \cdot \cos(\Theta_c - \alpha_1)$ 
 $v_{1np} \leftarrow -n \cdot k \cdot \cos(k \cdot \sin(\Theta_c - \alpha_1)) \cdot \cos(\Theta_c - \alpha_1)$ 
 $u_{2np} \leftarrow n \cdot k \cdot \cos(n \cdot k \cdot \sin(\Theta_c + \alpha_1)) \cdot \cos(\Theta_c + \alpha_1)$ 
 $v_{2np} \leftarrow n \cdot k \cdot \cos(k \cdot \sin(\Theta_c + \alpha_1)) \cdot \cos(\Theta_c + \alpha_1)$ 
 $U \leftarrow u_1 \cdot v_2 - v_1 \cdot u_2$ 
 $V \leftarrow u_1 \cdot v_2 + v_1 \cdot u_2$ 
 $U_{np} \leftarrow u_{1np} \cdot v_2 + u_1 \cdot v_{2np} - v_{1np} \cdot u_2 - v_1 \cdot u_{2np}$ 
 $V_{np} \leftarrow u_{1np} \cdot v_2 + u_1 \cdot v_{2np} + v_{1np} \cdot u_2 + v_1 \cdot u_{2np}$ 
 $F \leftarrow \eta_{\text{cp}} - \frac{U}{V}$ 
 $F_{np} \leftarrow \frac{-(U_{np} \cdot V - U \cdot V_{np})}{V^2}$ 
 $\alpha_2 \leftarrow \alpha_1 - \frac{F}{F_{np}}$ 
 $\alpha_2$ 

```

$$u_{2np} \leftarrow n \cdot k \cdot \cos(n \cdot k \cdot \sin(\Theta_c + \alpha_1)) \cdot \cos(\Theta_c + \alpha_1)$$

$$v_{2np} \leftarrow n \cdot k \cdot \cos(k \cdot \sin(\Theta_c + \alpha_1)) \cdot \cos(\Theta_c + \alpha_1)$$

$$U \leftarrow u_1 \cdot v_2 - v_1 \cdot u_2$$

$$V \leftarrow u_1 \cdot v_2 + v_1 \cdot u_2$$

$$U_{np} \leftarrow u_{1np} \cdot v_2 + u_1 \cdot v_{2np} - v_{1np} \cdot u_2 - v_1 \cdot u_{2np}$$

$$V_{np} \leftarrow u_{1np} \cdot v_2 + u_1 \cdot v_{2np} + v_{1np} \cdot u_2 + v_1 \cdot u_{2np}$$

$$F \leftarrow \eta_{cp} - \frac{U}{V}$$

$$F_{np} \leftarrow \frac{-(U_{np} \cdot V - U \cdot V_{np})}{V^2}$$

$$\alpha_2 \leftarrow \alpha_1 - \frac{F}{F_{np}}$$

$\alpha_2$

$$\alpha_{MH.}(\eta_{cp}) := \alpha_{MH.}(\eta_{cp}, n, \Theta_c, d, f_0, t, W, \phi)$$

$$\text{Пример 1} \quad U_1 := 5 \quad \text{В} \quad \quad \quad U_2 := 3 \quad \text{В} \quad \quad \eta_{cp} := \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2}$$

$$\eta_{cp} = 0.25$$

$$\alpha_{MH.}(0.25) = 5.969648 \times 10^{-3} \quad \text{рад}$$

$$\text{Пример 2} \quad U_1 := 3 \quad \text{В} \quad \quad \quad U_2 := 5 \quad \text{В} \quad \quad \eta_{cp} := \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2}$$

$$\eta_{cp} = -0.25$$

$$\alpha_{MH.}(-0.25) = -5.969648 \times 10^{-3} \quad \text{рад}$$

$$\text{Пример 3} \quad U_1 := 5 \quad \text{В} \quad \quad \quad U_2 := 5 \quad \text{В} \quad \quad \eta_{cp} := \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2}$$

$$\eta_{cp} = 0 \quad \alpha_{MH.}(0) = 0 \quad \text{рад}$$

### Литература

Патент 2323449 Российская Федерация, МПК G01S 3/80, 3/803, 5/20. Способ определения пеленга источника звука./ Шмелёв В. В. и др.; Заявитель и патентообладатель Тульский ГУ. № 2006138753/09; заявл. 02.11.2006; опубл. 27.04.2008, Бюл. № 12. – 24 с.: ил.

В.В. Шмелёв

**ФУНКЦИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ОТНОШЕНИЯ РАЗНОСТИ  
НАПРЯЖЕНИЙ НА ВЫХОДАХ КАНАЛОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА  
АКУСТИЧЕСКОГО РАВНОСИГНАЛЬНОГО ЛОКАТОРА К ИХ СУММЕ**

Тула, Тульский государственный университет

Возможная техническая реализация акустического локатора (АЛ) приведена в работе [1]. Для оценки среднеквадратических ошибок (СКО) пеленгования АЛ источников звука (ИЗ) кроме ряда параметров необходимо также знать аналитическое выражение (АВ) функции плотности вероятности (ФПВ) вышеуказанных напряжений. Найдём это АВ.

Пелагационная характеристика АЛ, использующего равносигнальный способ определения пеленгов ИЗ с суммарно-разностной обработкой сигнала, описывается следующим АВ [1]:

$$\eta_{CP} = (U_1 + U_{ш1} - U_2 - U_{ш2}) / (U_1 + U_2 + U_{ш1} + U_{ш2}) = \frac{\xi_2}{\xi_1},$$

при  $\Theta_c < \alpha < \Theta_c$ ,

где  $U_1$  и  $U_2$  – постоянные напряжения на выходах 1 и 2 каналов обработки сигнала АЛ, являющиеся результатом суммирования электрических сигналов, поступающих со звукоприёмников (ЗП) 1 и 2 линейных групп (ЛГ) соответственно, усиления и детектирования суммарных сигналов в этих каналах, которые являются случайными величинами (СВ), т. к. ЗП принимают акустические сигналы от ИЗ, поступающие по прямым и отражённым от подстилающей поверхности, движущихся облаков и местных предметов (например деревьев, ветви которых качаются под воздействием ветра) лучам;

$U_{ш1}$  и  $U_{ш2}$  – постоянные напряжения на выходах 1 и 2 каналов обработки сигнала АЛ, являющиеся результатом суммирования ветровых шумов, поступающих со ЗП 1 и 2 ЛГ соответственно, тепловых шумов устройств этих каналов, усиления и детектирования их в этих каналах, которые являются также СВ, т. к. уровень звукового давления, создаваемого ветром из-за его порывов меняется случайным образом с течением времени, кроме того мгновенные значения напряжений, вызываемые тепловыми шумами электронных устройств каналов обработки сигналов, также являются СВ;

$\Theta_c$  – угол смещения рабочих осей характеристик направленности 1 и 2 ЛГ ЗП относительно равносигнального направления;

$\alpha$  - пеленг ИЗ.

Так как число ЗП в каждой ЛГ будет 2 и более, то в соответствие с центральной предельной теоремой вероятностей СВ  $\xi_1$  и  $\xi_2$  будут распределены по нормальному закону, ФПВ которых имеют такой вид [2]:

$$w(\xi_1) = \left[ 1 / (\sigma_{\xi_1} \sqrt{2\pi}) \right] \exp \left[ - \frac{(\xi_1 - m_{\xi_1})^2}{2\sigma_{\xi_1}^2} \right], \text{ при } -\infty < \xi_1 < \infty,$$

где  $m_{\xi_1} = (m_{U_1} + m_{U_2} + m_{U_{ш1}} + m_{U_{ш2}})$  - математическое ожидание (МО) СВ  $\xi_1$ ;

$m_{U_1}, m_{U_2}, m_{U_{ш1}}, m_{U_{ш2}}$  - МО СВ  $U_1, U_2, U_{ш1}$  и  $U_{ш2}$  соответственно;

$\sigma_{\xi_1} = (\sigma_{U_1}^2 + \sigma_{U_2}^2 + \sigma_{U_{ш1}}^2 + \sigma_{U_{ш2}}^2)^{1/2}$  - среднеквадратическое отклонение (СКО) СВ  $\xi_1$ ;

$\sigma_{U_1}, \sigma_{U_2}, \sigma_{U_{ш1}}$  и  $\sigma_{U_{ш2}}$  - СКО СВ  $U_1, U_2, U_{ш1}$  и  $U_{ш2}$  соответственно;

$$w(\xi_2) = \left[ 1 / (\sigma_{\xi_2} \sqrt{2\pi}) \right] \exp \left[ - \frac{(\xi_2 - m_{\xi_2})^2}{2\sigma_{\xi_2}^2} \right], \text{ при } -\infty < \xi_2 < \infty;$$

$$m_{\xi_2} = (m_{U_1} - m_{U_2} + m_{U_{III}} - m_{U_{III}}) - \text{МО СВ } \xi_2;$$

$$\sigma_{\xi_2} = (\sigma_{U_1}^2 + \sigma_{U_2}^2 + \sigma_{U_{III}}^2 + \sigma_{U_{III}}^2)^{1/2} - \text{СКО СВ } \xi_2.$$

ФПВ СВ  $\eta_{CP}$   $W(\eta_{CP})$  найдётся из такого АВ [2]:

$$W(\eta_{cp}) = \int_{-\infty}^{\infty} |\xi_1| W(\xi_1) W(\xi_2 = \xi_1 \eta_{cp}) d\xi_1. \quad (1)$$

Произведя интегрирование в АВ (1) по  $\xi_1$ , получим искомую ФПВ в таком виде [3]:

$$W(\eta_{CP}) = \frac{I_{CP}}{2\pi \sigma_{\xi_1} \sigma_{\xi_2}}, \quad (2)$$

где

$$I_{CP} = I_{1CP} + I_{2CP};$$

$$I_{1CP} = I_1 \exp \left[ - \left( \frac{m_{\xi_1}^2}{2\sigma_{\xi_1}^2} + \frac{m_{\xi_2}^2}{2\sigma_{\xi_2}^2} \right) \right];$$

$$I_{2CP} = I_2 \exp \left[ - \left( \frac{m_{\xi_1}^2}{2\sigma_{\xi_1}^2} + \frac{m_{\xi_2}^2}{2\sigma_{\xi_2}^2} \right) \right];$$

$$I_1 = \frac{1}{2\mu_{CP}} - \frac{\nu_{CP}}{2\mu_{CP}} \sqrt{\frac{\pi}{\mu_{CP}}} \exp \left( \nu_{CP}^2 / \mu_{CP} \right) \left[ 1 - \Phi \left( \nu_{CP} / \sqrt{\mu_{CP}} \right) \right];$$

$$I_2 = \frac{1}{2\mu_{CP}} + \frac{\nu_{CP}}{2\mu_{CP}} \sqrt{\frac{\pi}{\mu_{CP}}} \exp \left( \nu_{CP}^2 / \mu_{CP} \right) \left[ 1 + \Phi \left( \nu_{CP} / \sqrt{\mu_{CP}} \right) \right];$$

$$\mu_{CP} = \frac{1}{2\sigma_{\xi_1}^2} + \frac{\eta_{CP}^2}{2\sigma_{\xi_2}^2},$$

$$\nu_{CP} = \frac{m_{\xi_1}}{2\sigma_{\xi_1}^2} + \frac{m_{\xi_2} \eta_{CP}}{2\sigma_{\xi_2}^2};$$

$$\Phi \left( \nu_{CP} / \sqrt{\mu_{CP}} \right) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\left( \nu_{CP} / \sqrt{\mu_{CP}} \right)} e^{-x^2} dx \quad \text{- интеграл вероятности.}$$

АВ (2) и является ФПВ СВ  $\eta_{CP}$ , которая позволяет исследовать влияние параметров ИЗ, среды распространения акустического сигнала и АЛ на СКО пеленгования и в конечном счёте на ошибки определения местоположения данного ИЗ.

Графики ФПВ для трёх вариантов исходных данных представлены на нижеследующем рисунке.

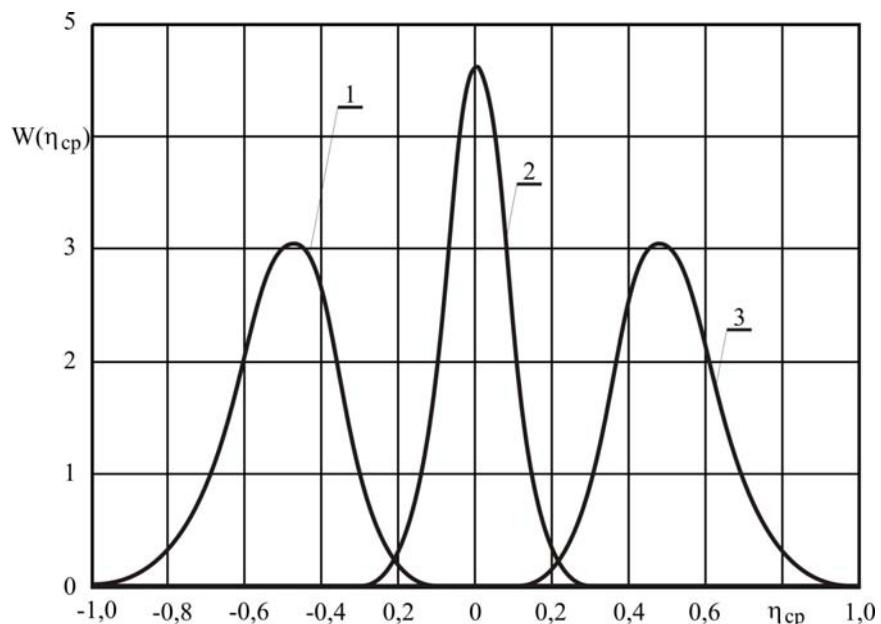


Рис. 1. Функции плотности вероятности случайной величины  $\eta_{cp}$  одного из источников звука на определённом удалении его от акустического локатора.

На этом рисунке кривая 1 рассчитана когда ИЗ, находится на левом крае сектора разведки АЛ; кривая 2 - когда ИЗ, - на средине сектора разведки АЛ, т. е. на равносигнальном направлении; кривая 3 - когда ИЗ, - на правом крае сектора разведки АЛ.

Можно показать, что условие нормировки этой ФПВ выполняется, т.е.

$$\int_{-\infty}^{\infty} W(\eta_{cp}) d\eta_{cp} = 1,$$

да это видно и из представленного рисунка: площади под кривыми (их можно аппроксимировать равнобедренным треугольником), описывающими данную ФПВ, равны примерно 1. Кроме того из этого рисунка видно, что разброс значений  $\eta_{cp}$  в основании у кривых 1 и 3 больше, чем у кривой 1, поэтому при расположении ИЗ на краях сектора разведки следует ожидать большие СКО пеленгования, чем в случае его расположения на средине сектора разведки АЛ.

Выводы:

1. АВ (2) с его составляющими является верным.
2. Это АВ можно использовать для математической модели случайных ошибок пеленгования ИЗ АЛ, в котором применяется равносигнальный способ определения пеленга с суммарно-разностной обработкой сигнала.

#### Литература

1. Патент 2274873, Российская Федерация, МПК G01S 3/00. Акустический пеленгатор / Шмелёв В. В. и др. ; Заявитель и патентообладатель Тульский ГУ. № 2004103751/09; заявл. 09.02.2004 ; опубл. 20.04.2006, Бюл. № 11. – 24 с.: ил.
2. Горянинов В. Т., Журавлев А. Г., Тихонов В. И. Примеры и задачи по статистической радиотехнике. – М.: Советское радио, 1979. - 600 с.
3. Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов сумм, рядов и произведений. – М.: Госиздат физико-математической литературы, 1962.- 1100 с.

М.Б. Цудиков, О.Ю. Горбунова

## ПАНОРАМНОЕ УСТРОЙСТВО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ С ПРОГРАММНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ ПОВОРОТА

Тула, Тульский государственный университет

Панорамные оптико-электронные устройства наблюдения (ПОЭУН) применяются как системы обзора местности и обнаружения объектов, в частности системы ввода в ЭВМ изображений и других пространственных распределений светового потока. Как показали ранее проведенные патентные исследования, возможны различные конфигурации как системы панорамного оптико-электронного наблюдения в целом, так и оптико-механического узла, осуществляющего сканирование местности.

ПОЭУН с оптико-механическим узлом с компенсацией поворота изображения [1] имеет следующие недостатки: наличие узла оборачивания изображений, реализованного в виде призмы Аббе, которая дает повышенные aberrации в сходящихся пучках света, что не позволяет применять длиннофокусные объективы без увеличения габаритов устройства, следовательно ограничивает разрешающую способность устройства при сканировании изображений.

Схема ПОЭУН с оптико-механическим узлом без компенсации поворота изображения представлена на рисунке 1.

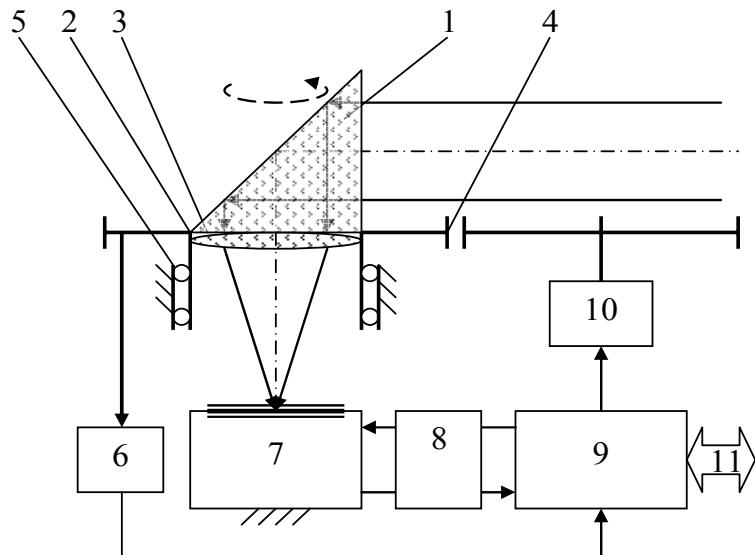


Рис. 1. Сканирующая система без компенсации поворота изображений

В состав оптико-механического узла входят следующие элементы: 1 – поворотное зеркало; 2 – оправка поворотного зеркала; 3 - объектив; 4 - механическая передача; 5 - подшипник; 6 - датчик положения; 7 – многоэлементный фотоэлектронный преобразователь; 8 – электронный блок компенсации поворота изображения; 9 - блок управления; 10 – привод; 11 - интерфейс с ЭВМ [2].

Фоточувствительная матрица многоэлементного преобразователя имеет размеры  $M \times N$  пикселей. В процессе сканирования изображение кадра вращается в её плоскости (рисунок 2). Очевидно, что при программной реализации компенсации вращения изображения, диагональ скорректированного кадра размерами  $a \times b$  пикселей должна быть не больше минимального размера фоточувствительной матрицы. Таким образом, выбирая размеры скорректированного кадра, необходимо обеспечивать совместное выполнение условий  $0 < a < M$  и  $b \leq \sqrt{M^2 - a^2}$ .

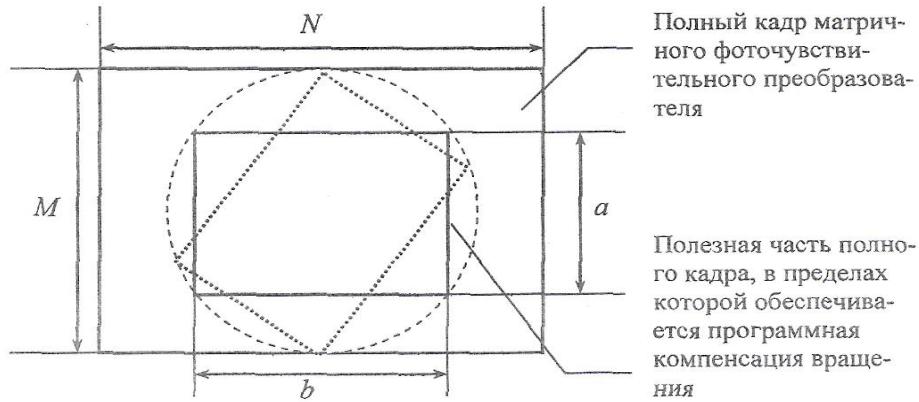


Рис. 2. Определение размеров корректируемой области кадра

Если обозначить множество пикселей исходного изображения как  $\{P[m, n]\}$ , а множество пикселей скорректированного изображения как  $\{P^*[m, n]\}$ , то процесс компенсации вращения и формирования скорректированного изображения можно свести к поэлементному преобразованию вида  $P^*[m, n] = P[m^*, n^*]$  где координаты  $m^*$ ,  $n^*$  определяются как результат аффинного преобразования:

$$m^* = \left( n - \frac{N}{2} \right) \cdot \sin \varphi_k + \left( m - \frac{M}{2} \right) \cdot \cos \varphi_k; \quad n^* = \left( n - \frac{N}{2} \right) \cdot \cos \varphi_k - \left( m - \frac{M}{2} \right) \cdot \sin \varphi_k,$$

угол  $\varphi_k$  в последних выражениях определяется через общее число кадров  $K$ , образующих панораму, как  $\varphi_k = K \cdot \frac{2\pi}{K}$ , где  $k$  - номер кадра.

Для обеспечения возможности автоматического совмещения отдельных кадров в общую панораму число  $K$  следует выбирать таким, чтобы при сканировании сохранялось перекрытие соседних кадров (рисунок 3 а, т. е. угол поворота камеры при формировании последовательно расположенных кадров должен быть меньше ширины поля зрения отдельного кадра). В этом случае в последовательно расположенных кадрах будет присутствовать изображение одного и того же фрагмента сцены (рисунок 3 б).

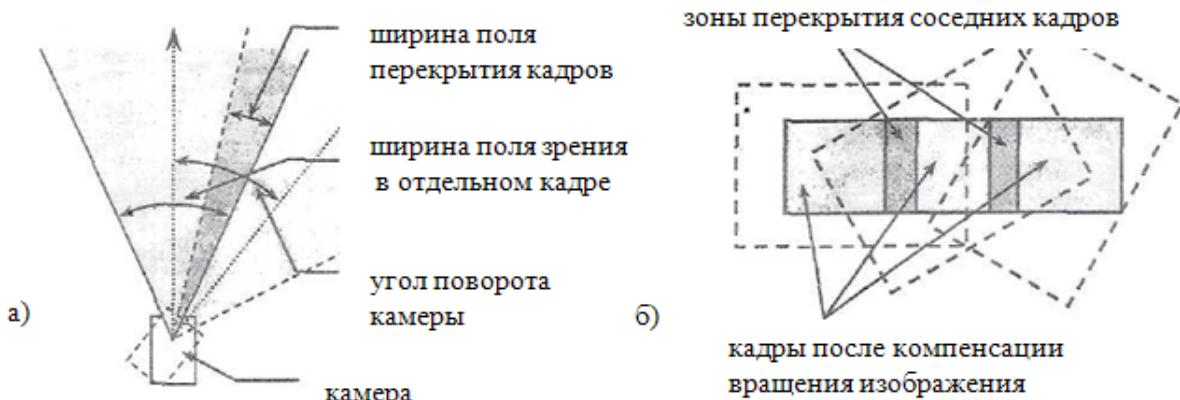


Рис. 3. Формирование последовательно расположенных кадров панорамного изображения

Поля соседних кадров, ограниченные соответствующей зоной перекрытия, могут рассматриваться как пара элементов многокадровой модели изображения. Это позволяет использовать, с соответствующей адаптацией к условиям решаемой задачи,

существующий математический аппарат обработки многокадровых моделей изображений.

Сборка панорамы представляет собой последовательное совмещение соседних кадров  $(k-1)$  и  $k$  для всех  $k = 1..(K-1)$ . Вкратце, методика совмещения кадров может быть сформулирована следующим образом.

1. Зона перекрытия левого из рассматриваемых кадров с номером  $(k-1)$  разбивается на некоторое количество непересекающихся подобластей, внутри каждой из которых выбирается по одной опорной точке. В качестве критерия отнесения точки к множеству опорных может быть выбран, например, максимум дисперсии яркости пикселей, образующих окружение этой точки, по сравнению со всеми другими точками соответствующей подобласти.

2. В зоне перекрытия правого из рассматриваемых кадров с номером  $k$  осуществляется поиск точек, соответствующих опорным. Поскольку оба кадра в процессе компенсации вращения изображения были предварительно скорректированы, несоответствия в координатах исходных опорных точек левого кадра и отыскиваемых соответствующих точек правого кадра должны отличаться не очень существенно. Это позволяет в качестве критерия соответствия использовать максимум коэффициента корреляции, или минимум суммы квадратов разностей яркостей пикселей, вычисляемые по некоторому окружению.

3. На основании различий в координатах опорных пикселей в рассматриваемых кадрах вычисляется линейное смещение и угол поворота правого кадра относительно левого.

4. Выполняется аффинное преобразование правого кадра с найденными значениями сдвига и поворота с целью совмещения в единое изображение с левым кадром.

Таким образом, исключение из системы блока обрачивания изображений, предназначенного для компенсации поворота изображения в плоскости расположения фотоприемников, позволяет существенно упростить систему, даже по сравнению с купольными камерами с одностепенным и двухстепенным подвесами. Это, в свою очередь, обеспечивает существенное снижение стоимости и повышение конкурентоспособности предлагаемого устройства по сравнению с известными аналогами. Алгоритмы обработки изображений в рассматриваемой системе по временной вычислительной сложности сопоставимы, например, с алгоритмами исправления аберраций в бескинематических купольных камерах.

ПОЭУН с оптико-механическим узлом без компенсации поворота изображения в отличие от устройства с компенсацией поворота изображения обладает большей технологичностью, и меньшими габаритными размерами устройства для кругового сканирования.

#### Литература

1. Пат. 2355005 Российская Федерация, МПК G02B 26/10 (2006.01). Устройство для кругового сканирования - / Живов Е.А., Ларкин Е.В., Летяго А.Г., Прядко В.И., Стоналов С.В., Утехин А.Н., Цудиков М.Б.; заявитель и патентообладатель ООО ТПП «Конус», г. Тула - №2007128502/28(031035); заяв. 24.07.2007; опубл. 10.05.09, бюл. № 13. – 2с.: ил.
2. Устройство для кругового сканирования – заявка на полезную модель №2009131383 от 17.08.2009/ Акименко Т.А., Горбунова О.Ю., Ларкин Е.В., Летяго А.Г, Цудиков М.Б.

К.А. Котов

## МЕТОД СРАВНЕНИЯ РАСПОЗНАВАЕМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ С ЭТАЛОННЫМ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО ЦИФРОВОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ

Тула, Тульский государственный университет

На практике часто возникает задача поиска человека, точнее сведений о нем, хранящихся в базе данных, по имеющейся фотографии с изображением человека в случайном ракурсе. Но, несмотря на высокую исследовательскую активность в данной области, существует ряд задач, не нашедших пока удовлетворительных решений.

Основными проблемами являются высокие требования к условиям съёмки изображений. Изображения эталонов и объектов распознавания зачастую должны быть получены в близких условиях освещённости, одинаковом ракурсе и должна быть проведена качественная предварительная обработка, приводящая изображения к стандартным условиям (масштаб, поворот, центрирование, выравнивание яркости, отсечение фона). Нежелательно наличие таких факторов, как очки, изменения в причёске, выражении лица и прочих внутриклассовых вариаций. Задача идентификации личности по изображению лица в произвольном ракурсе ставит в тупик большинство существующих методов распознавания.

В докладе рассматривается подход к решению этой задачи, основанный на нахождения вектора признаков, инвариантных к ракурсу изображения лица. Более подробно описан метод сравнения изображений, а точнее полученных из них векторов признаков при идентификации личности человека по цифровому изображению. В качестве априорной информации выступают наборы векторов признаков, полученных с эталонных изображений в двух плоскостях.

Для идентификации объекта, в общем случае, необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Предварительная обработка и нормализация цифрового изображения
2. Построение контура и формирование односвязного контура.
3. Определение множества информативных признаков для идентификации личности по изображению лица.
4. Разработка метода сравнения изображений с эталоном.

Первый этап необходим, так как ни одна система регистрации не обеспечивает идеального качества изображений исследуемых объектов. Изображения в процессе формирования их изображающими системами (фотографическими, голограммическими, телевизионными) обычно подвергаются воздействию различных случайных помех или шумов [7]. Наиболее простыми и эффективными способами сглаживания подавления шумов являются низкочастотная и медианная фильтрация[8].

Процесс формирования односвязного контура состоит из трех этапов:

- Выбор опорной точки  $T$ .
- Нахождение точки в поле поиска, ближайшей к опорной.
- Пересылка найденного в поле поиска элемента контура в массив точек формируемого односвязного контура.

Условиями выбора ближайшей точки по отношению к опорной являются следующие:

- a) точки должны иметь одинаковую яркость:  $B_T = B_k$ ,  
где  $B_T$  и  $B_k$  – яркости соответственно опорной точки  $T$  и выбранной из массива поля поиска точки  $k$ ;

б) точки должны располагаться близко друг к другу. Это условие проверяется по неравенству  $(x_t - x_k)^2 + (y_t - y_k)^2 \leq 2$ .

Однако этих двух условий не всегда бывает достаточно для правильного выбора точки  $k$ , ближайшей к опорной точке. Поэтому для правильного выбора точки  $k$  необходимо дополнительное условие, характеризующее направление движения при формировании односвязных контуров.

Для решения задачи сравнения изображений с эталоном предлагается метод, основанный на контурной согласованной фильтрации.

Этот метод использует всю информацию, имеющуюся в контурах  $N_{\mathcal{E}}$  и  $N$  изображений  $W_{\mathcal{E}}$  и  $W$ , и инвариантен к параметрам линейных преобразований. Из-за небольшого, по сравнению со всеми изображениями, количества контурных точек, временные затраты будут сравнительно невысокими. Рассмотрим основные аспекты решения этой задачи.

Пусть получен ряд изображений  $W_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, M$ , одного и того же объекта, причем положение объекта при формировании изображения не фиксировано: возможны линейные преобразования соответственно с параметрами  $h$ ,  $\Delta\phi$ ,  $|\mu|$  переноса, поворота, масштабирования. Кроме того, каждое из изображений  $W_j$  содержит в качестве неизбежных составляющих помехи, вызванные действием ошибок дискретизации  $D$  и широкополосного шума  $n$ . Ансамбль полученных изображений объекта запишем как

$$\{W_j(h, \Delta\phi, |\mu|) + D + n\}_{1,M}$$

Пусть, далее, в результате применения к  $W_j$  оператора выделения контура и последующей эквализации сформирован ансамбль контуров этих изображений, имеющих одну и ту же размерность  $k$ . Дополнительно осуществим нормировку этих контуров, разделив элементарный вектор(ЭВ)  $v_j(m)$  каждого контура на величину своей нормы  $\|N_j\|$ . Ансамбль нормированных контуров имеет вид

$$\{N_{j,n}(h, \Delta\phi, |\mu|, D, n)\}_{1,M}$$

Все мешающие факторы, имеющие место в первом представлении, оказывают влияние на вид комплекснозначных контуров  $N_{j,n}$ , причем добавились шумы эквализации. Контуры, входящие в этот ансамбль, содержат одинаковое количество ЭВ и имеют одинаковую, равную единице норму. Они отличаются друг от друга только произвольным углом поворота и наличием у каждого вектор-контура случайной составляющей. Процедуру совмещения контуров одного и того же объекта определим следующим образом.

Пусть  $|\eta_{j,l}(m)|$  — модуль ВКФ контуров  $N_{j,n}$  и  $N_{l,n}$  изображений  $W_j$  и  $W_l$ , причем  $|\eta_{j,l}(m_0)|$  — максимальное значение этого модуля, т.е.  $|\eta_{j,l}(m)| = |\eta_{j,l}|_{\max}$ . Сдвинем начальную точку  $a_0$  одного из изображений на  $m_0$  ЭВ таким образом, чтобы отсчет ВКФ  $|\eta_{j,l}(0)|$  стал максимальным, т.е. чтобы  $|\eta_{j,l}(0)| = |\eta_{j,l}|_{\max}$  (рис. 1).

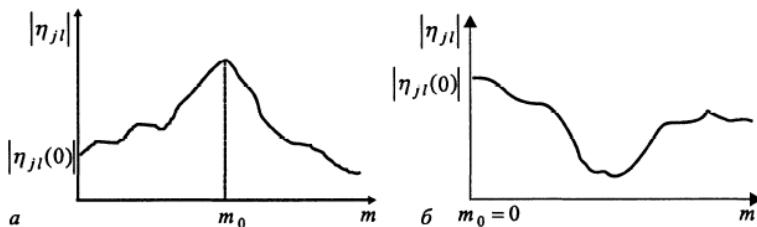


Рис.1. Изменение модуля ВКФ двух контуров а) при случайному положении контуров  
б) при оптимальном совмещении контуров.

Тогда контуры  $N_{j,H}(m_0)$  и  $N_{l,H}$  будут оптимально совмещены по критерию максимальной схожести, задаваемой модулем их ВКФ. Отсюда следует, что для оптимального совмещения при неизвестном сдвиге начальной точки контуров одного и того же изображения необходимо:

1. сформировать нормированные и эквализованные представления этих контуров;
2. вычислить количественную меру схожести совмещенных контуров в виде отсчета  $|\eta_{j,l}(m)|$  их ВКФ при  $m = 0$ ;
3. варьируя положение начальной точки одного из контуров, получить максимальное значение меры:  $|\eta_{j,l}(0)| = |\eta_{j,l}|_{\max}$

Метод предполагает решение задачи сравнения изображений на основе методов контурного анализа, в частности, с помощью контурной согласованной фильтрации, позволяющий на основе вычисленных метрических параметров лица выполнить сравнение с эталонными векторами из базы данных с последующим распознаванием.

#### Литература

1. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. - Подходы и методы распознавания людей по фотопортретам. – Минск, ИТК НАНБ, 1998. - 54с.
2. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Методика автоматизированного распознавания людей по фотопортретам // Цифровая обработка изображений. - Минск: ИТК, 1999.-С.81-85.
3. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Выбор признаков для распознавания на основе статистических данных // Цифровая обработка изображений. - Минск: ИТК, 1999.-С.105-114.
4. D.B. Graham and N.M. Allinson "Face recognition using virtual parametric eigenspace signatures," Image Processing and its Applications, pp. 106-110, 1997.
5. Lanitis A., Taylor C. J. and Cootes T. F. Automatic Interpretation and Coding of Face Images Using Flexible Models. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 1997.
6. Grudin M. A., Lisboa P. J., Harvey D. M. Compact multi-level representation of human faces for identification. Image Processing and its Applications, 1997, Vol. 19, pp. 743-756.
7. Сойфер В.А. Компьютерная обработка изображений. Часть 2. Методы и алгоритмы. //Соросовский образовательный журнал, №3, 1996. – с. 110 - 117.
8. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2 – 480 с.

Д.В. Пинин

#### **УСТРАНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ МИКРОФИЛЬМИРОВАНИЯ**

Тула, Тульский государственный университет

*Рассмотрена методика устранения геометрических искажений, возникающих при восстановлении цветного изображения из набора монохромных кадров, полученных микрофильмированием чертежно-графической документации.*

Микрофильмирование цветной документации на черно-белые светочувствительные материалы имеет ряд преимуществ, по сравнению с прямым микрофильмированием на цветные светочувствительные материалы, такие как дешевизна пленки, возможность долговременного хранения, простота процессов химико-фотографической обработки. Однако, при восстановлении цветного изображения из набора монохромных кадров невозможно избежать геометрических искажений и сдвигов возникающих при сканировании.

Выбор одного из кадров в качестве основы и ручное внесение нелинейных искажений в остальные кадры таким образом, чтобы соответствующие объекты (линии, точки, надписи и т.д.) в различных каналах оказались совмещенными, возможно, но имеет несколько существенных недостатков:

- весьма трудоемкая процедура, требующая от оператора определенных навыков;
- восстановленное цветное изображение, сохранит геометрические искажения, которые соответствовали ключевому кадру – это может оказаться недопустимым при работе с чертежно-графической или картографической информацией.

Для устранения указанных недостатков предлагается автоматизированная процедура восстановления цветного изображения, суть, которой приведена ниже.

Исходными данными для формирования восстановленного цветного изображения являются три кадра, содержащих монохромные изображения отдельных цветовых каналов (R, G и B). Формально их можно описать прямоугольными матрицами  $\{P'_c[m, n]\}$  размера  $H \times W$ , где индекс  $c$  определяет цвет обрабатываемого канала. Начало координат  $[m, n] = [0, 0]$  соответствует левому верхнему углу изображения.

Исходные изображения, переносимые на микрофильм, содержат разметку в виде последовательности опорных точек, по которым, в дальнейшем, можно корректировать возникающие геометрические искажения. Структура разметки и принятая нумерация маркеров показана на рис. 1.

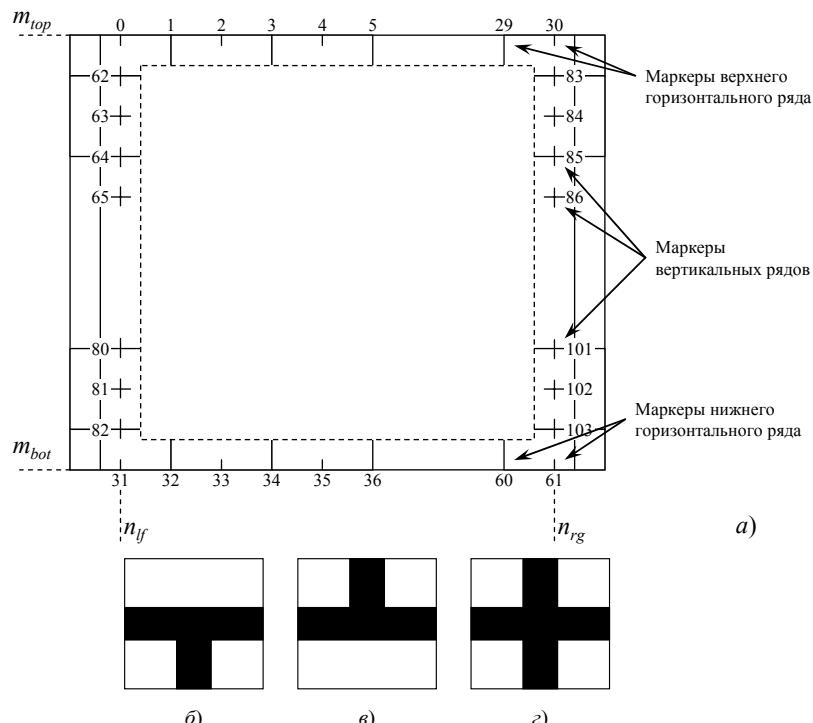


Рис. 1. Расположение маркеров по полю кадра (a) и внешний вид маркеров: верхний ряд (б), нижний ряд (в), вертикальные ряды (г)

При идеальной реализации всех преобразований изображения, входящих в технологию микрофильмирования, и полного отсутствия геометрических искажений, определить теоретические координаты  $[m_i, n_i]$  маркера не составит труда. Например, для верхнего горизонтального ряда их можно определить следующим образом:

$$m_i = m_{top}; \quad n_i = n_{lf} + i \cdot (n_{rg} - n_{lf}) / 30.$$

Величины  $m_{top}$ ,  $m_{bot}$ ,  $n_{lf}$ ,  $n_{rg}$  могут быть определены как:

$$m_{bot} = l_{bot}r/D; \quad m_{top} = l_{top}r/D; \quad n_{lf} = l_{lf}r/D; \quad n_{rg} = l_{rg}r/D,$$

где  $l_{top}$ ,  $l_{bot}$ ,  $l_{lf}$ ,  $l_{rg}$  – расстояния от края бумаги до соответствующей границы расположения маркеров,  $D$  – кратность вывода микрофильма,  $r$  – пространственное разрешение.

Поиск реальных координат маркеров на изображении предлагается осуществить методом согласованной фильтрации, для чего исходное изображение обрабатывается фильтром с ядром, представляющим эталонный образ маркера.

Формально ядро фильтра для поиска маркеров верхнего горизонтального ряда можно определить следующим образом:

$$M_t[k, l] = \begin{cases} P_0, & \text{для } (H_M/2 - \Delta H) \leq k \leq (H_M/2 + \Delta H); \\ P_0, & \text{для } k > (H_M/2 + \Delta H) \& (W_M/2 - \Delta W) \leq l \leq (W_M/2 + \Delta W); \\ P_1, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где  $H_M$ ,  $W_M$  – высота и ширина ядра фильтра;  $\Delta H$ ,  $\Delta W$  – половины ширин горизонтальной и вертикальной полос на изображении маркера;  $P_0$ ,  $P_1$  – яркости штриха и фона на эталонном изображении соответственно.

Аналогично, с учетом формы маркеров, находится ядро фильтра для маркеров нижнего горизонтального ряда  $M_b[k, l]$  и вертикальных рядов  $M_{lr}[k, l]$ .

Для реализации согласованной фильтрации средний уровень яркости элементов, образующих эталонное изображение маркера, должен быть равен нулю, для этого из яркости каждого пикселя маркера следует вычесть среднее арифметическое яркостей всех образующих маркер пикселей:

$$\tilde{M}[m, n] = M[m, n] - \frac{1}{H_M W_M} \sum_{i=0}^{H_M-1} \sum_{j=0}^{W_M-1} M[i, j].$$

В качестве искомых координат фактического расположения маркера принимаются координаты, на которых отклик фильтра достигает максимального значения, т.е.:

$$[m'_i, n'_i] = \arg \max_{[m, n] \in R[m_i, n_i]} \sum_{k=0}^{H_M-1} \sum_{l=0}^{W_M-1} P[m+k, n+l] \cdot M[k, l].$$

Для коррекции геометрических искажений кадра необходимо построить функции деформации  $\delta_m[m, n]$  и  $\delta_n[m, n]$ , показывающие величины отклонений фактических координат пикселя от истинных значений в неискажённом изображении.

Сначала находятся решетчатые аналоги этих функций:

$$\tilde{\delta}[k, l] = \frac{\tilde{\delta}'[k, l] + \tilde{\delta}''[k, l]}{2},$$

где  $\tilde{\delta}'[k, l] = \tilde{\delta}[0, l] + \frac{\tilde{\delta}[22, l] - \tilde{\delta}[0, l]}{22} \cdot k$  – функция отклонения для горизонтальной прямой,  $\tilde{\delta}''[k, l] = \tilde{\delta}[k, 0] + \frac{\tilde{\delta}[k, 30] - \tilde{\delta}[k, 0]}{30} \cdot l$  – функция отклонения для вертикальной

прямой,  $k, l$  — координаты соответствующего узла, которые представляют собой точки пересечения отрезков прямых, соединяющих противолежащие маркеры на периметре кадра.

Для определения искомых функций деформации  $\delta[m, n]$  решётчатые функции  $\tilde{\delta}[k, l]$  необходимо интерполировать в промежутках между узловыми точками.

В качестве компромиссного решения между качеством интерполяции и вычислительной эффективностью предлагается интерполировать промежутки внутри прямоугольников, образованных соседними узлами сетки, поверхностью вида:

$$\delta[m, n] = a[k, l] \cdot n + b[k, l] \cdot m + c[k, l] \cdot m \cdot n + d[k, l],$$

где  $a, b, c$  и  $d$  — коэффициенты интерполяции, вычисляемые для каждого прямоугольника путём решения системы уравнений:

$$a[k, l] \begin{pmatrix} l \cdot \Delta n \\ l \cdot \Delta n \\ (l+1) \cdot \Delta n \\ (l+1) \cdot \Delta n \end{pmatrix} + b[k, l] \begin{pmatrix} k \cdot \Delta m \\ (k+1) \cdot \Delta m \\ k \cdot \Delta m \\ (k+1) \cdot \Delta m \end{pmatrix} + c[k, l] \begin{pmatrix} kl \Delta m \Delta n \\ (k+1)l \Delta m \Delta n \\ k(l+1) \Delta m \Delta n \\ (k+1)(l+1) \Delta m \Delta n \end{pmatrix} + d[k, l] \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{\delta}[k, l] \\ \tilde{\delta}[k+1, l] \\ \tilde{\delta}[k, l+1] \\ \tilde{\delta}[k+1, l+1] \end{pmatrix} \quad (1)$$

где  $k = 0 \dots 21, l = 0 \dots 29; \Delta m = (m_{bot} - m_{top})/22; \Delta n = (n_{rg} - n_{lf})/30$ .

Решая систему уравнений (1) для всех  $k, l$  из указанных интервалов, получаем массив коэффициентов  $a, b, c$  и  $d$ , определяющих кусочную интерполяцию решётчатых функций деформации.

В результате выполнения процедуры предварительной коррекции геометрических искажений исходное изображение  $\{P'[m, n]\}$  преобразуется в изображение  $\{P''[m, n]\}$ .

Для яркости определения точки  $P''[m, n]$  достаточно вычислить координаты  $[m', n']$  соответствующей точки  $P'[m', n']$  из исходного изображения, следующим образом: вычислить  $k = \lfloor m / \Delta m \rfloor$  и  $l = \lfloor n / \Delta n \rfloor$ , где  $\lfloor \cdot \rfloor$  — операция вычисления целой части вещественного числа; используя формулу (\*) найти искомые координаты:

$$m' = \lfloor m_{min} + a_m[k, l]n + b_m[k, l]m + c_m[k, l]mn + d_m[k, l] \rfloor; \\ n' = \lfloor n_{min} + a_n[k, l]n + b_n[k, l]m + c_n[k, l]mn + d_n[k, l] \rfloor. \quad (2)$$

Для уменьшения лестничного эффекта предлагается для каждой пары координат  $[m, n]$  помимо основного преобразования (2) можно делать три дополнительных, вычисляемых для «субпикселей», смещённых на 0,5 единицы:

$$[m + 0.5, n]; [m, n + 0.5]; [m + 0.5, n + 0.5].$$

При этом результирующая яркость будет определяться как среднее арифметическое всех четырёх точек из исходного изображения.

Данная методика была практически реализована на языке высокого уровня. Экспериментальные исследования показали, что реализация методики коррекции геометрических искажений, описанной выше снижает величины расхождений в координатах соответствующих точек в различных цветовых каналах на порядок (до 3-5 пикселей).

М.Е. Тюханов

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ «МЕРТВЫХ ЗОН» ПРИ НАБЛЮДЕНИИ СЦЕНЫ

Тула, Тульский государственный университет

Одной из важных задач проектирования интеллектуальных охранных систем является задача обеспечения требуемого уровня безопасности при наличии ограничений на расходуемые материальные ресурсы. TV-камеры, используемые в качестве сенсоров охранных систем, имеют ограниченное поле зрения, обеспечивающее заданный уровень восприятия в соответствии с критерием Джонсона, однако их эффективность может быть повышена за счет размещения на подвижном основании.

Вращающиеся по углу азимута и углу места TV-камеры являются системами повышенной информативности, и в частности позволяют осуществлять панорамирование наблюдаемой территории. Однако вследствие значительности объемов информации и ограниченности информационной пропускной способности визуального канала оператора в подобных системах целесообразно реализовать режим автоматического сканирования и восприятия сцены с целью обнаружения на ней посторонних предметов. В указанных системах данные с телекамер вводятся непрерывно в ЭВМ, которая анализирует поступающую видеинформацию, распознает штатные и нештатные ситуации и сигнализирует о попытках проникновения на охраняемый объект. При появлении признаков несанкционированного доступа система должна фиксировать поле зрения на области предполагаемого нарушения.

Сканирование сцены связано с физическим перемещением оптической оси в пространстве с помощью привода, описываемого дифференциальным уравнением вида

$$\psi = f(u, \psi, \dot{\psi}, \dots, \psi^{(n)}, t), \quad (1)$$

где  $\psi$  - угол азимута;  $u$  - сигнал управления;  $f$  - некоторая функция, в общем случае нелинейная,  $t$  - время.

В качестве фотоэлектронного преобразователя в подавляющем числе TV-камер используются приборы с зарядовой связью (ПЗС), сигнал в каждой из фоточувствительных ячеек которых формируется следующим образом:

$$q = k \int_0^{\tau} \int_{a(Z)-\beta/2}^{a(Z)+\beta/2} \int_{a(Y)-\beta/2}^{a(Y)+\beta/2} B(Y, Z, t) dY dZ dt, \quad (2)$$

где  $k$  - коэффициент пропорциональности;  $\tau$  - время накопления заряда;  $\beta \times \beta$  - размер фоточувствительной ячейки;  $Y, Z$  - соответственно, горизонтальная и вертикальная координаты системы координат  $YOZ$ , связанной с центром ПЗС;  $a(Y), a(Z)$  - горизонтальная и вертикальная координаты центра фоточувствительной ячейки в системе  $YOZ$ , соответственно;  $B(Y, Z, t)$  - яркость изображения, формируемого объективом TV-камеры в плоскости расположения фоточувствительных ячеек.

Разрешение уравнения (1) относительно угла азимута  $\psi$  и сопоставление результата с выражением (2) дает следующий результат. При перемещении оптической оси в пространстве формируется динамическая апертура фоточувствительных ячеек ПЗС, зависящая от угловой скорости перемещения оптической оси. Возникновение динамической апертуры приводит к явлению «смазы», существенно сокращающему размеры зоны, обеспечивающей требуемый уровень восприятия интеллектуальной системы наблюдения. Сокращение зоны наблюдения означает появление т.н.

динамических «мертвых зон», которые требуется учитывать при проектировании охранных систем.

А.А. Ященко

## АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ВЕКТОРОВ ГРАНЕЙ ОБЪЕКТОВ

Курск, Курский государственный технический университет

Неотъемлемой предварительной процедурой обработки изображений практически для любой решаемой системой технического зрения задачи является процедура построения граней объектов. Известные алгоритмы построения граней объектов характеризуются частичной потерей информации о гранях вследствие неравномерности освещения объекта и относительно высокой вычислительной сложностью.

Предложенный алгоритм построения векторов граней объектов обладает как повышенной скоростью работы, так и позволяет сохранять необходимую информацию на изображении.

Алгоритм построения граней объектов заключается в следующем: изображение преобразуется в двухградационное, производится аппроксимация полученных контуров прямыми линиями для получения контуров объектов в виде векторов. Для этого все изображение исследуется на предмет наличия трех рядом стоящих черных точек. При нахождении таковых образуется новый вектор, для него отмечаются начальные и конечные координаты и направление.

Все остальные точки проверяются на принадлежность к одному из уже описанных векторов, и при положительном результате вектор модифицируется с учетом новой точки. Точка считается принадлежащей вектору, если она удалена от вектора не далее, чем на заданный порог. Для полученного вектора строится прямая, аппроксимирующая входящие в него точки по критерию минимальной суммы квадратов расстояний от каждой точки до прямой:

$$d = (y_1 - (k * x_1 + b))^2 + (y_2 - (k * x_2 + b))^2 + \dots + (y_n - (k * x_n + b))^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (k * x_i + b)) \quad (1)$$

где  $y_i$ ,  $x_i$  - координаты точек,  $k$ ,  $b$  – параметры аппроксимирующей прямой  $y=kx+b$ ,  $n$  – количество точек, входящих в вектор.

Для нахождения коэффициентов прямой, находят производную от расстояния  $d$  по  $k$  и по  $b$  и, приравняв значения производных к нулю, выражим коэффициенты  $k$  и  $b$ :

$$k = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^2}, \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right]^2} \quad (2)$$

В (2) выражения, содержащиеся в суммах, накапливаются в процессе исследования изображения. Делитель в обеих формулах одинаков и считается один раз.

Алгоритм построения векторов объектов представлен ниже:

1. Если рассматриваемая точка черная, то перейти к п.2, иначе п.8
2. Вычислить расстояние от точки до рассматриваемой прямой  $di=y_i-(k*x_i+b)$ .
3. Если  $d < P$ , (где  $P$  – значение порога) то включить точку в вектор, иначе п.6
4. вычислить новые значения сумм (2),
5. Вычислить новые значения  $k$  и  $b$  (2), перейти к п.8
6. Если найдены не все прямые, то перейти п.2.

7. Если найдены не все точки, то перейти к п.1.

8. Конец.

Данный алгоритм может быть применен при решении различных задач в предварительной обработки изображений в системах технического зрения.

К.У. Эзирим, М.В. Бородин, В.М. Довгаль

## СЕГМЕНТАЦИЯ СТРОКИ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ ОБРАЗЫ СИМВОЛОВ

Курск, Курский государственный технический университет

Сегментация символов является важной проблемой в распознавании символов. В данной статье, демонстрируется способ сегментации рукописной строки с помощью поиска образов символов.

Будем рассматривать образ символа как совокупность точек, образованных траекторией движения пера. Представляется обоснованным выбрать в качестве признаков, характеризующих эту траекторию, угловые коэффициенты. Такой выбор позволяет обеспечить инвариантность по отношению к переносу и масштабу.

Угловые коэффициенты будем вычислять как накопленную сумму изменений в направлении движения пера вдоль траектории по следующей формуле:

$$\theta(k) = \theta(k-1) + \gamma(k), \quad k = 1, 2, \dots$$

где  $\gamma(k)$  — изменение направления в -ой точке.

По последовательности точек будем также вычислять расстояния вдоль траектории, обозначаемые как  $x(k)$ . Поскольку  $x(k) > x(k-1)$  выполняется для всех  $k > 0$ , то можно считать, что последовательность пар  $(x(k), \theta(k))$  образует график некоторой кусочно-линейной функции. Эта функция представляет собой зависимость углового коэффициента от расстояния.

Обозначим функцию углового коэффициента, вычисленную для распознаваемой строки, через  $f(x)$ , а ту же функцию, вычисленную для эталона символа  $s$ , через  $g_s(x)$ . Предположим, что образ символа  $s$  содержится в образе распознаваемой строки начиная с позиции  $x_0$  и заканчивая позицией  $x_1$ . В этом случае отклонение между образом символа  $s$  в распознаваемой строке и эталонным образом символа  $s$  можно описать следующим образом.

$$s(s, x_0, x_1) = \min_{n=0, \pm 1, \pm 2, \dots} \int_{x_0}^{x_1} |f(x) - g_s\left(\frac{x-x_0}{x_1-x_0}\right) + 2\pi n| dx,$$

Сегментация строки, а вместе с ним и ее распознавание сводится к поиску такой строки  $s_1 s_2 \dots s_n$  и последовательности разбиений  $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$  которая обеспечила бы минимум функции ошибки

$$s(s_1 s_2 \dots s_n; x_1, x_2, x_{n-1}) = \sum_{i=1}^n s(s_i, x_{i-1}, x_i), \quad x_0 = 0.$$

### Литература

1. Выделение признаков и обработка изображений /Марк С. Никсон, Алберт С. Агуадо// - Newnes 2002.

2. Froberg, Carl-Erik. Numerical Mathematics [Текст]/ Carl-Erik Froberg //Numerical Computation and Vectors. – The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 1985.- 436 с.

3. The state of the art in On-line Recognition [Текст]/ Charles C.Tappert, Ching Y. Suen, Toru Wakahara// IEEE Transaction on pattern analysis and machine intelligence. Vol.12, No.8, August 1990.

Т.Р. Кузнецова

## ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ТОЧНОСТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Тула, Тульский государственный университет

Одной из задач, которые решаются в интеллектуальных системах видеонаблюдения, является задача определения пространственного местоположения границ объекта. При этом прохождение оптического сигнала через элементы фотоэлектронного преобразователя сопровождается сводится к физической реализации некоторой статической или динамической характеристики. Под статической характеристикой понимается простая функция

$$\zeta = F(\xi, \nu), \quad (1)$$

где  $\xi$  - вектор текущего значения аргумента;  $\nu$  - вектор параметров фотоэлектронного преобразователя;  $\zeta$  - текущее значение функции. Элементами вектора аргументов могут являться пространственные переменные (координаты  $x, y, z$ ) и время  $t$ .

Динамической характеристикой в данном случае является функция

$$\zeta = F(\xi, \nu, \nabla \zeta, \nabla^2 \zeta, \dots), \quad (2)$$

у которой элементами вектора текущего значения аргумента могут являться пространственные переменные, время, а также производные от функции  $\zeta$  по пространственным переменным/времени:

$$\nabla \zeta = \left( \frac{\partial \zeta}{\partial \xi_1}, \dots, \frac{\partial \zeta}{\partial \xi_n}, \dots, \frac{\partial \zeta}{\partial \xi_N}, \frac{\partial \zeta}{\partial t} \right); \quad \nabla^2 \zeta = \left( \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \xi_1^2}, \dots, \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \xi_n \partial \xi_k}, \dots, \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \xi_N^2}, \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \xi_1 \partial t}, \dots, \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} \right). \quad (3)$$

Статические и динамические характеристики изменяются при изменении элементов вектора параметров  $\nu$ .

Пусть задачей интеллектуальной системы является определение местоположения контрастной границы объекта, которая в обобщенной координате  $\xi \in \{x, y, z, t\}$  описывается единичным скачком Хевисайда.

Влияние статической характеристики на точность функционирования информационно-измерительной системы на базе фотоэлектронного преобразователя иллюстрируется рис. 1.

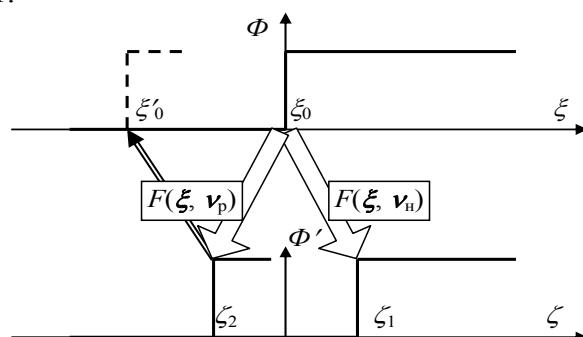


Рис. 1. Влияние погрешности статических характеристик на точность определения координаты  $\xi$

Пусть статическая характеристика такова, что при появлении единичного скачка светового потока  $\Phi$  в некоторой точке  $\xi_0$  аргумента при номинальном значении вектора параметров  $v_h$  единичный скачок выходной величины  $\zeta$  должен наблюдаться в точке  $\zeta_1$ . Вследствие того, что реальные параметры  $v_p$  отличаются от номинальных, единичный скачок переносится в точку  $\zeta_2$ . Обратный пересчет точки  $\zeta_2$  в аргумент  $\xi$  с номинальными значениями параметров  $v_h$  дает точку единичного скачка  $\xi'_0$ . Таким образом, погрешности в реализации вектора параметров  $\delta_v = v_h - v_p$  порождает погрешность в определении местоположения аргумента скачка  $\delta_\xi = \xi_0 - \xi'_0$ .

Влияние динамической характеристики фотоэлектронного преобразователя на точность функционирования информационно-измерительной системы иллюстрируется рис. 2.

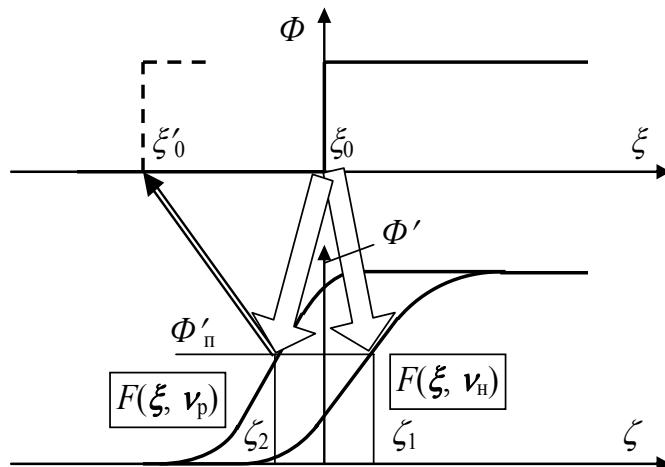


Рис. 2. Влияние погрешности динамических характеристик на точность определения координат  $y_0$  и  $z_0$

Пусть динамическая характеристика такова, что при появлении единичного скачка светового потока  $\Phi$  в некоторой точке  $\xi_0$  аргумента при номинальном значении вектора параметров  $v_h$  выходной сигнал функционального преобразователя нарастает по кривой  $F(\xi, v_h)$ . Решение о местоположении скачка принимается на основании порогового разделения  $\Phi'_{\text{п}}$  сигнала  $\Phi'$ . При номинальном значении параметров и заданном пороге определения скачка единичный скачок выходной величины  $\zeta$  должен наблюдаваться в точке  $\zeta_1$ . Вследствие того, что реальные параметры  $v_p$  отличаются от номинальных при динамическом преобразовании сигнала наблюдается изменение кривой нарастания выходного сигнала  $\Phi'$ , она принимает вид  $F(\xi, v_p)$ , а оценка местоположения единичного скачка переносится в точку  $\zeta_2$ . Обратный пересчет точки  $\zeta_2$  в аргумент  $\xi$  с номинальными значениями параметров  $v_h$  дает точку единичного скачка  $\xi'_0$ . Таким образом, как и в статическом случае, погрешности в реализации вектора параметров  $\delta_v = v_h - v_p$  порождают погрешность в определении местоположения аргумента скачка  $\delta_\xi = \xi_0 - \xi'_0$ .

Задачей проектирования фотоэлектронных преобразователей является минимизация возникающих статических и динамических ошибок вследствие отклонения элементов вектора параметров  $v$  от номинальных значений, или, по крайней мере, оценка возникающих погрешностей в определении точки  $\xi_0$  по заданным погрешностям вектора параметров. Решение этих задач сводится к установлению зависимостей (1) и (2) на этапе проектирования оптико-электронных преобразователей и определению коэффициентов влияния элементов вектора параметров  $v$  на точность статических и динамических характеристик прибора.

А.В. Кравцов

## МНОГОКАНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Тула, Тульский государственный университет

*Рассмотрены вопросы построения и применения многоканальных систем визуализации тренажерных комплексов военной техники. Затронута проблема синхронизации видеопотоков на разных каналах визуализации.*

Основная задача проектирования современных тренажеров и тренажерных комплексов состоит в создании единого информационного пространства, одной из составных частей которого является система визуализации синтезированной фоноцелевой обстановки.

К современным системам визуализации предъявляются два основных требования:

- полная синхронизация видеоизображений на всех каналах визуализации тренажерного комплекса;
- адекватное реагирование на внешние воздействия со стороны участников процесса обучения (инструктор и обучаемые).

Существует две основные схемы построения многоканальных систем визуализации. Первая из них предполагает наличие одного центрального сервера получения и обработки входной информации и клиентов, предназначенных для формирования видеоизображения на основе полученных от сервера данных. При этом сервер осуществляет обработку входной информации, математическое моделирование алгоритмов работы, баллистические расчеты и т.д. Данный подход применяется при создании отдельных тренажеров и несложных тренажерных комплексов. Достоинством вышеописанной схемы построения многоканальных систем визуализации является удовлетворение обоим предъявляемым к ним требованиям. Также можно отметить простоту алгоритма синхронизации видеопотоков визуализации и универсализацию клиентской части программного обеспечения. Среди недостатков можно выделить невозможность использования данного подхода при проектировании сложных тренажерных комплексов на базе существующих (т.е. модернизация), а также необходимость применения высокопроизводительной серверной аппаратной части.

Вторая схема основана на использовании нескольких серверных систем, каждая из которых состоит из одного сервера и нескольких клиентов. Каждый сервер отвечает за получение и обработку своей части входной информации и осуществляет математическое моделирование алгоритмов работы одного или нескольких блоков тренажерного комплекса. Клиенты формируют видеоизображение на основе полученных от всех серверов данных. Главным достоинством подобной схемы построения, является возможность ее применения как в простых тренажерах, так и в сложных тренажерных комплексах. Кроме того, указанный подход позволяет объединять существующие тренажеры в сложные тренажерные системы, т.е. производить их модернизацию. Также среди достоинств можно отметить возможность распределения вычислительной нагрузки на несколько серверов, что упрощает подбор аппаратной части. К недостаткам вышеописанной схемы построения многоканальных систем визуализации следует отнести сложность синхронизации всех каналов визуализации вследствие того, что разные серверные системы могут иметь разные производительность и пропускную способность информационных шин. При этом значительно усложняется серверная часть программного обеспечения – добавляются дополнительные алгоритмы синхронизации серверных систем, увеличивается нагрузка

на информационные каналы связи. Также усложняется клиентская часть программного обеспечения, а именно модуль обработки входной информации, поскольку приходится обрабатывать входной поток от всех серверов тренажерной систему. Таким образом, увеличивается стоимость всей тренажерной системы.

Каждая схема построения многоканальных систем визуализации имеет свои достоинства и недостатки, поэтому выбор той или иной схемы зависит от сложности и характера создаваемой тренажерной системы.

### Литература

1. Кузнецов А. В., Сакович В. А., Холод Н. И. Высшая математика: Математическое программирование. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 351 с
2. Роджерс Д., Адамс Д., Математические основы машинной графики: Пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
3. Сигал И. Х., Иванова И. П. Введение в прикладное дискретное программирование. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 240 с.

Е.И. Бугаенко

## СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Курск, Курский государственный технический университет

В настоящее время растет потребность в повышении точности информации, получаемой различными техническими средствами, и совершенствовании методов ее графического представления. Одним из методов графического представления информации является формирование панорамных изображений, которые в отличие от обычных фотографий охватывают более широкий угол обзора рабочей сцены. Большинство существующих способов формирования панорам требуют участия в процессе оператора, что делает невозможным создание панорамного изображения в автоматическом режиме.

Суть предлагаемого способа заключается в следующем: из двух цифровых изображений, полученных оптическим устройством, например, фотоаппаратом, после проведения вычислений в рамках способа формируют панорамное изображение.

Входными данными являются два цифровых изображения с наличием одинаковых областей. На первом этапе функционирования предлагаемого способа производится анализ частот повторения величин цветовых составляющих: синей, красной и зеленой. В результате анализа определяется ширина и длина наиболее информативных прямоугольных областей, на которых в дальнейшем будет осуществлен поиск похожих объектов, и настройки для выполнения этапа сегментации.

На следующем этапе, улучшении выбранных прямоугольных областей, области корректируют от шумов. Под влиянием шумов на изображениях появляются пятна и вкрапления, которые замедляют сегментацию и понижают ее качество.

Этап сегментации выполняется после улучшения прямоугольных областей, и на выходе для каждого изображения формируется множество объектов, и выявляются связи между ними. Далее для каждого изображения проходит этап поиска наиболее похожих объектов. Данный этап основан на использовании математического аппарата нечеткой логики. В результате проведения необходимых операций над данными выбираются два наиболее похожих объекта.

По найденным объектам и имеющейся о них информации выполняются этап расчета коэффициента радиальной дисторсии. Рассчитанный коэффициент

используется на следующем этапе, этапе коррекции радиальной дисторсии. Он позволяет восстановить истинные позиции точек изображений, т.е. позиций, которые они бы занимали, если бы изображение не было искажено. После восстановления истинных позиций точек объектов определяются точки соединения двух изображений.

Заключительным этапом является соединение скорректированных от влияния радиальной дисторсии изображений на основе найденных точек соединения.

Полученное таким образом панорамное изображение будет обладать высокой точностью из-за коррекции радиальной дисторсии и кроме этого, за счет того, что способ не требует участия оператора – формирование панорамного изображение может выполняться автоматически.

А.А. Певзнер, Е.А. Григорьева, С.С. Шахназаров

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СИНТЕЗА ПСИХОАКТИВИРУЮЩИХ МЕЛОДИЙ ДЛЯ НЕМЕДИКАМЕНТОЗНОЙ КОРРЕКЦИИ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Ярославль, Ярославский государственный педагогический университет  
им. К.Д. Ушинского

В настоящее время активно исследуются и разрабатываются методы акустической коррекции психофизиологического состояния человека [1,2].

Авторами предложен способ акустического воздействия на организм заключающийся в том, что производят регистрацию биосигнала, например с помощью известной аппаратуры регистрируют биопотенциалы физиологических параметров, ЭЭГ электроэнцефалографом, ЭКГ кардиографом и т.п., производят соответствующую обработку биопотенциалов (фильтрацию, редактирование, исключающее артефакты и негативные составляющие) проводят исследование спектрального состава биосигнала, из полученного спектра выделяют экстремальные гармоники и с учетом предложенных авторами коэффициентов синтезируют звуковое воздействие.

При анализе полученного биосигнала важную роль играет определение моментов его синхронизации и десинхронизации. А также проведение анализа спектрального состава биосигнала.

Существующие программные средства, по разным причинам (удобства согласования с последующими программами, лицензионных ограничений и стоимости) оказываются неудобными для решения поставленных в данном способе задач.

Авторами разработаны программы для проведения спектрального анализа полученных биосигналов и выявления моментов синхронизации и десинхронизации.

В основе алгоритма проведения спектрального анализа лежит быстрое преобразование Фурье. Программа вычисления моментов синхронизации и десинхронизации включает определение локальных экстремумов функций, вычисление временного расстояния между экстремумами и, в соответствии с заданным пороговым временным интервалом, выделяются моменты начала участков синхронизации и десинхронизации биосигнала.

Разработанный программно-аппаратный комплекс обеспечил повышение точности исследований и возможность синтеза психокорректирующих мелодий, наиболее адекватно действующих на человека в соответствии с его состоянием в данный момент времени.

### Литература

1. Певзнер, А.А. Коррекция функционального состояния человека звуковым воздействием/ А.А. Певзнер, Е.А. Григорьева, А.Л. Дьяконов // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: Материалы Третьей науч. практич. конференции. Вып. 3. Том 2. – Ярославль: Издание ВВО РЭА, 2005. – С. 124-127.
2. Патент РФ на изобретение №2296559, А 61N7/00, А 61 М 21/00, Способ воздействия на организм[текст]/ Певзнер А.А., Е.А. Григорьева, А.Л. Дьяконов, Л.А. Певзнер.

В.П. Решетникова

## УСТРАНЕНИЕ ШУМОВ В КМОП-ДАТЧИКАХ

Курск, Курский государственный технический университет

В настоящее время широко распространены устройства на КМОП-датчиках. Повышением интереса к данному классу схем является спрос на дешевые, мало потребляющие, многомодульные и компактные системы формирования изображений. Но наличие в КМОП-датчике «высокого уровня шумов» ограничивает их использование, связи с чем ведутся разработки по устранению шумов.

Представленный параметр КМОП-датчика подразделяется на временной шум (тепловой, дробовый, токовый шумы, а также шумы на стадии сброса, на стадии накопления и считывания для КМОП-датчиков с APS архитектурой пикселя) [1, 2], а также пространственный шум (геометрический) [3].

Устранение шумов ведется как на аналоговом уровне, так и цифровом. Например, Для удаления таких шумов как, шум фотодиода, тепловой, дробовый и низкочастотный шум используется метод двойной коррелированной выборки, а также подавление шумов за счет уменьшение полосы частот обрабатываемых сигналов и улучшения теплоотвода, и уменьшение времени экспозиции. Данный метод применяется не только для всей КМОП матрицы целиком, но и для каждого пикселя отдельно, тем самым улучшая «картину шумов» на получаемом изображении. Также на аналоговом уровне реализуют схемы обработки сигналов, например, схема расчета коэффициента усиления сигнала на каждом пикселе и схема пикселя для выравнивания гистограммы яркости во время получения изображения. Также часть темнового тока устраняется схемой двойной коррелированной выборки, а также используются метод «теневого кадра» и «теневые пиксели». Рассматривая цифровую методику по устранению шумов можно сказать, что здесь используются цифровые сигнальные процессоры, нейропроцессоры и высокоскоростные RISC процессоры, которые выполняют интерполирование. Также используются разнообразные фильтры, которые имеют свои плюсы и минусы. Например, Box filer (простое размытие) – помимо подавления шума портит резкие границы и размывает мелкие детали изображения. Gaussian filter – меньше размывает мелкие детали, лучше убирает шум. Median filter – резких границ не портит, убирает мелкие детали, изображение становится менее естественным. Адаптивные фильтры – меньше портят детали, зависят от большего числа параметров. Иногда изображение становится менее естественным. «Усовершенствованные» фильтры – лучшее сохранение деталей, меньше размытие. Часто сложны в реализации и очень медленные.

Основываясь на вышеизложенные методы по устранению шумов в КМОП-датчиках можно разработать устройство, обладающее простотой и многофункциональностью, которое будет работать в режиме реального времени, а

также сможет реализовывать различные алгоритмы по классификации и распознаванию изображений.

#### Литература

1. Tian H. Analysis of temporal noise in CMOS APS. // Proceedings of the SPIE, vol. 3301, (San Jose, CA), January 1998.
2. Tian H. Noise analysis in CMOS image sensors. // Stanford. Stanford University, 2000 – 114p.
3. El Gamal A. Modeling and estimation of FPN components in CMOS image sensors. // Proceedings of the SPIE, vol. 3301, (San Jose, CA), January 1998.

А.А. Хасан

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ТЕКСТУРЫ НА БАЗЕ СТАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Курск, Курский государственный технический университет

Рассматривается задача определения текстурных признаков изображения, на основе статического подхода.

В данной работе описывается программа, предназначена для определения текстурных признаков изображения, на основе статического подхода.

Одним из важных подходов к описанию областей является количественное представление их текстурных признаков. В цифровой обработке изображений для описания текстуры области применяются три основных подхода: статистический, структурный и спектральный [1]. Статистические методы позволяют охарактеризовать текстуру области как гладкую, грубую, зернистую и т.д.

Использование статистических характеристик, определяемых по гистограмме яркости всего изображения или его области является один из простейших подходов, применяемых для описания текстуры.

В описании программы был использован ряд формул для вычисления признаков текстур [1].

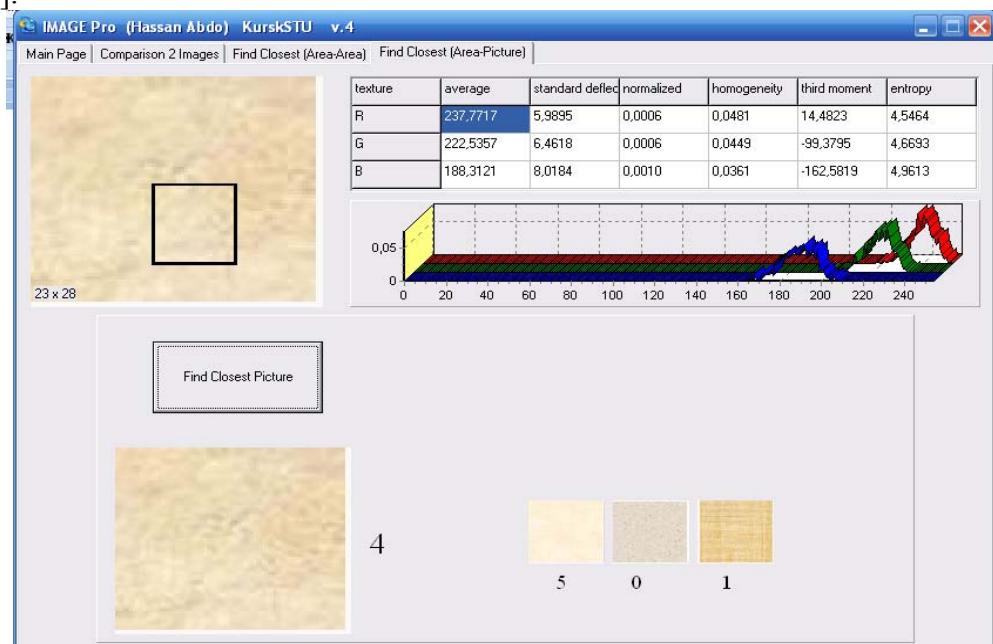


Рис. 1.

Работа разработанной программы начинается с вычислением характеристик всех исходных текстур, затем выбирается одна из этих текстур и сравниваются её характеристики с характеристиками остальных текстур. В результате сравнении выдаются текстуры с самыми близкими характеристиками к характеристикам выбранной текстуре и сортируются по самым близким значениям этих характеристик.

На рисунке 1 показаны результаты сравнения определенной области заданной текстуры с другими текстурами, находящимися в списке.

Разработанная программа позволит легко определить текстурные признаки изображения, на основе статического подхода.

#### Литература

1. Вудс Р. Цифровая обработка изображений / Учебное пособие.– Москва: Техносфера , 2006. – 1072 с.

## Секция «Экспертные системы и базы знаний»

О.В. Есиков, Е.А. Тарасов, А.В. Алтухов

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Тула, Тульский артиллерийский инженерный институт

При решении задачи предварительной обработки изображений, с целью приведения их к наиболее подходящему для распознавания объектов виду, ставятся две основные подзадачи:

1. Определение ряда искажений, воздействию которого было подвержено изображение.

2. Формирование последовательности преобразований, нейтрализующей результат воздействия искажений на изображение с целью приведения его к виду позволяющему осуществлять выделение и распознавание объектов.

Обозначим через  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$  множество искажений действующих на исходное изображение, каждый элемент которого в свою очередь представлен упорядоченным множеством вариантов реализации соответствующего искажения  $I_k = \{i_{k1}, i_{k2}, \dots, i_{kM_k}\}$ , где  $M_k$  - мощность множества  $I_k$ .

Тогда исходное изображение  $S$  может быть представлено в виде

$S = \langle S_0, J \rangle$ , где  $S_0$  – исходное изображение эталонного вида (идеально пригодного для решения поставленной задачи),  $J$  – упорядоченное множество искажений  $J = \{j_{kr}\}, k = 1, 2, \dots, n; r = 1, 2, \dots, M_k$ , примененных к  $S_0$  для получения  $S$

$$S_0 \xrightarrow{J} S.$$

Обозначим через  $F$  – множество преобразований изображения, осуществляемых для нейтрализации искажений  $F = \{F_1, F_2, \dots, F_N\}$ , каждый элемент которого в свою очередь представлен упорядоченным множеством вариантов реализации соответствующего преобразования  $F_m = \{f_{m1}, f_{m2}, \dots, f_{mL_m}\}$ , где  $L_m$  - мощность множества  $F_m$ . Реализация каждого  $f_{nl}$  ( $n=1, 2, \dots, N; l=1, 2, \dots, L_m$ ) требует расходования некоторого ресурса  $d_t(f)$  системы ( $t=1, 2, \dots, T$ ), например, времени обработки изображения.

Тогда, задача обработки изображений может быть сформулирована следующим образом. Найти состав такого упорядоченного множества  $R = \{f_{nl}\}, n = 1, 2, \dots, N; l = 1, 2, \dots, L_m$ , что

$$S \xrightarrow{R} S_0, \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{f \in R} d_t(f) \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} D_t, t = 1, 2, \dots, T, \quad (2)$$

где  $T$  – количество ресурсов вычислительного комплекса задействованных для обработки изображения,  $D_t$  – максимально (минимально) допустимое значение  $t$ -го ресурса.

При этом возможны следующие варианты.

1. Известен состав и порядок следования элементов  $J$ . Известно эталонное изображение  $S_0$ .

2. Неизвестен состав  $J$ . Известно эталонное изображение  $S_0$ .

3. Известен состав и порядок следования элементов  $J$ . Неизвестно эталонное изображение  $S_0$ .

4. Неизвестен состав  $J$ . Неизвестно эталонное изображение  $S_0$ .

Первый случай является идеальным. Задача (1), (2) в этом случае сводится к задаче дискретной оптимизации [1], методы решения которой хорошо изучены и апробированы.

На практике наиболее часто встречаются варианты 2-4. При этом задача (1),(2) будет сводится к классу некорректно поставленных задач [2,3]. Для ее решения в этом случае применимы эмпирические методы, методы систем искусственного интеллекта [3,4]. Для работы с эвристическими, экспериментальными и субъективными знаниями экспертов хорошо апробированным является аппарат экспертных систем [5].

Так как при решении поставленной задачи ЭС должна самостоятельно определять состояние изображения (объекта диагностирования – ОД), виды искажений, которым оно подвержено и осуществлять выбор последовательности преобразований, позволяющих минимизировать эффект искажений на рассматриваемом изображении, в качестве ЭС целесообразно использовать экспертную диагностическую систему (ЭДС).

Целью создания ЭДС является определение состояния ОД и имеющихся в нем неисправностей. Состояниями ОД могут быть: не искаженное, искаженное. Искажениями ОД являются низкая контрастность, размытие движением, воздействие однородных шумов, шума Гаусса и т.д.

Число искажений может быть достаточно велико (несколько десятков). В ОД может быть одновременно несколько искажений. Искажения ОД проявляются визуально и формализуются оператором в некоторые информационные параметры. Совокупность значений информационных параметров определяет «информационный образ» (ИО) искажений ОД. ИО может быть полным, то есть содержать всю необходимую информацию для постановки диагноза, или, соответственно, неполным. В случае неполного ИО постановка диагноза носит вероятностный характер.

Основой для построения эффективных ЭДС являются знания эксперта для определения изначального состояния изображения (каким видам искажений оно подвержено), записанные в виде информационных образов.

Для описания экспертных знаний такой ЭДС необходимо выполнить следующее:

1. Выделить множество всех искажений ОД, которые должна различать ЭДС.
2. Выделить множество информативных (существенных) параметров, значения которых позволяют различить каждый вид искажения ОД и предоставить возможные варианты решения с некоторой вероятностью.

3. Для выбранных параметров следует выделить информативные значения или информативные диапазоны значений.

Исходя из классификации моделей представления знаний, приведенных в [5], для применяемой ЭДС целесообразно использовать фреймовую модель представления знаний. Она является достаточно гибкой моделью и позволяет осуществить описание большого количества ситуаций (состояний ОД) и соответствующих им последовательностей преобразований, минимизирующих воздействие искажений на изображение. При этом есть возможность для каждого конкретного состояния ОД определить несколько вариантов последовательностей преобразований.

Для решения поставленной задачи структура информационных единиц будет выглядеть так: (Список искажений: Искажение №1 (Наименование искажения), Преобразование №1 (Наименование преобразования); Искажение №2 (Наименование искажения), Преобразование №2 (Наименование преобразования); ...; Искажение №K (Наименование искажения), Преобразование №K (Наименование преобразования)).

Процедура получения информации по каждому из искажений определяется индивидуально. Эта процедура может заключаться в автоматическом измерении параметров ОД, либо в диалоговом режиме, когда ЭДС задаёт вопрос о состоянии ОД, а оператор даёт на него определённый ответ.

### Литература

1. Алексеев О.Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. - М.: Наука, 1987
2. Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В., Ягода А.Г. Численные методы решения некорректных задач. Москва: Наука, 1990.
3. Бакушинский А. Б., Гончарский А. В. Некорректные задачи. Численные методы и приложения. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 199 с.
4. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов. Отделение информационных технологий и вычислительных систем РАН. – М.: Наука, 2006. – 333 с.
5. The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering., Boston, MIT, 1977, пер. с англ. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапт М.Д. 1014 – 1029 с.
6. Братко И. Н., Статические и динамические экспертные системы, М.: Финансы и статистика, 1996 г. – 320 с.

М.В. Бобырь

## ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ОТНОШЕНИЙ

Курск, Курский государственный технический университет

Нечеткое отношение задается на универсальных множествах  $X, Y$  и имеет вид

$$Q = \{ \langle x_i, y_j \rangle, \mu_Q(\langle x_i, y_j \rangle) \},$$

где  $\mu_Q(\langle x_i, y_j \rangle)$  – функция принадлежности нечеткого отношения.

Рассмотрим пример диагностики оборудования с ЧПУ. Необходимо построить нечеткое отношение, которое упрощенно описывает неисправности в работе двигателя оборудования с ЧПУ [1]. С этой целью введем обозначения. Пусть  $X$  – множество предпосылок, то есть причин неисправности двигателя оборудования с ЧПУ  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ , где  $x_1$  – не работает плата управления двигателем,  $x_2$  – не работает стабилизатор напряжения,  $x_3$  – не исправны подшипники в шпинделе,  $x_4$  – не исправна шаровинтовая пара. Пусть  $Y$  – множество заключений, то есть проявление неисправностей двигателя оборудования с ЧПУ  $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$ , где  $y_1$  – двигатель не запускается,  $y_2$  – двигатель перегревается,  $y_3$  – двигатель вибрирует. Степень неисправности оценивает эксперт, тогда

$$Q = \{ (\langle x_1, y_1 \rangle, 1), (\langle x_1, y_2 \rangle, 0,2), (\langle x_1, y_3 \rangle, 0,5), (\langle x_2, y_1 \rangle, 0,2), (\langle x_2, y_2 \rangle, 1), (\langle x_3, y_3 \rangle, 0,7), (\langle x_3, y_1 \rangle, 0,1), (\langle x_3, y_2 \rangle, 0,4), (\langle x_3, y_3 \rangle, 1), (\langle x_4, y_1 \rangle, 0,1), (\langle x_4, y_2 \rangle, 0,3), (\langle x_4, y_3 \rangle, 1) \}.$$

Данное нечеткое отношение представим в виде матрицы

$$M_Q = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,5 \\ 0,2 & 1 & 0,7 \\ 0,1 & 0,4 & 1 \\ 0,1 & 0,3 & 1 \end{bmatrix},$$

с которой можно выполнять различные операции: пересечение, объединение, дополнение и композиция [2].

Пересечение двух нечетких отношений  $Q=\{(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_Q(x_1, x_2, \dots, x_k))\}$  и  $T=\{(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_T(x_1, x_2, \dots, x_k))\}$ , называется третье нечеткое отношение, функция принадлежности которого определяется

$$\mu_{Q \wedge T} = \{\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle\} = \min\{\mu_Q(x_1, x_2, \dots, x_k), \mu_T(x_1, x_2, \dots, x_k)\}$$

Если заданы матрицы  $M_Q$  и  $M_T$ , результатом операции пересечения будет  $M_{Q \wedge T}$

$$M_Q = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,5 \\ 0,2 & 1 & 0,7 \\ 0,1 & 0,4 & 1 \\ 0,1 & 0,3 & 1 \end{bmatrix} \quad M_T = \begin{bmatrix} 0,3 & 0,6 & 0,9 \\ 0,5 & 0,5 & 0,2 \\ 0,2 & 0,7 & 0,5 \\ 0,2 & 0,1 & 0,3 \end{bmatrix} \text{ и}$$

тогда результатом будет матрица

$$M_{Q \wedge T} = \begin{bmatrix} 0,3 & 0,2 & 0,5 \\ 0,2 & 0,5 & 0,2 \\ 0,1 & 0,4 & 0,5 \\ 0,1 & 0,1 & 0,3 \end{bmatrix}$$

Объединением двух нечетких отношений  $Q=\{(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_Q(x_1, x_2, \dots, x_k))\}$  и  $T=\{(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_T(x_1, x_2, \dots, x_k))\}$ , называется третье нечеткое отношение, функция принадлежности которого определяется

$$\mu_{Q \vee T} = \{\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle\} = \max\{\mu_Q(x_1, x_2, \dots, x_k), \mu_T(x_1, x_2, \dots, x_k)\}$$

Для вышеуказанных матриц результатом объединения будет матрица  $M_{Q \vee T}$

$$M_{Q \vee T} = \begin{bmatrix} 1 & 0,6 & 0,9 \\ 0,5 & 1 & 0,7 \\ 0,2 & 0,7 & 1 \\ 0,2 & 0,3 & 1 \end{bmatrix}$$

Дополнением нечеткого отношения  $Q=\{(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_Q(x_1, x_2, \dots, x_k))\}$  называется его обратное отображение, функции принадлежности которого имеет вид

$$\mu_{\bar{Q}} = \{\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle\} = \{1 - \mu_Q(x_1, x_2, \dots, x_k)\}$$

Для вышеуказанных матриц результатом дополнения будет

$$M_{\bar{Q}} = \begin{bmatrix} 0 & 0,8 & 0,5 \\ 0,8 & 0 & 0,3 \\ 0,9 & 0,6 & 0 \\ 0,9 & 0,7 & 0 \end{bmatrix} \quad M_{\bar{T}} = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,4 & 0,1 \\ 0,5 & 0,5 & 0,8 \\ 0,8 & 0,3 & 0,5 \\ 0,8 & 0,9 & 0,7 \end{bmatrix} \text{ и}$$

Композицией двух нечетких отношений  $Q=\{(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_Q(x_1, x_2, \dots, x_k))\}$  и  $T=\{(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_T(x_1, x_2, \dots, x_k))\}$ , называется третье нечеткое отношение, функция принадлежности которого определяется

$$\mu_{Q \circ T} = \{\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle\} = \max\{\min\{\mu_Q(x_i, x_j), \mu_T(x_j, x_k)\}\}$$

Рассмотрим две нижеуказанные матрицы

$$M_Q = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,5 \\ 0,2 & 1 & 0,7 \\ 0,1 & 0,4 & 1 \\ 0,1 & 0,3 & 1 \end{bmatrix} \quad M_T = \begin{bmatrix} 0,3 & 0,5 & 0,2 & 0,2 \\ 0,6 & 0,5 & 0,7 & 0,1 \\ 0,9 & 0,2 & 0,5 & 0,3 \end{bmatrix},$$

тогда их композицией будет матрица  $M_{Q \circ T}$

$$M_{Q \circ T} = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,3 \\ 0,7 & 0,5 & 0,7 & 0,3 \\ 0,9 & 0,4 & 0,5 & 0,3 \\ 0,9 & 0,3 & 0,5 & 0,3 \end{bmatrix}$$

Первый элемент ( $x_1, y_1$ ) композиционной матрицы  $M_{Q \circ T}$  получается следующим образом. Сначала находится минимальное значений из пар элементов первой строки матрицы  $M_Q$  и первого столбца матрицы  $M_T$ :  $\min\{1; 0,3\}=0,3$ ,  $\min\{0,2; 0,6\}=0,2$ ,  $\min\{0,5; 0,9\}=0,5$ . А затем находится максимум из минимальных значений:  $\max\{0,3; 0,2; 0,5\}=0,5$ . Таким образом  $M_{Q \circ T}(x_1, y_1)=0,5$ . Остальные элементы композиционной матрицы находятся аналогично.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-470.2009.8.*

#### Литература:

1. Бобырь М.В., Титов В.С., Милостная Н.А. Анализ систем управления машиностроительным оборудованием // Промышленные АСУ и контроллеры. 2009. № 2. С. 3-5.

Тэрэно Г., Асаи К., Сугэно М. Прикладные нечеткие системы. - М.: Мир, 1993. – 368с.

М.В. Бобырь, А.Л. Сибилёва

## АЛГОРИТМ НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ДЛЯ АСУ

Курск, Курский государственный технический университет

В АСУ различными техническими объектами для определения выходных параметров используются системы нечетко-логического вывода (НЛВ). При этом на вход системы НЛВ поступает информация, полученная с различных датчиков, соответствующая реальным параметрам процесса управления, например, точностью обработки деталей на оборудовании с ЧПУ в режиме реального времени. Выходными переменными НЛВ являются параметры, формирующие корректирующие воздействие на исполнительные механизмы оборудования с ЧПУ. То есть НЛВ используется для преобразования входных переменных в выходные на основе использования нечетких правил управления (НПУ) по алгоритму, представленному на рис 1а.

При этом база НПУ используется для математического описания знаний эксперта или эмпирических знаний в области автоматизации технологических процессов и производств. База НПУ представляет собой конечное множество НПУ

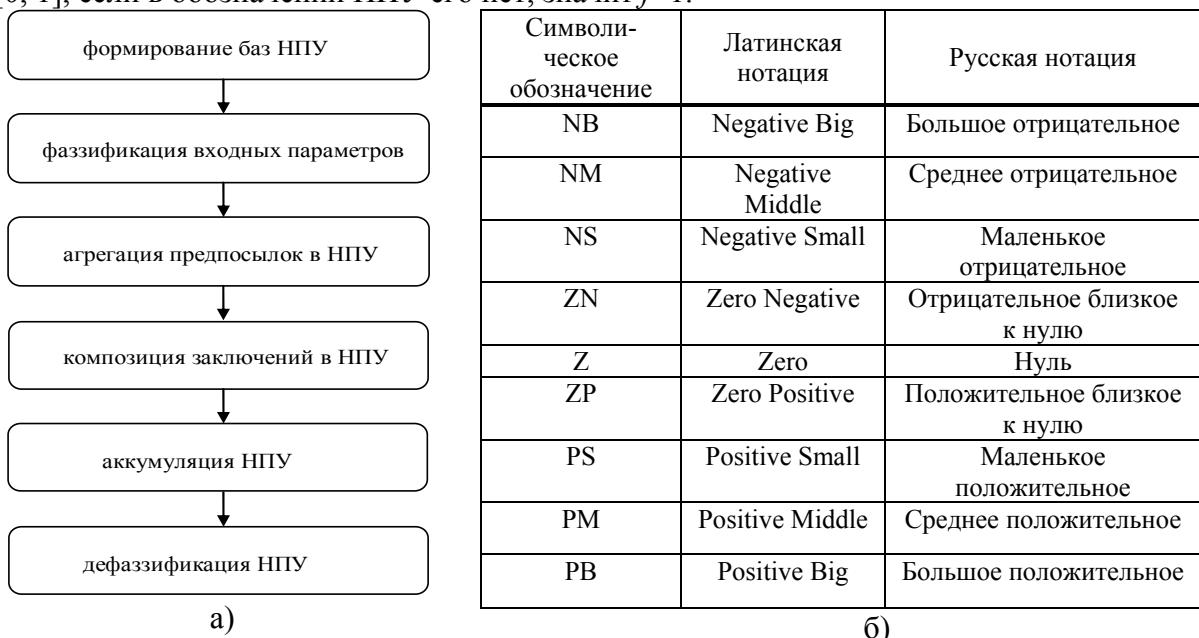
Правило\_1: Если «Предпосылка\_1» То «Заключение\_1» ( $f_1$ );

Правило\_2: Если «Предпосылка\_2» То «Заключение\_2» ( $f_2$ );

...

Правило\_n: Если «Предпосылка\_n» То «Заключение\_n» ( $f_n$ );

где  $n$  – количество НПУ в базе знаний;  $f$  – весовой коэффициент для НПУ в интервале  $[0, 1]$ , если в обозначении НПУ его нет, значит  $f=1$ .



a)

б)

Рис.1 Применение НПУ в АСУ: а) алгоритм НЛВ, б) сокращения в НПУ

При этом входные (предпосылка) и выходные (заключение) параметры считаются заданными, если для них задано терм-множество с соответствующими функциями принадлежности, в качестве которых наиболее часто используются функции, имеющие треугольный или трапециевидный вид.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-470.2009.8.*

М.В. Бобырь, Е.С. Яхонтова

## СТРУКТУРА НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ С ЧПУ

Курск, Курский государственный технический университет

Нечеткие правила управления (НПУ) широко используются для описания технологических процессов управления точностью обработки деталей на оборудовании с ЧПУ. При этом нечетким лингвистическим высказыванием называются отношения вида: « $\beta$  есть  $\alpha$ » и/или « $\beta$  есть  $\nabla\alpha$ », где  $\beta$  – наименование лингвистической переменной;  $\nabla$  – модификатор, соответствующий высказываниям: «более или менее», «много больше или много меньше», с помощью операций И, ИЛИ, НЕ, Если То.

Для высказывания вида « $\beta$  есть  $\nabla\alpha$ »: «подача много больше чем средняя» или «подача много меньше чем средняя», модификатор определяется на основе операций растяжения DIL ( $Y$ ) или концентрации CON ( $Y$ ). В результате выполнения операции растяжения нечеткого множества  $Y=\{x, \mu_y(x)\}$  получается новое нечеткое множество  $Y_{DIL(Y)}=\{x, \mu_{DIL(Y)}(x)\}$ , функция принадлежности которого  $\mu_{DIL(Y)}(x)=\mu_y(x)^{0.5}, \forall x \in X$  (рис. 1, а).

В результате выполнения операции концентрации нечеткого множества  $Y=\{x, \mu_y(x)\}$  получается новое нечеткое множество  $Y_{CON(Y)}=\{x, \mu_{CON(Y)}(x)\}$ , функция принадлежности которого  $\mu_{CON(Y)}(x)=\mu_y(x)^2, \forall x \in X$  (рис. 1, б).

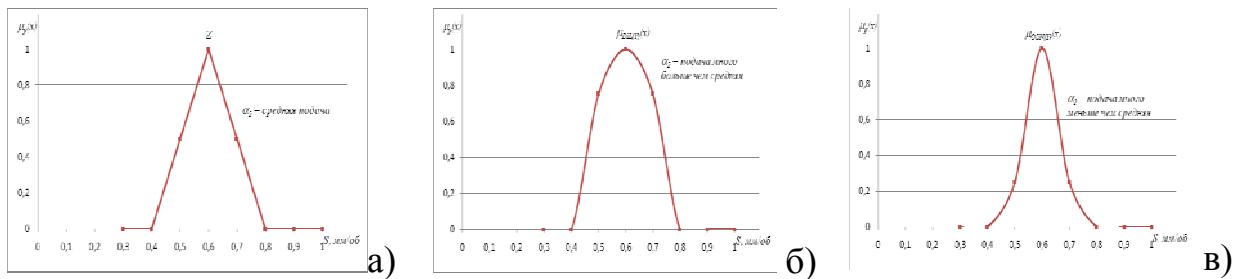


Рис. 1 Применение модификатора для нечеткого высказывания «средняя подача»: а – нечеткое высказывание «средняя подача»; б – нечеткое высказывание «подача много больше чем средняя»; в – нечеткое высказывание «подача много меньше чем средняя».

Нечеткие правила управления записываются в следующей форме

НПУ ( $1 \dots n$ ): ЕСЛИ « $\beta_1$  есть  $\alpha_1$ » ТО « $\beta_2$  есть  $\alpha_2$ »,

где  $n$  – количество НПУ; « $\beta_1$  есть  $\alpha_1$ » – нечеткая предпосылка; « $\beta_2$  есть  $\alpha_2$ » – нечеткое заключение, при этом  $\beta_1 \neq \beta_2$ .

Выражение « $\beta_1$  есть  $\alpha_1$ » может быть составным, то есть содержать несколько предпосылок, которые определяются через комбинации логических операций, например « $\beta_1$  есть  $\alpha_1$ » = « $\beta_{11}$  есть  $\alpha_{11}$ » И « $\beta_{12}$  есть  $\alpha_{12}$ »; « $\beta_1$  есть  $\alpha_1$ » = « $\beta_{11}$  есть  $\alpha_{11}$ » ИЛИ « $\beta_{12}$  есть  $\alpha_{12}$ ». Например, составное высказывание «небольшая подача И средняя подача» показано на рис. 2, результат операции – темная область рисунка.

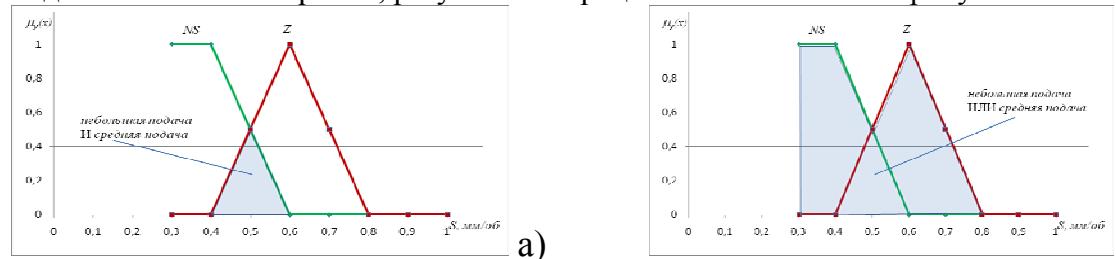


Рис. 2 Результат составного нечеткого высказывания: а – «небольшая подача И средняя подача»; б – «небольшая подача ИЛИ средняя подача»

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-470.2009.8.*

П.Н. Власов, К.В. Картышов, М.Я. Мактас

## ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ОБМЕНА ПАРАМЕТРИЗОВАННЫМИ ДАННЫМИ В СПРАВОЧНИКАХ СТАНДАРТНЫХ И УНИФИЦИРОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Ульяновск, Ульяновский государственный технический университет

Конструктор в своей практике при проектировании сложных радиотехнических изделий использует электронные справочники стандартизованных и унифицированных деталей, которые, как правило, представлены в одном формате, например, в формате той CAD-системы, с которой привык работать разработчик. Однако при передаче существенного количества наработанного материала в другую CAD-систему, в случае смены поставщика средств разработки, конструктор сталкивается с ограничивающим фактором – форматом обмена данными между CAD-системами. В настоящее время основные стандартные способы обмена трехмерными моделями между CAD-системами следующие:

- STEP AP203 или IGES – регламентированные стандарты для передачи данных между CAD-системами;

- естественный способ обмена, когда одна CAD-система может читать файлы другой системы (разработчики предусмотрели совместимость данной пары систем). Это непосредственный способ чтения одной системой файлов другой;

- через внешний, сторонний формат, который зачастую закрыт для других применений кроме самой передачи данных. Это вариант, когда разработчики (программисты) организации создали собственный способ трансляции модели для пары CAD-систем.

Применительно к справочникам стандартизованных и унифицированных деталей [1] описанные выше способы с натяжкой можно считать удовлетворительными. И на это есть ряд причин:

- при передаче модели через промежуточный формат, например, STEP-модель представлена единственным телом, что приводит к полной потере параметризации. Данную проблему невозможно разрешить даже при применении специализированных библиотек по распознаванию модели;
- теряется способ построения детали. Так, например, при передаче детали из листового материала геометрия сохраняется, но отсутствует возможность штатными средствами CAD-системы получить развертку детали.

Для того, что бы сделать используемые справочники более универсальными, авторами предлагается подход, основанный на абстрактной схеме подобной STEP, который, однако, представляет собой передачу способа построения, но не результат операции. Данный подход возможен благодаря тому, что набор инструментов для построения модели от системы к системе не очень отличается в случае, если они принадлежат к одному классу, например, легких систем. Для случая же передачи модели из тяжелой CAD-системы в легкую существует вероятность того, что подобный инструмент отсутствует в последней. Это говорит об ограниченности API-функций. Это, пожалуй, единственный недостаток подобного подхода.

Схема передачи способа построения в общем случае представлена в формате XML, для которого существует схема проверки корректности в формате XSD. Данный формат (XML) выбран по той причине, что для его обработки существует огромное количество инструментов. Вместе с тем он является иерархическим, что соответствует естественному дереву проектирования в CAD-системе.

Таким образом, если представить элементарный обменный файл, то его структура должна отражать последовательность операций построения модели в CAD-системе и может иметь вид:

```

<?xml version="1.0"?>
<model name="test1.xml">
  <operation name="API_FUNCTION_NAME_CIRCLE">
    <parameter name="D" value="23" />
    <!-- прочие параметры -->
    ...
  </operation>
  <!--прочие операции -->
  ...
</model>

```

В представленном фрагменте API\_FUNCTION\_NAME\_CIRCLE есть наименование операции, например, нарисовать окружность, с заданным диаметром D=23. Причем API\_FUNCTION\_NAME\_CIRCLE не обязательно является реальной функцией из набора API, какой-либо известной CAD-системы. Дальнейший разбор обменного файла, как уже отмечалось выше, можно произвести множеством способов.

Второй этап - написание транслятора, который сводится к простому вызову API-функций CAD-системы. Единожды написанный транслятор не подвергается изменениям при любой схеме данных входного обменного файла, и претерпевает их лишь при изменении API-функций целевой CAD-системы.

#### Литература

1. Белов В.А., Власов П.Н., Сидорова Р.М. и др. Представление данных в справочниках стандартизованных и унифицированных деталей. // Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем. Труды шестой всероссийской научно-практической конференции (с участием стран СНГ), г.Ульяновск, 22-23 сентября 2009 г. - Ульяновск: УлГТУ, 2009.-312 с.

М.А. Сафонова

## **РАЗРАБОТКА ДИСКРЕТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ**

Тула, Тульский государственный университет

*Предлагаемая методика базируется на гипотезе, что поведение “сложного” объекта (системы) приближается к оптимальному, если в каждый дискретный момент времени, связанный с управлением и принятием решения, это решение будет наилучшим.*

В практике управления сложными социально-экономическими и потенциально опасными объектами существует множество динамических систем для которых важнейшим является принцип быстрого реагирования. Его реализация обуславливает наличие жестких временных ограничений на весь комплекс процедур, включающий формирование целей управления, генерацию альтернатив, их всесторонний анализ и выбор наилучшего решения.

В реальной жизни менеджеры повседневно встречаются с необходимостью принятия решений, когда еще нет достаточно адекватной модели управляемого процесса или объекта. В этом случае наиболее приемлемым оказывается ситуационный анализ и управление по его результатам. Ситуационный анализ различных объектов управления (ОУ) целесообразно начать с определения полного множества ситуаций. В соответствии с системным подходом, входными будем называть те управляемые параметры  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ ,  $m = 1, M$ , которые могут целенаправленно изменяться с помощью определенных регулирующих органов. Входными неуправляемыми параметрами назовем параметры  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$ ,  $k = 1, K$  характеризующие состояние и отражающие воздействие окружающей среды на функционирование управляемого объекта (процесса). В качестве выходных параметров используются величины, которые могут быть измерены (мощность, скорость, доход, прибыль, и т.п.) с помощью измерительной системы, либо вычислены по какой-либо совокупности теоретических зависимостей (математической модели). Обозначим множество выходных характеристик (параметров) через  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $n = 1, N$ . Для реальных объектов и процессов характерно наличие ограничений на их предельные значения, отсутствие полного математического описания модели, существенное влияние случайных возмущений в окружающей среде на функционирование ОУ. Этим объясняется невозможность использования детерминированных методов теории

управления и применение эвристических подходов, одним из которых является ситуационное управление.

В случае выхода значений выходных параметров за допустимые пределы должна решаться оптимизационная задача ввода в допустимую область. При этом вследствие инерционности ОУ управления достижение поставленной цели часто невозможно осуществить единым управленческим решением. Этот процесс приходится реализовывать как многошаговый процесс дискретного ситуационного управления, в ходе которого определяют такие значения управляемых параметров  $x^t$ , при которых значения выходных показателей приближаются идерживаются в допустимых границах. При этом возникает задача определения целесообразных стратегий управления на каждом шаге, которую предлагается решать на основе сигнатурной ситуационной модели.

Разделим управленческие решения на стратегические и тактические и примем, что процедура принятия решения инициируется в определенные дискретные моменты времени  $t$ . Под стратегическим решением будем понимать выбор наилучшей альтернативы, подобно тому как это понимается в теории игр. Альтернативой будем считать дискретное изменение значения управляемого параметра  $x_m$  в сторону увеличения, либо уменьшения, которую будем для краткости называть управленческим действием. Для выбора наилучшей стратегии предлагается применить идеи ситуационного анализа и управления текущим состоянием с использованием сигнатурных моделей. При этом примем, что ситуация характеризуется совокупностью знаков (сигнатур) изменения значений выходных показателей  $p_n \in P$  и неуправляемых параметров  $u_k \in U$ . Для идентификации и кодирования ситуаций с применением двоичной системы с каждым параметром  $p_i$  свяжем две тенденции  $T_j$  и  $T_{j+1}$ . Индекс  $j$  отражает разряд кода ситуации, используемый для указания на то, что  $j$ -ая тенденция присутствует в описании ситуации, когда он принимает значение "1", или отсутствует, если  $j$ -ый разряд кода имеет значение "0".

Целесообразность перехода к описанию ситуаций как совокупности тенденций изменения выходных показателей и неуправляемых параметров объясняется возникающей возможностью обеспечения анализа полного множества ситуаций и тем, что менеджера при принятии управленческих решений интересуют не только и не столько конкретные значения выходных показателей управляемого объекта, сколько направление изменения их значений в сторону увеличения или уменьшения. И для формирования стратегии управления важно оценить не столько значение выходного показателя, сколько направление его изменения. Нетрудно доказать, что при описании ситуации как совокупности тенденций полное множество ситуаций зависит от числа параметров и ограничивается значением  $3^{(N+K)}$ , если  $N$  - суммарное число выходных показателей управляемого объекта, а  $K$  - число параметров окружающей среды.

Если далее тенденции изменения параметров разделить на подмножества позитивных и негативных относительно цели управления, то каждая ситуация, в которой окажется объект, может характеризоваться определенной совокупностью позитивных и негативных тенденций. Очевидно, что управление будет тем целесообразнее, чем больше негативных тенденций оно нейтрализует или ослабит и чем больше позитивных тенденций оно вызовет.

Рассмотрим методику разработки и использования сигнатурной модели как отражение реакции ОУ на управляющие воздействия, которая реализуется в виде совокупности процедур. Первой процедурой является идентификация ситуаций. Для этого необходимо определить цель проведения ситуационного анализа и в соответствии

с целью разделить множества выходных показателей и неуправляемых параметров внешней среды на позитивные и негативные.

Следующим этапом является формирование матрицы кодов ситуаций С. Она составляется с применением двоичного кодирования подобно тому как кодируется в двоичной системе натуральный ряд целых чисел. Каждая строка  $c_l$  матрицы С является кодом, единичные значения разрядов которого характеризуют ситуацию и отражают наличие соответствующих сигнатур изменений параметров  $P$  и  $U$ .

Следующая процедура ситуационного анализа предполагает ранжирование ситуаций. Для этого в соответствии с определенной целью  $g$  множество Т разделяется на подмножества  $T^+, T^-, T^H$  так, что  $T^+$  - включают позитивные для достижения цели  $g$  тенденции (сигнатуры);  $T^-$  - содержит негативные тенденции;  $T^H$  - объединяет нейтральные в отношении достижения цели  $g$  тенденции. Для каждой  $T_j \in T^+$  экспертом определяется весовой коэффициент  $\alpha_j$  в диапазоне  $[0, +1]$ . Аналогично для каждой  $T_j \in T^-$  определяется весовой коэффициент  $\beta_j$  в диапазоне  $[0, -1]$  и для каждой  $T_j \in T^H$  весовой коэффициент равен нулю. На основе матрицы кодов С и весовых коэффициентов  $\alpha, \beta, \gamma$  формируется вектор V и с его помощью определяется ранг  $l$ -той ситуации. Используя значение  $r_l$ , все допустимые ситуации ранжируются по степени предпочтения для достижения цели  $g$ . Затем определяется множество регулируемых параметров  $X$  и на их основе формируется кортеж управляющих действий  $D$ . Определив множество управляющих воздействий, экспертом или группой экспертов формируется дискретная ситуационная модель управляемого процесса. Она представляется матрицей W ( $2M \cdot 3^K, 2N$ ) =  $[w_{u m}]$ , строка матрицы отражает появление сигнатур состояния объекта, вызванных управлением действием  $d_m \in D$  и изменением совокупности неуправляемых параметров U, зафиксированных в момент времени  $t$ .

Следующим этапом будет процесс моделирования множества возможных переходов  $H_l^g$  на основе матрицы W. Каждый элемент  $h_{lm} \in H_l^g$  отражает ожидаемый переход объекта из ситуации  $c_l$  в ситуацию  $c_{lum}^{t+1}$  при выполнении действия  $d_m \in D$  (индексы  $l, u, m$  отражают соответственно текущую ситуацию, возмущение в окружающей среде и управленческое действие). Соответственно ранг ожидаемого состояния  $r_{lum}$  будет равен рангу ситуации, в которую должен произойти переход при действии  $d_m$ . Моделирование всех действий в ситуации  $c_l$  позволяет, определить множество возможных переходов  $H_l^g$ , осуществлять их анализ и выбор допустимых  $d_m^+$ . Для этого из множества  $H_l^g$  выбираются допустимые и формируется множество альтернативных допустимых управленческих действий  $a_l^g = \{d_{lm}^+\}$ . При этом  $d_{lm}^+$  определяется из условия: если  $r_{lu} \leq r_{lum}$ , то  $d_{lm} = d_{lm}^+$ , если  $r_{lu} > r_{lum}$ , то  $d_{lm} = d_{lm}^-$ .

Из множества допустимых альтернативных действий  $d_{lm}^+$  в каждой  $l$ -той ситуации формируется подмножество допустимых альтернатив и выбирается

наилучшая альтернатива, обеспечивающая переход к ситуации с максимальным  $r_{lum}$ . Итерационное повторение процедуры анализа переходов позволяет сформировать стратегию для достижения цели, как множество наилучших альтернатив для каждой возможной ситуации.

Предложенная методика предназначена решать задачи, традиционно относящиеся к классу задач динамического программирования.

#### Литература

1. Годынский Э.Г., Мартынова М.А. Разработка и использование сигнатурных ситуационных моделей при формировании стратегий управления в чрезвычайных ситуациях // Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций: Тезисы докладов научно-технической конференции/ С.-Петербург, 1999 г, с.17-19.
2. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М.: Энергоиздат, 1981. - 231 С.

А.С. Новиков,

## ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Тула, Тульский государственный университет

При разработке современной терапевтической и диагностической аппаратуры важно оценивать интегративное электромагнитное поле (ЭМП) пациента, которое объективируется в окрестностях биологически активных точек (БАТ) и рефлексогенных зон (РГЗ) кожного покрова.

Автором разработана автоматизированная измерительная линия с экспертной системой для компьютерной обработкой сигнала, адекватного интегративному ЭМП. Биообъект (БО) облучается из первого источника монохроматического КВЧ-излучения. Отраженный от кожного покрова и модулированный собственным интегративным ЭМП БО – в окрестностях БАТ и РГЗ – сигнал КВЧ попадает на объемный датчик, выполненный в виде пакета диэлектрических пластин, который одновременно облучается от второго источника КВЧ-излучения; монохроматического, с частотой, адекватной частоте первого источника.

Датчик выполнен в виде пакета тонких диэлектрических пластин, на лицевые поверхности которых нанесены пленочные спирали из нелинейного материала – элементарные спиральные антенны. Внутренний конец каждой спирали заканчивается участком, выполненным из диссипативной поглощающей пленки и являющимся согласующимся элементом пленочной спиральной антенны, т.е. создается линия для снятия искомого сигнала. На пластинках с нечетными номерами спирали выполнены правовинтовыми, а на пластинках с четными – левовинтовыми. Это выполнено для акцепции поляризационных характеристик в соответствии с право- и левосторонней поляризацией ЭМП. Таким образом, объемная конструкция датчика позволяет учесть поляризационные характеристики объемного регистрируемого поля.

На спиральных проводниках датчика выделяется сигнал с несущей частотой КВЧ, усиливаемый на резонансной частоте несущей. Этот сигнал в объеме датчика создает пространственно-временную структуру интегративного ЭМП биообъекта, что позволяет при дальнейшей его обработке получить максимально полную информацию об интегративном поле.

Собственно автоматизированная линия обработки сигнала с датчика включает в себя высокочастотный коммутатор, с которого сигналы в режиме разделения времени подаются на детектор, усиливаются усилителем постоянного тока, преобразуются в цифровую форму на АЦП и анализируются разработанной экспертной системой в ПЭВМ с использованием предложенных оригинальных нейронных сетей.

Результаты экспериментов показывают направления для автоматизированной интеллектуальной диагностики, не оказывающей вредного воздействия на организмы пациентов. Главное преимущество метода – получена возможность регистрации динамически изменяющегося пространственно-временного сигнала, адекватного интегративному ЭМП организма в норме и патологии в области БАТ, РГЗ и ПЗ организма, где изменение сигнала СИ ЭМП БО проявляется гораздо раньше внешних и клинических патологических признаков.

Исследования, выполненные с использованием макетного образца автоматизированной линии, показали высокую диагностическую значимость информации об интегративном поле биообъекта. По снимаемой информации можно проследить динамику развития заболеваний и сделать вывод о характере протекающих в организме процессов.

Н.А. Милостная

## КОМПОЗИЦИЯ В НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКОМ ВЫВОДЕ

Курск, Курский государственный технический университет

В автоматизированных системах управления различными техническими объектами для определения выходных параметров используются системы нечетко-логического вывода (НЛВ). При этом входные (предпосылка) и выходные (заключение) параметры НВЛ считаются заданными, если для них задано терм-множество с соответствующими функциями принадлежности.

Информация, полученная с различных датчиков, контролирующих работу управляемых объектов, поступает на вход системы нечетко-логического вывода. Система НВЛ преобразует входные переменные в выходные на основе использования нечетких правил управления. Входные параметры (конкретные значения, которые могут быть получены от датчиков,  $S=\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$ , при этом  $\alpha_{1\dots n} \in X$ , где  $X$  – универсальное множество лингвистической переменной  $\beta$ ) необходимо преобразовать в нечеткие множества  $Y_{1\dots m}=\{\langle x_{1\dots n}, \mu_y(x_{1\dots n}) \rangle\}$  с определением взаимосвязи между конкретными числовыми значениями входных переменных  $x_{1\dots n}$  и значениями функций принадлежности  $\mu_y(x_{1\dots n}) \rightarrow [0, 1]$ , соответствующие им. Выходными переменными системы нечетко-логического вывода являются параметры, формирующие и корректирующие действие на исполнительные механизмы управляемого объекта, например оборудования с ЧПУ. Также необходимо определить множество всех степеней истинности предпосылок  $B=\{b'_1, b'_2, \dots, b'_n\}$  по каждому из НПУ и значения весовых параметров для каждого правила  $f_n$ . Если предпосылка состоит из нескольких сложных нечетких высказываний, то его степень истинности определяется по операции нечеткой конъюнкции (И) или дизъюнкции (ИЛИ).

Важным этапом алгоритма работы базы нечетко-логического вывода является композиция заключений в нечеткие правила управления.

Композицией двух нечетких отношений  $Q=\{\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_Q(x_1, x_2, \dots, x_k)\}$  и  $T=\{\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_T(x_1, x_2, \dots, x_k)\}$ , называется третье нечеткое отношение, функция принадлежности которого определяется

$$\mu_{Q \circ T} = \{ < x_1, x_2, \dots, x_k > \} = \max \{ \min \{ \mu_Q(< x_i, x_j >), \mu_T(< x_j, x_k >) \} \}$$

Нечеткие отношения записываются в виде матриц  $M_Q$  и  $M_T$ . Первый элемент ( $x_1, y_1$ ) композиционной матрицы  $M_{Q \circ T}$  получается следующим образом. Сначала находится минимальное значений из пар элементов первой строки матрицы  $M_Q$  и первого столбца матрицы  $M_T$ , а затем находится максимум из вычисленных минимальных значений. Остальные элементы композиционной матрицы  $M_{Q \circ T}$  находятся таким же образом.

По аналогичному принципу выполняется композиция заключений (выходных параметров). Если заключение НПУ соответствует нечеткому высказыванию вида: « $\beta$  есть  $\alpha$ », то операция композиции будет заключаться в произведение соответствующего значения степени истинности на весовой коэффициент  $b'_n \times f_n$ .

Если заключение НПУ состоит из нескольких выражений после связки ...ТО « $\beta_2$  есть  $\alpha_2$ » И/ИЛИ « $\beta_3$  есть  $\alpha_3$ », то степень истинности для каждого НПУ необходимо определить как произведение соответствующего значения степени истинности на весовой коэффициент  $b'_n \times f_n = c_n$ . Таким образом, формируется вектор степеней истинности  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ . После определения вектора  $C$  следует определить функции принадлежности каждого из нечеткого высказывания, используя одну из следующих формул:

$$\text{min-композиция } \mu'(y) = \min \{ c_i, \mu(y) \}, \quad \text{prod-композиция } \mu'(y) = c_i \cdot \mu(y)$$

где  $\mu'(y)$  – функция принадлежности терма выходной переменной заданной на универсальном множестве  $Y$ .

К.М. Щепакин, М.С. Илюнькин

## ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Тула, Тульский государственный университет

Одним из основным направлением банковской деятельности является инвестиционное кредитование и проектное финансирование. Банки занимаются инвестиционным кредитованием и проектным финансированием с целью получения прибыли от процентов выдаваемого кредита. Главной задачей отдела инвестиционного кредитования и проектного финансирования является оценить инвестиционный проект и проконтролировать ход его реализации. Процессом слежения за ходом реализации инвестиционного проекта называется мониторингом.

Целью мониторинга инвестиционного проекта является количественная оценка возникающих рисков и поиск решения из создавшейся ситуации.

На сегодняшний день существует ряд программных продуктов, с помощью которых осуществляется мониторинг инвестиционных проектов. Но данные программные продукты служат в основном для предварительных расчетов, когда необходимо получить общее представление об инвестиционном проекте и быстро оформить бизнес идеи на бумаге.

В этой связи возникает необходимость поиска более совершенной формы организации работы коммерческих банков по мониторингу инвестиционных проектов и созданию эффективной системы управления качеством их кредитной деятельности. Это, в свою очередь, обеспечивает поддержание стабильного функционирования банковской системы страны, а на уровне коммерческих банков - выявление, измерение и управление кредитным риском при инвестиционном кредитовании и проектном финансировании.

Целью создания экспертной системы «ЭС Мониторинг» является повышение качества и оперативности решений принимаемых сотрудниками отдела инвестиционного кредитования и проектного финансирования по минимизации рискообразующих факторов.

В основе «ЭС Мониторинг» положена база знаний продукционного типа, составленной на основе экспертного опроса.

«ЭС Мониторинг» разрабатывается для сотрудников отдела инвестиционного кредитования и проектного финансирования.

Процесс создания данной экспертной системы «ЭС Мониторинг» представляет собой разработку комплекса задач:

- формирование базы знаний рискообразующих факторов;
- получение исходной информации о рискообразующих факторах инвестиционного проекта;
- расчета финансовых показателей инвестиционного проекта;
- реализация логического вывода на основе базы знаний.

Входными документами и иными источниками информации, на основе которых заполняется база данных являются:

- бизнес-план;
- ТЭО;
- финансовая отчетность компании;
- график выполнения работ;
- договоры с поставщиками и подрядчиками;
- договоры о заключенных контрактах;
- график погашения ссудной задолженности;
- график о начислении кредитных средствах;
- СМИ.

Входными данными экспертной системы являются: данные, полученные на основе финансовой отчетности заемщика, сведения, содержащиеся в справке о распределении кредитных денег, данные, полученные на основе договоров поставки и подряда, сведения, полученные из открытых источников статистики.

Выходными данными являются:

- оценка рисков проекта на данной стадии;
- рекомендации по минимизации рискообразующих факторов.

Выходным документом является отчет об оценках рисков проекта и рекомендации по их минимизации.

#### Литература

1. Аньшина В.М. Теория инвестиционного кредитования и проектного финансирования / В.М. Аньшина – Москва: Высшая школа, 2007. – 5-30 с.
2. Берзон Н.И. Понятие инвестиционного кредитования и проектного финансирования / Н.И. Берзон – Москва, 2007. – 100-160 с.
3. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов / В.В. Ковалев - Москва, 1996. – 253 с.
4. Ковалева В.В. Учебник по инвестициям / В.В.Ковалева, В.В Иванова, В.А. Лялина – Москва, 2006.- 208-234 с.
5. Крушвиц Л. Финансирование и инвестиции. / Л. Крушвиц - Питер: 2000.- 125 с.
6. Лившиц В.Н. Теория инвестиционного кредитования и проектного финансирования / В.Н. Лившиц – Москва, 2007. – 5-70 с.

7. Липсиц И.В. Инвестиционный проект: методы подготовки и анализа / И.В. Липсиц, В.В. Косов - Москва: Учебно-справочное пособие. БЭК, 1996. – 59 с.

8. Пономарева К.В. Информационное обеспечение АСУ / К.В. Пономарева, Л.Г. Кузьмин – Москва: Высшая школа, 1991.- 250-300 с.

А.А. Суслин, А.Н. Ивутин

## **НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МЕТРИК ДЛЯ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Тула, Тульский государственный университет

Вычислительные системы — это самая быстроразвивающаяся отрасль за последние сто лет. В вычислительных системах объединены программная и аппаратная составляющая, от сбоев в которых в равной мере зависит надежность всей вычислительной системы. И если надежность аппаратного обеспечения является темой широко исследованной и получившей самое широкое освещение в специализированной литературе, то проблема моделирования надежности программного обеспечения до сих пор не получила общепризнанного решения.

Наиболее точное определение надежности программного обеспечения будет звучать следующим образом — это вероятность того, что оно будет функционировать без сбоев в заданном окружении определенный промежуток времени [1]. В таком определении под сбоем подразумевается невозможность выполнения программным обеспечением возложенных на него задач.

Несмотря на то, что предложено большое количество моделей надежности, ни для одной из них не была доказана универсальность. Проблема состоит в том, что для каждой из модели существует ряд корректных допущений, отступление от которых сразу делает модель несостоятельной.

Многие модели надежности подразумевают только два возможных состояния системы: нормальная работа и сбой. На практике, многие системы могут находиться во множестве других состояний, особенно системы реального времени [2], которые также выпадают из поля зрения большинства моделей надежности ПО.

Одной из немаловажных составных частей современной теории управления является набор количественных методов исследования сложных процессов и явлений [3]. В основе количественных методов лежат метрики — измеримые параметры объекта, характеризующие некоторые узкие стороны его функционирования.

На разных уровнях детализации используемых данных существуют разные классификации групп метрик [4]. Одна из классификаций подразумевает ввод трех основных категорий метрик: метрики продукта, метрики процесса (разработки), а также метрики проекта. К первой группе относятся такие характеристики, как размер, сложность, особенности дизайна, производительность, а также метрики, прямо или косвенно характеризующие уровень качества программного обеспечения. Метрики процесса могут использоваться для улучшения процесса разработки программного обеспечения и его сопровождения. Среди таких метрик — уровень эффективности устранения обнаруженных дефектов в программном проекте на этапе разработки, уровень моделирования сбойных ситуаций во время тестирования, или время отклика на новые ошибки в процессе эксплуатационных испытаний. Метрики проекта описывают характеристики подхода к проектированию и разработке программного продукта. Среди подобных метрик — количество задействованных в проекте разработчиков, комплексность подхода к разработке на протяжении всего жизненного

цикла программного продукта, стоимости разработки на каждом этапе, наличие грамотного планирования и соблюдение его рамок. Некоторые метрики относятся сразу к нескольким характеристикам.

Одна из основополагающих метрик, из категории метрик продукта, относится к группе метрик размера. В зарубежной литературе она носит название Lines of Code — LOC, число строк кода. Основная проблема, с которой сталкивается исследователь при введении данной метрики — это выбор способа её подсчета. Различия между реальными («физическими») строками кода и конечными инструкциями («логическими» строками), а также различия между языками порождают множество вариантов способов подсчета LOC [5]. Наиболее широко распространено следующее определение строки кода: это любая строка исходного текста программы, не являющаяся комментарием или пустой строкой, независимо от числа выражений или фрагментов выражений на ней [6]. В реальности этот показатель в отрыве от остальных метрик абсолютно несостоителен, и не может быть использован в качестве полноценного оценочного критерия уровня качества или надежности.

Использование данной метрики в связке с показателями результатов тестирования, а также опытной и конечной эксплуатации, позволяет получить адекватную картину, становящуюся всё более объективной со временем, при растущем массиве обрабатываемых данных. Для получения такого комплексного показателя достаточно иметь информацию о текущем LOC (исходное значение показателя, а также изменения в ходе внесения правок в проект), и динамику проявления дефектов. Таким образом, на любом этапе жизненного цикла продукта можно будет подводить заключения следующего рода: «Показатель проекта 50000 LOC (или 50 KLOC). Устойчивая средневзвешенная частота сбоев на ближайшие два года составляет 2.7 ошибок на KLOC». Сравнивая полученные показатели в динамике, получаем объективную картину изменений в уровне надежности и качества программного проекта.

В данном случае для получения участка вероятностной модели надежности программного обеспечения на основе метрики LOC очевидна необходимость установления связи с сопутствующими метриками. Среди них можно выделить основные: время эксплуатации продукта (life of product, LOP) и метрики, отражающие частоту сбоев на этапе тестирования и опытной эксплуатации — среднее время до сбоя и плотность ошибок.

Среднее время до сбоя — mean time to failure (MTTF) — это метрика, получившая очень широкое распространение в анализе надежности критически важных систем, таких как авиационные или оружейные комплексы [5].

С изолированным использованием таких метрик связан целый ряд проблем. Основные ошибки в коде программ, которые теоретически резко снижают MTTF, зачастую устраняются на ранних этапах тестирования и опытной эксплуатации. Таким образом этот параметр оказывается тесно коррелирован с метриками результатов тестирования и LOP.

Важной метрикой процесса является показатель эффективности устранения ошибок (defect removal effectiveness, DRE) [6]. Он описывается следующей формулой:

$$DRE = \frac{\text{устраненные ошибки на стадии разработки}}{\text{скрытые ошибки в продукте}} \cdot 100\%$$

Так как конечное число скрытых ошибок неизвестно на текущей стадии разработки, делитель в данной метрике определяется приближенно как ошибки, устранившиеся на стадии разработки + ошибки обнаруженные на следующих стадиях

Динамика данной метрики оценивается как для всего процесса разработки, так и апостериорно — для каждой из фаз или ранних этапов. Соответственно метрика носит

название «фазовой эффективности» и «ранней эффективности устранения ошибок». Чем выше данный показатель, тем эффективнее организован процесс разработки.

Одна из основных специализированных метрик — качество исправлений (fix quality, FQ), которая подсчитывается как отношение неошибочных исправлений к их общему числу за определенный интервал времени опытной эксплуатации. Существует два варианта ведения статистики FQ — фиксирование ошибочного исправления при его обнаружении, либо при его доставке конечному пользователю. Показатель метрики FQ, скорректированный на разницу между ними, является комплексной метрикой FQ, позволяющей получить более четкую и точную картину качества вносимых исправлений, качества сопровождения программного обеспечения в целом.

Как было показано выше на примере основных метрик из различных групп, изолированное их использование не имеет практической ценности, в связи с их плотной взаимной коррелированностью. В связи с этим при моделировании надежности программного проекта выделяют максимальное число самых важных и подходящих для него метрик, и, учитывая всю совокупность показателей, делают выводы о значении интегральной метрики надежности.

Одна из основных проблем получения универсальной комплексной метрики — отбор простых метрик, которые будут участвовать в вычислении такого показателя. Как было сказано выше, большинство из метрик — взаимно коррелированы, при этом в зависимости от коэффициента корреляции принимается решение о включении или не включении зависимых метрик в комплексный показатель. Коэффициент корреляции для двух показателей (являющихся в известной мере случайными):

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sqrt{D(X)} \cdot \sqrt{D(Y)}},$$

где  $D(X)$  и  $D(Y)$  — дисперсии парных величин;  $\text{cov}(X,Y)$  — их ковариация:

$$\text{cov}(X,Y) = M([X - M(X)][Y - M(Y)]),$$

где  $M(X)$  — математическое ожидание соответствующей величины.

При подсчете значения  $\rho$  — парного коэффициента корреляции — будет получено значение от -1 до +1. При этом чем ближе модуль этого числа к 1, тем сильнее выражена корреляционная зависимость между метриками. Для тех пар метрик, которых она равна единице или близка к ней, достаточно включать в комплексный показатель одну из них. Для пар метрик с высокой и средней корреляцией необходимо вводить поправочные коэффициенты. Величины таких коэффициентов для разных типов программного обеспечения устанавливаются на основе усредненных показателей, но могут быть уточнены в результате экспериментальных исследований. Для этого по каждой метрике необходимо учесть в среднем до 100 результатов наблюдений. Подобный алгоритм подсчета комплексной метрики удобно смоделировать с использованием сетей доверия Байеса, закладывая в узлы полученные значения метрик и устанавливая связи между узлами с помощью полученных коэффициентов корреляции.

### Литература

1. Min Xie, Yuan-Shum Dai, Kim-Leng Poh. Computing systems reliability: models and analysis. Springer, 2004.
2. Linger, R. C., and P. A. Hausler, "The Journey to Zero Defects with Cleanroom Software Engineering," *Creativity!*, IBM Corporation, September 1992.
3. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. М.: Наука, 1981.

4. Kan, Stephen H. Metrics and models in software quality engineering / Addison-Wesley —2nd ed, 2002.
5. Jones, C., Programming Productivity, New York: McGraw-Hill, 1986.
6. Conte, S. D., H. E. Dunsmore, and V. Y. Shen, Software Engineering Metrics and Models, Menlo Park, Calif.: Benjamin/Cummings, 1986.

Е.А. Семенчев, А.В. Демидова

## **АЛГОРИТМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ, ОСНОВАННЫЙ НА ЗАКОНЕ ЭВОЛЮЦИИ ДВОЙСТВЕННЫХ ПАР**

Тула, Тульский государственный университет

В настоящее время актуальны разработки интеллектуальных беспилотных робототехнических аппаратов земного, воздушного, морского назначений. В них затрагивается проблема планирования действий при перемещении объекта в пространстве при наличии препятствий. Решению этой проблемы посвящены многочисленные работы и исследования в разных областях техники [например, 1-3]. Основным недостатком разрабатываемых современных регуляторов и систем управления является то, что они проектируются под конкретные задачи, чаще всего они решают лишь две задачи: слежения и задачу стабилизации параметров. Тем не менее, природа при перемещении объектов преподносит огромное количество непредсказуемых ситуаций, под которые трудно создать универсальный регулятор. Проблема состоит в конструировании управляющего устройства, способного анализировать реальные ситуации, возникающие при перемещении объекта в пространстве при наличии большого количества препятствующих движению неподвижных и подвижных объектов, и принимать решения, осуществлять планирование в реальном времени. До сих пор не удается создать регулятор способный вырабатывать управляющие воздействия эффективные на огромном множестве ситуаций.

В данной работе предложен универсальный управляемый алгоритм перемещения интеллектуальных автономных объектов в пространстве с препятствиями, основанный на эволюционной трансформации двойственной пары по закону куба.

Идея алгоритма состоит в следующем. Все ситуации мы анализируем и выделяем из них двойственные пары [5], что существенно упрощает последующий анализ ситуации. У нас всегда существует хотя бы одно парное отношение: местоположение нашего объекта и мнимое место, где в дальнейшем он должен оказаться. В соответствии с принципом наименьшего действия наш объект движется по прямой, но по шагам, с некоторой скоростью. На каждом шаге происходит анализ ситуации. Если на пути попадается значительных размеров объект, срабатывает алгоритм системы безопасности – двигаться вдоль объекта не ближе чем на расстоянии  $2/3$  нашего размера. Нынешнее положение нашего объекта – является действительным полюсом двойственной пары, тогда как то место, куда должен переместиться наш объект – мнимой частью двойственной пары. Мнимая часть вычисляется благодаря другой двойственной паре, образованной концами виртуальной перекладины, соединяющей наиболее удаленные точки границы свободного пространства между препятствиями. Данные пары образуют крест, как изображено на рис.1. Таким образом, наш метод можно назвать методом виртуальных крестообразных двойственных пар, в основе

которого лежит принцип наименьшего действия и закон сохранения двойственных отношений.

Предполагается, что в структуре объекта существует помимо прочих четыре подсистемы, как показано на рис. 2.

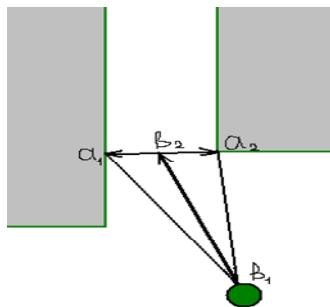


Рис. 1. Крестообразующие двойственные пары

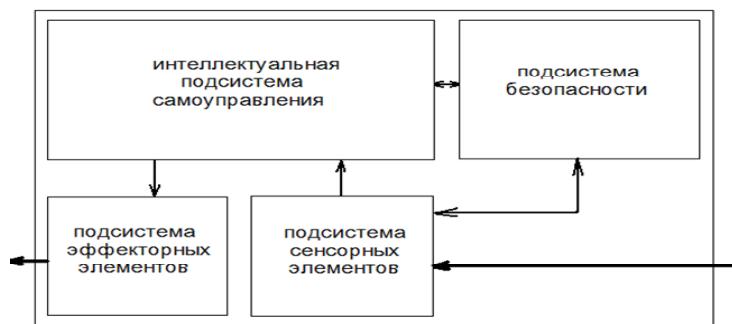


Рис. 2 – Обобщенная структура интеллектуального автономного объекта

Пусть наш объект имеет симметричную форму (рис. 3) и связанные с ней две системы координат. Сенсорная система, обладающая тремя степенями свободы, имеет собственную подвижную систему координат. Другая система координат жестко связана с объектом и одна из осей её направлена по оси симметрии объекта. Перемещения осуществляются и фиксируются в третьей системе координат, в которой намечен желаемый маршрут движения.

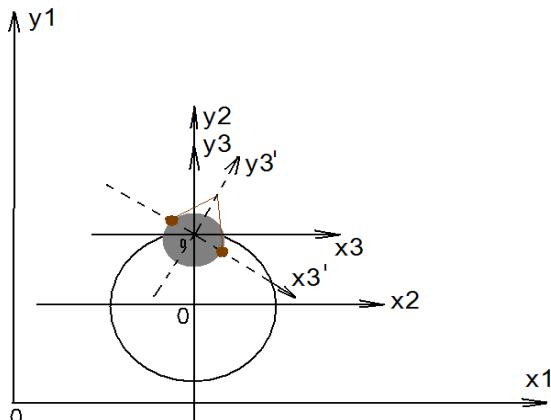


Рис.3 – Системы координат

В нашем объекте в качестве датчика окружающей среды используется система искусственного 3D-зрения, способная помимо распознавания границ объектов определять расстояние до них. Искусственный орган зрения построен на основе закона двойственности [4]. Двойственная пара зрительных рецепторов формирует образ объекта внимания, хранящий пространственно – временную и качественную информацию.

Сформированный образ передается в интеллектуальную систему самоуправления, которая осуществляет оценку ситуации. В результате анализа строятся виртуальные двойственные пары для всех потенциально опасных объектов окружающей среды. После этого планируется способ реализации перемещения по прямой к будущему местоположению на один шаг. Перед следующим шагом перемещения цикл «анализ-управление» повторяется. Разворот замысла происходит иерархически по закону эволюции двойственного отношения до элементарного действия, а благодаря

заложенному принципу наименьшего действия реализуется движение с наименьшими затратами энергии. При этом система безопасности следит за выполнением требования – сближение с внешними объектами не должно быть меньше, чем 2/3 от собственного габаритного размера.

Рассмотрим схематично работу алгоритма на примере. Пусть наш автономный объект движется по полю и на его пути встречается «чужой» объект.

1. Движение по маршруту, который в зоне видимости пересекает «чужой» объект

2. Оценка размеров «чужого» объекта. Если он превышает предельно допустимый размер игнорирования (размер объектов, не мешающих перемещению) то переходим к пункту 3, в противном случае продолжаем движение без изменений п.1

3. Определяем направление на «чужой» объект в сенсорной системе координат и запоминаем его в осесимметричной системе координат. Сенсор продолжает «искать» опасные объекты.

4. Находим границы объекта

5. Определяем расстояния R1 и R2, находим минимальное, его принимаем за R

6. Определяем угол  $\alpha = |\alpha_1 + \alpha_2| = \left| \arctg \frac{r_0}{r_{ob}} + \arctg \frac{3R}{2A} \right|$ , (см. рис. 4)

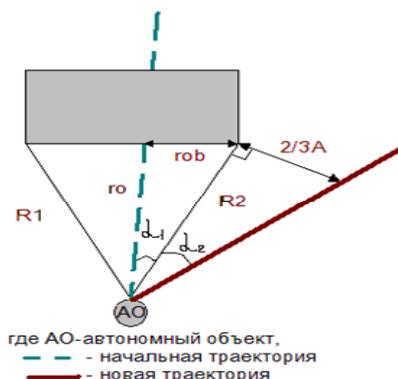


Рис. 4. Местоположение «чужого» объекта на пути

7. Проверка:  $\frac{\alpha}{\beta} \leq \frac{R}{h}$ , где h – шаг перемещения объекта,  $\beta$  – возможный угол

поворота за шаг h. Если неравенство выполняется переходим к п.8, в противном случае находим максимальную скорость при которой данной неравенство выполняется.

8. Моделируем результат нашего перемещения – «перенося» наш центр на выбранный виртуальный полюс, двойственный для нашего местоположения.

9. Если будущий результат нас удовлетворяет, совершаем поворот объекта на просчитанный угол и двигаемся к виртуальному полюсу, в противном случае рассматриваем ситуацию вновь с новыми возможными препятствиями.

10. При достижении виртуального полюса возвращаемся на маршрут по той же схеме.

Таким образом, в данной работе предложен принципиально новый подход при построении алгоритма перемещения автономных безлюдных объектов, основанный на законе сохранения двойственности и эволюции двойственных пар.

### Литература

1. <http://triai.org.ru/osnovnyie-etapyi-i-napravleniya-issledovaniy.html>
2. Осипов Г.С. Методы искусственного интеллекта и задача управления // Пленарные доклады Международной мультиконференции «Теория и системы

управления».- М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. С.161-169.

3. Рассел С, Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-ое изд.:Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

4. Семенчев Е.А., Камардина О.А. Организация стереорежима работы системы искусственного зрения на основе закона двойственности // Известия ТулГУ. Тула, 2006. Сер. «Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления», Вып. 4. С. 29-39.

5. Семенчев Е.А., Фатуев В. А. Формирование структуры и системных целей самоорганизующихся систем на основе метода декомпозиции по двойственным параметрам// Труды VIII международной конференции SIPRO-09 «Идентификация систем и задачи управления» - М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. С.299-311.

А.В. Азев, М.И. Труфанов, В.Н. Мишустин

## ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ ТРОМБОЗА ГЛУБОКИХ ВЕН ГОЛЕНИ

Курск, Курский государственный технический университет

В современной медицине все чаще находят применение оптико-электронные устройства, позволяющие автоматизировать процесс диагностики различного рода заболеваний. Задача автоматизированной диагностики тромбоза глубоких вен голени на ранней стадии является весьма актуальной.

Принцип функционирования предлагаемого устройства базируется на измерении объема голени до и после накладывания манжеты. Признаком тромбоза является увеличение объема голени сверх порогового значения вследствие возникновения отека при накладывании манжеты [1].

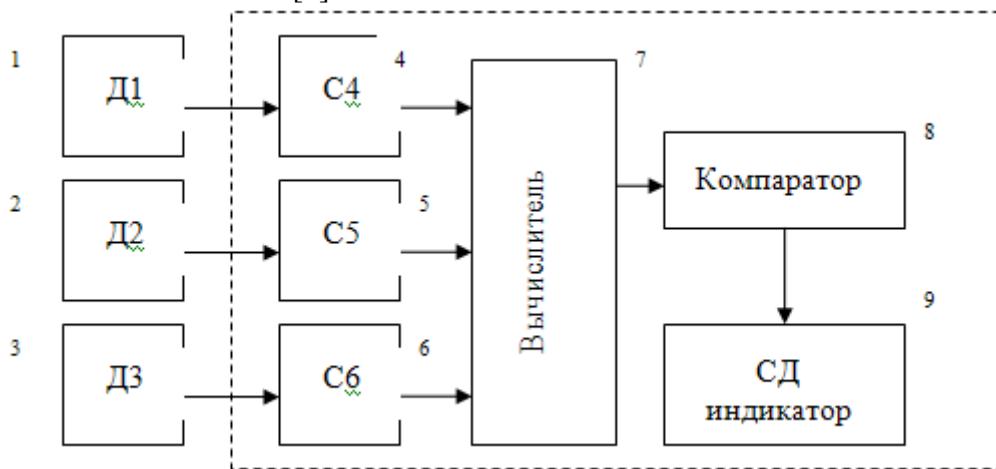


Рис. 1.

Устройство (рис.1) состоит из: оптико-электронных датчиков 1..3, состоящих из групп оптопар светодиод-фотодиод; сумматоров 4..6; вычислителя на базе микроконтроллера Atmel 7; компаратора 8; индикатора 9.

Устройство работает следующим образом. Датчики регистрируют проекцию голени. Данные с сумматоров поступают на вычислитель, который производит оценку изменения объема голени. Оценка объема производится по упрощенной для снижения вычислительной сложности формуле. Затем полученное значение сравнивается

компаратором с предварительно введенной величиной. Результат диагностики отображается светодиодным индикатором.

Достоинством разработанного устройства является его существенно более низкая стоимость по сравнению с прототипом [1], за счет использования вместо ПЭВМ и видеокамер дешевых электронных компонент – оптопар и микроконтроллера, что дает преимущество при производстве и оснащении медицинских учреждений.

#### Литература

- Гридин, В.Н. Автоматизированный аппаратно-программный комплекс диагностики тромбоэмбологических осложнений [Текст] / В.Н. Гридин, В.Н. Мищустин, О.Б. Тарасова, В.С. Титов, М.И. Труфанов //Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2008г. -№2. – С. 79 – 82.

С.В. Климова

## МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Тула, Тульский государственный университет

Современный компьютерный мир представляет собой разнообразную и весьма сложную совокупность вычислительных устройств, систем обработки информации, телекоммуникационных технологий, программного обеспечения и высокоэффективных средств его проектирования.

В настоящее время в области информационных технологий и построения программ все большее место занимает построение крупномасштабных программных средств (ПС), обладающих мощными интеллектуальными возможностями. Соответственно росту сложности программ возрастает количество выявляемых и остающихся в них дефектов и ошибок.

На качество ПО оказывает негативное влияние ряд внутренних и внешних дестабилизирующих факторов. Для снижения влияния негативных факторов на качество функционирования ПС необходимо применять целый комплекс мер и методов обеспечения качества. Выделяются два основных подхода обеспечения качества программной продукции: во-первых, использование стандартов, регламентированных технологий и систем обеспечения качества процессов ЖЦ ПС, позволяющих гарантировать высокое качество конструирования создаваемых программ; а во-вторых, использование механизма контроля качества, позволяющего выявить дефекты и ошибки разрабатываемого ПО. Основная задача технологий и методов, используемых на стадии контроля качества ПС, состоит в подтверждении и повышении уровня качества ПС, достигнутого благодаря использованию качественных процессов конструирования.

К основным подходам контроля качества ПО относятся процедуры ручного контроля, аналитической верификации (широко применяются методы Флойда и Хоара), а так же дисциплину тестирования программных средств.

Для использования методик тестирования программный продукт представляется в виде модели, к которой данные методики применяются.

Исполнимые модели (или операционные, executable models) характеризуются тем, что их можно каким-то образом выполнить, чтобы проследить изменение свойств моделируемого ПО. Каждая исполнимая модель является, по сути, программой для некоторой достаточно строгой определенной виртуальной машины.

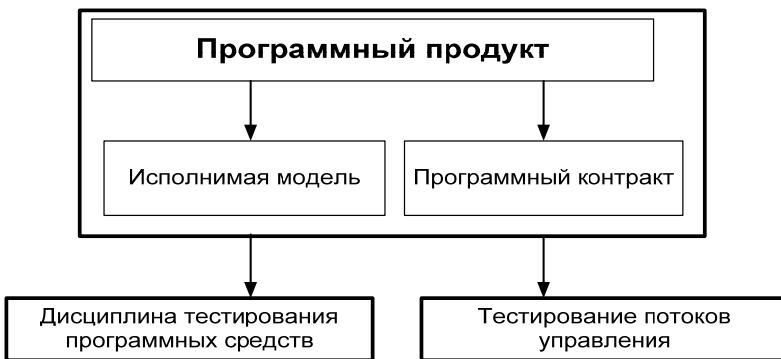


Рис. 1. Методика тестирования программных продуктов

Программные контракты (software contracts) [6], наоборот, являются частным случаем логики Хоара, сужающим возможности использования логических формул. Программный контракт представляет собой описание поведения набора программных компонентов представленное в виде описания сигнатур операций каждого из этих компонентов, структур их состояний, а также предусловий и постусловий для каждой операции и наборов инвариантов для каждого компонента в отдельности.

К наиболее трудоёмким критериям относятся так называемые критерии тестирования потоков управления. Тестирование потоков управления – это тестирование программы в соответствии с принципом “белого ящика”, при котором известна структура программы и доступен исходный код.

Применение методов обнаружения и устранения ошибок, позволяют существенно повысить качество программного обеспечения встраиваемых систем и сэкономить материально-временные ресурсы, затрачиваемые на отладку систем. Основная задача, которая требует решения - это разработка новых алгоритмов и методов анализа программного кода, которые будут более эффективны и менее трудоемки, тогда тестирование программного кода и уже готовых программных продуктов приведет к экономии затрачиваемых на разработку средств, а не, наоборот, к излишним тратам времени и денег.

#### Литература

1. Калбертсон Р. и др. //Быстрое тестирование: Пер. с англ. – Москва: “Вильямс”, 2002. С. 384.
2. Канер С. и др. //Тестирование программного обеспечения. Фундаментальные концепции менеджмента бизнес-приложений: Пер. с англ. – Киев: “ДиаСофт”, 2001. С. 544.
3. Котляров В.П., Коликова Т.В., Некрасов Н.А., Епифанов Н.А. //Технологии программирования. Основы современного тестирования программного обеспечения, разработанного на С#: Учеб.пособие – СПб.: Издательство СПбГПУ, 2004. С.168.
4. Липаев В.В. //Методы обеспечения качества крупномасштабных программных средств. – Москва: СИНТЕГ, 2003. С. 520.
5. Липаев В.В. //Обеспечение качества программных средств. Методы и стандарты. Серия “Информационные технологии”. Москва: СИНТЕГ, 2001. С. 380.
6. Майерс Г. //Искусство тестирования программ: Пер. с англ.- Москва: Финансы и статистика, 1982. С 176.
7. Макгрегор Д., Сайкс Д. //Тестирование объектно-ориентированного программного обеспечения: Пер. с англ. – Киев: ООО “ТИД ДС”, 2002. С. 432.
8. Тампре Л. //Введение в тестирование программного обеспечения: Пер. с англ. – Москва.: “Вильямс”, 2003. – 368 с.

Н.В. Неелова

## ФУНКЦИЯ УДАЛЕНИЯ НЕЙТРАЛЬНЫХ СЛОВ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ НЕЧЕТКИХ ДУБЛЕЙ ЛЕКСИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДЖАККАРДА

Тула, Тульский государственный университет

Одно из последствий популяризации сети Интернет - появление дублирующей информации в больших объемах. Поэтому всю большую значимость принимает проблема детектирования дублей. Определение дублей происходит на основе соотношения двух документов согласно вычисленной числовая мере их сходства. Перед вычислением коэффициента схожести веб-документы проходят предварительную обработку: снятие HTML-разметки, представление документа в виде линейной последовательности слов и символов (синтаксические модели) или выбранных представительных слов (лексический метод). Примером лексического метода служит функция Джаккарда:

$$sim(x, y) = \frac{|\{x_0, \dots, x_v\} \cap \{y_0, \dots, y_w\}|}{|\{x_0, \dots, x_v\} \cup \{y_0, \dots, y_w\}|} = \frac{\sum_i x_i y_i}{\sum_i x_i^2 + \sum_i y_i^2 - \sum_i x_i y_i}, \quad (1)$$

где  $x, y$  – сравниваемые тексты;  $v, w$  – количество лексем в  $x$  и  $y$  соответственно;  $\{x_0, \dots, x_v\}$ ,  $\{y_0, \dots, y_w\}$  – множество лексем;  $i$  – количество лексем в текстах  $x$  и  $y$ .

В [1] делается вывод, что функция Джаккарда лучше других подходит для реализации системы online фильтрации веб-дубликатов в промышленных масштабах, т. к. имеет высокую производительность, при незначительно худших результатах полноты. Неустойчивость алгоритма проявляется при наличии орфографических ошибок и синонимических замен. В исследовании [2] была предложена усовершенствованный метод Джаккарда с внедрением дополнительной функции учитывающей возможность синонимических замен. Использование предварительной обработки строки на возможность преднамеренного и случайного редактирования сглаживает указанные недостатки использования функции Джаккарда. Однако в указанной модели не учитывались стоп слова, которые вносят шум в коэффициент схожести, что влияет на скорость обработки, на полноту и точность показателей алгоритма детектирования дублей.

Было проведено исследование, в котором устанавливалось влияние удаления нейтральных слов из образа обрабатываемого документа при его детектировании как нечеткого дубля. Определение схожести двух документов с предварительным удалением стоп-слов и обработкой на предмет синонимических замен включает в себя этапы, представленные на рис. 1.

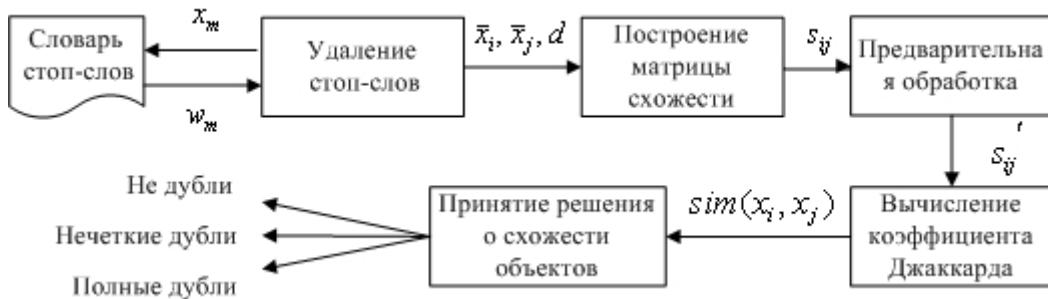


Рис.1. Определение схожести строк на основе коэффициента Джаккарда с предварительным удалением стоп-слов и обработкой на синонимические замены

Для определения интервала значимых слов была задана функции IDF согласно источнику [3], которая показала лучший результат в данном исследовании:

$$ICF = \frac{\text{TotalLemms}}{CF}$$
, где  $TotalLemms$  – общее число вхождений всех лемм в коллекции,  $CF$  – число вхождений леммы в коллекцию.

Для составления словаря частоты была обработана текстовая информация порядка 500МБ различного содержания (удаление тематического влияния). Лемматизация слов была осуществлена с помощью парсера mystem, компании Яндекс. В результате анализа полученного словаря был получен интервал значимых слов: [500; 191703].

Для расчета коэффициента схожести с предварительных удалением синонимов была взята за основу разработка [2] и дополнена функцией удаления стоп-слов согласно  $idf$  словарю. В результате работы программы и анализа полученных данных были сделаны следующие выводы.

Использование словаря обратных частот и функции удаления стоп-слов дает хороший результат в борьбе с шумовыми показателями. Эффект сглаживания шумов (снижение составило 3-5%) можно наблюдать на рис. 2, где представлены средние показатели коэффициента Джаккарда и шумов каждого обрабатываемого документа.

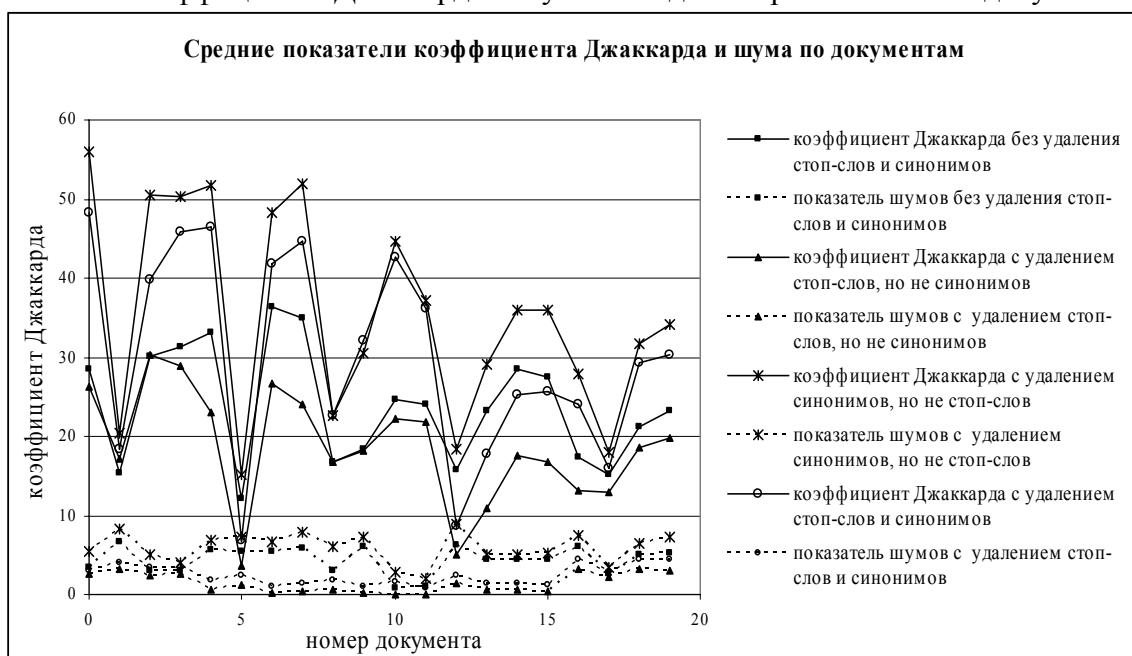


Рис.2. Сравнение шумовых показателей и показателей схожести при различных вариациях обработки синоптетов.

При использовании функции удаления стоп-слов коэффициент Джаккарда уменьшается (влияние шумов устраняется). Однако эффективность алгоритма при этом не уменьшается. Изменяется лишь критический интервал, согласно которому, определяются нечеткие дубли.

На рис.3. представлен график соотношения метрики «Полноты» в различных вариациях. Из данного графика видно, что эффективность использования предварительной обработки слов на синонимические замены при удалении стоп слов также эффективен. Отклонение от графика полноты без использования стоп слов, но с предварительной синонимической обработкой незначительное.



Рис.3. Показатели метрики полноты при различных вариациях использования предварительного удаления стоп-слов и синонимов

Временные затраты при использовании функции удаления стоп-слов сократились примерно в 2 раза. Несмотря на сокращение временных затрат вдвое, время расчета коэффициента Джаккарда с предварительной обработкой на предмет синонимических замен все также критически велико для использования его в offline методах.

Показатель полноты по сравнению с расчетом коэффициента Джаккарда без удаления стоповых слов, немного ниже. При тематических текстах указанное снижение может привести к уменьшению точности. В связи с этим необходимо учитывать тематичность при его обработке. Также при учете частотности слов в документе можно будет более качественно построить его модель, а, следовательно, получить более эффективные результаты при детектировании нечетких дублей.

#### Литература

- Цыганов Н.Л., Циканин М.А. Исследование методов поиска дубликатов веб-документов с учетом запроса пользователя // Интернет-математика 2007: Сб. работ участников конкурса / Екатеренбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 211-222.
- Неелова Н.В. Исследование лексического метода вычисления схожести строк веб-документа с учетом предварительной обработки // XXXV Гагаринские чтения: Научные труды Международной молодежной научной конференции в 8 томах / М.: МАТИ, 2009. 4 том, с. 31-32.
- Гулин А., Маслов М., Сегалович И. Алгоритм текстового ранжирования Яндекса на РОМИП-2006 // Труды РОМИП 2006.

Ю.А. Басалов

#### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСКОРЕННОГО ПЕРЕБОРА ПРИ РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Тула, Тульский государственный университет

Особенностью современных информационных систем является сложность используемых алгоритмов обработки данных. Нередко информационная система должна для поиска ответа на поставленные вопросы обрабатывать большие объемы

данных. Для каждой задачи можно говорить о приемлемом времени ее решения. Для одних задач это доли секунды, для других – минуты и часы. Одну и ту же задачу обычно можно решать с помощью разных алгоритмов, и некоторые из них дают результат за приемлемое время, а другие – нет. Поэтому в таких системах актуальна задача составления эффективного алгоритма, обладающего наименьшей сложностью (минимальным временем выполнения). Как известно, сложностью алгоритма называют функцию  $F(n)$ , определяемую как наибольшее количество элементарных действий при решении задачи размера  $n$  с помощью рассматриваемого алгоритма.

Например, рассмотрим задачу, часто встречающуюся на практике. Ее условие можно сформулировать так: дано помещение с основанием  $L$  на  $W$  и высотой  $H$ . Дано количество блоков  $N$ , каждый из которых имеет форму прямоугольного параллелепипеда, и их пространственные координаты относительно одного из нижних углов площадки. Нужно создать перекрытие из минимального количества блоков. Блоки нельзя двигать, но можно решать, нужно ставить блок или нет. Известно, что места установки блоков не пересекаются между собой. Предположим, что

$$1 \leq N, W, L \leq 10^5, 1 \leq H \leq 10^9.$$

Эта задача является задачей целочисленного линейного программирования. Помимо классических методов решения, с учетом введенных по условию ограничений, существует несколько других принципиально различающихся методов решения задачи. Рассмотрим эти методы.

1) Попробуем создать решение, верно работающее на всех наборах входных данных, в которых  $N, W, L$  не превосходят 100. Для этого можно поступить следующим образом. Заведем трехмерный массив, каждая клетка которого будет соответствовать единичному кубу пространства. В таком массиве можно «нарисовать» все блоки. Для того чтобы определить ответ, надо проверить, используя созданный массив, для всех координат  $z$  от 0 до 100, не образуется ли на этой высоте перекрытие. Так как блоки не пересекаются, то это решение имеет сложность  $\Theta(H \cdot L \cdot W)$ .

2) Для другого решения заметим, что блоки не пересекаются. Это дает возможность проще проверять, образовалось ли перекрытие из блоков на одной конкретной высоте или нет. Допустим, мы хотим проверить, образовалось ли перекрытие на отрезке  $[z, z + l]$ . Рассмотрим все блоки, проекции которых на ось  $Oz$  содержат этот отрезок. Это именно те блоки, которые могут образовать перекрытие на данном отрезке. Подсчитаем суммарную площадь проекций блоков на плоскость  $Oxy$ . Если эта площадь равна  $WL$ , то так как блоки не пересекаются, то они образуют перекрытие.

Можно сделать вывод, что нас не интересуют сами блоки, а только лишь отрезки – проекции блоков на ось  $Oz$ . Для каждого отрезка запомним некоторое число — площадь проекции соответствующего блока на плоскость  $Oxy$ . Поэтому задача сводится к следующей: задан набор помеченных числами отрезков на прямой с концами в точках с целыми координатами. Необходимо найти отрезок длиной 1, который покрыт наименьшим числом заданных отрезков, причем таких, что сумма чисел на них равна  $WL$ .

Тогда можно сформулировать новый алгоритм решения нашей задачи. Будем перебирать все возможные высоты  $z$ , на которых может образоваться перекрытие (от минимальной координаты  $z$  во входном файле до максимальной), и проверять, покрывается ли отрезок  $[z, z + l]$  отрезками с суммой чисел на них, равной  $W$ . Ответ представляет собой минимальное число блоков, полностью покрывающих некоторый отрезок  $[z, z + l]$  и имеющих сумму чисел  $WL$ . Пусть мы проверили  $H$  координат  $z$ , для

каждой координаты  $z$  мы будем просматривать все отрезки, поэтому оценка сверху такого решения есть  $\Theta(H \cdot N)$ . Такое решение эффективно работает при  $N, W, L$  не превосходящих 1000.

3)Улучшить это решение можно при помощи следующего наблюдения. Не нужно проверять все координаты, достаточно лишь проверять те координаты  $z$ , в которых начинаются какие либо отрезки. То есть существует только  $N$  координат  $z$  для которых достаточно проверить образование перекрытия. Так как для каждого  $z$  проверка того, что образовалось перекрытие, занимает  $\Theta(N)$  времени, то мы получили решение с асимптотикой  $\Theta(N^2)$ .

4)Из предыдущего решения можно сделать вывод, что нам необходимо знать количество отрезков  $K$ , покрывающих отрезок  $[z, z + l]$ , и сумму написанных на них чисел  $S$  для всех координат  $z$ , в которых начинается какой либо отрезок. В предыдущем решении для каждого такого  $z$  мы каждый раз заново вычисляли числа  $K$  и  $S$ , однако можно заметить, что если перебирать интересующие нас координаты  $z$  от меньших к большим, то числа  $K$  и  $S$  будут меняться, когда мы будем встречать конец или начало некоторого отрезка. Если мы встречаем начало отрезка, то  $K$  и  $S$  увеличиваются, если конец отрезка, то уменьшаются.

Таким образом, у нас будет две ситуации: отрезок начался и отрезок закончился. Каждое событие будет характеризоваться парой чисел: координатой  $z$  и типом (начался здесь отрезок или закончился). Отсортируем события по координате  $z$ , а при равенстве координаты  $z$  по типу: при равных  $z$  событие конца отрезка должно быть в упорядоченном наборе раньше события начала отрезка. Затем пройдем по событиям и каждый раз, встречая определенное событие, будем изменять значение  $K$  и  $S$ . Если встретилось начало отрезка, то мы увеличиваем  $K$  и  $S$ , если конец — уменьшаем. При этом если после некоторого события  $S = WL$ , то, значит, образовалось перекрытие из  $K$  блоков. Осталось сравнить число  $K$  с текущим найденным ответом (чтобы выбирать минимальное число блоков, составляющих перекрытие) и запомнить  $z$  координату этого события, если  $K$  теперь является новым ответом. По этой координате  $z$  мы сможем восстановить ответ.

Так как после сортировки решение работает за линейное время, а сортировку можно реализовать за  $\Theta(N \log N)$ , то полученное решение работает за  $\Theta(N \log N)$ .

5)Существует и другой вариант решения. В нем мы для каждой координаты храним список событий, которые в ней происходят. Тогда с помощью перебора можно найти искомое перекрытие. Время работы этого алгоритма —  $\Theta(N + H)$ . Оно несколько менее эффективное, чем предыдущее, но зато более простое в реализации.

Таким образом, 4-ый алгоритм выполняется быстрее остальных (при больших  $N$ ). Но стоит отметить, что именно этот алгоритм сложнее всего реализовать программно. Эффективное решение — это всегда компромисс между скоростью выполнения программы и сложностью ее программной реализации.

## Секция «Специальные системы»

А.Ю. Тропченко, А.А. Безгодов

# РАЗРАБОТКА ЯЗЫКА СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет  
информационных технологий, механики и оптики

Задача создания языка управления и конфигурирования приложения появляется в связи с ростом сложности программных систем. Нередко, изменение одного параметра в коде программы приводит к необходимости длительной компиляции, что усложняет и увеличивает время разработки. Часто, задача настройка поведения приложения поручается людям, которые не имеют прямого отношения к программированию. Типичным примером такой задачи является настройка пользовательского интерфейса. Написание игровых или тренировочных сценариев для систем виртуальной реальности – это пример еще одной задачи, которую затруднительно решать на этапе разработки приложения. Более того, такие задачи могут возникать уже после разработки программной системы.

В связи с этим, сложные программные системы разделяют на две части: ядро (kernel) и скрипт или язык сценариев (script). Ядро нередко называют хост-программой (host-program). В ядре реализуются основные классы и функциональность. Ядро обычно разрабатывается с использованием таких языков программирования как C, C++, C# или других.

В качестве языков сценариев выбирают более простые и гибкие языки, такие как Lua, Python и других встраиваемых языках (*embedded languages*).

В данной работе предлагается еще один такой язык сценариев. Приводятся требования, сформулированные на этапе разработки, и особенности реализации, а также перспективы развития. Требования к разрабатываемому языку были сформулированы после анализа нескольких аналогичных языков:

1.Lua – интерпретируемый язык программирования, разработанный в католическом университете Рио-де-Жанейро. Весьма распространенный язык, используется для целей конфигурирования и задания поведения приложений, а также как средство для небольших баз данных. Имеет динамическую типизацию. В качестве основы использует понятие таблицы и через них позволяет реализовать ряд важных программных парадигм. Открытый исходный код [3], [4].

2. Unreal Script – скриптовый язык разработанный фирмой Epic для игр серии “Unreal”. Используется для описания игровых событий. Имеет статическую типизацию. Широко используется параллелизм выполнения задач – как правило, каждый объект имеет свой поток исполнения в рамках виртуальной машины. Имеет широкую поддержку типов, часто использующихся в играх, такие как вектор, углы Эйлера, матрицы и т.п. Исходный код является закрытым. [5]

3. Angel Script – является инициативной разработкой. Имеет статическую типизацию, является объектно-ориентированным. Важной особенностью, является весьма прозрачный механизм связывания функций хост-программы и скрипта. Открытый исходный код [6].

На их основании были сформулированы следующие начальные требования:

- Синтаксис близкий к синтаксису языка C.

- Динамическая типизация – это позволяет упростить язык, компилятор уменьшить набор команд для виртуальной машины.
- Поддержка таких встроенных типов как: нулевой тип (nil), целые числа, числа с плавающей запятой, строки, четырехмерные вектора.
- Встроенная в виртуальную машину поддержка операций над строками и векторами.

Для разрабатываемого языка была определена следующая грамматика:

```

program      = { chunk } EOF.
chunk        = statement ";".
              | "function" Ident "(" epsilon|Ident {"," Ident} ")" "{".
{statement}""
statement    = ";".
              | expression ";".
              | assignment ";".
              | "var" Ident ["=" expression] ";".
              | "const" Ident ["=" expression] ";".
              | "if" "(" expression ")" statement [ "else" statement ].
              | "for" "(" [assignment] ";" [expression] ";" [assignment] ")".
statement
              | "return" [expression] ";".
              | "continue" ";".
              | "break" ";".
              | "{" {statement} "}".
assignment   = access "=" expression.
expression   = logic_or.
logic_or    = logic_and {"||" logic_and}.
logic_and   = bit_or {"&&" bit_or}.
bit_or      = bit_xor {"|" bit_xor}.
bit_xor     = bit_and {"^" bit_and}.
bit_and     = cmp_op {"&" cmp_op}.
cmp_op      = add_op [ ("==" | "!=" | "<" | ">" | "<=" | ">=") add_op].
add_op      = mul_op { ("+" | "-") mul_op }.
mul_op      = unit_op { ("*" | "/" | "%") unit_op }.
unit_op     = ["+" | "-" | "~" | "!" ] operand.
operand      = access [func_call] | String | Number | "(" expression
")".
func_call   = "(" epsilon | expression {"," expression} ")".
access      = Ident;

```

Виртуальная машина является стековой. Размер стека определяется на этапе компиляции хост-программы. Стек используется для хранения промежуточных данных на каждом этапе вычислений, а также при передаче данных в функцию и возврате значений из функций.

Стек имеет два указателя — указатель вершины и указатель базы. Таким образом, обращение к стеку возможно как относительно базы, так и относительно вершины. Обычно, адресация относительно базы используется при обращении к параметрам функции и к локальным переменным. Адресация относительно вершины используется для обращения к результатам промежуточных вычислений.

Каждая переменная содержит поле типа и поле данных, которое интерпретируется в зависимости от поля типа. Память виртуальной машины реализуется в виде массива таких переменных фиксированной длины.

Команда виртуальной машины состоит из двух полей: кода команды и поля операнда. Если команда не требует операнда — поле операнда игнорируется. Виртуальная машина имеет следующий список команд:

HALT	NOP	LOAD	LDAD	STORE	CONST
STKRES	REM	CALL	RETURN	JMP	JMPC
JMPCN	ADD	SUB	MUL	DIV	MOD

BIN_AND	BIN_OR	BIN_XOR	BIN_NOT
LOG_AND	LOG_OR		
IS_EQ	IS_UNEQ	IS_GRTR	IS_LESS
IS_GEQ	IS_LEQ	LOG_NOT	NOT
			NEG

Каждая подпрограмма состоит из нескольких команд. Выделяется корневая подпрограмма, в которую помещаются команды инициализации переменных. Данная подпрограмма вызывается сразу после компиляции модуля. Остальные подпрограммы формируются в процессе компиляции объявленных функций.

Стек и основная память виртуальной машины не пересекаются, однако для упрощения работы с локальными переменными они были объединены в одно адресное пространство. В связи с этим, адрес команды состоит из двух частей: селектора стека (1 бит) и адресной части (31 бит).

Если селектор стека равен 0, то адресная часть интерпретируется как индекс в основной памяти.

Если селектор стека равен 1, то адресная часть интерпретируется как смещение относительно базы стека. Причем, смещение может быть как положительным так и отрицательным, что позволяет эффективно реализовать доступ к локальным переменными и аргументам функции.

Векторные операции поддерживаются как на уровне команд и типов данных виртуальной машины, так и набором внешних функций. Например, операции сложения, вычитания, покомпонентного умножения векторов осуществляются командами ADD, SUB и MUL соответственно. Другие же операции, такие как скалярные, векторные произведения и ряд других преобразований, например отражение — реализуются набором внешних функций.

Данный язык сценариев достаточно нов, однако уже показал свою работоспособность в решении простых задач. Тем не менее, для того, чтобы данный язык приобрел качества современных скриптовых языков, необходим ряд усовершенствований и дальнейших улучшений:

1. Поддержка ряда структур данных, таких как массивы, списки, ассоциативные массивы и т.п., и алгоритмов для работы с ними.
2. Поддержка матриц 4x4.
3. Поддержка составных типов, аналогичным структурам С или таблицам Lua.
4. Поддержка объектной модели.
5. Поддержка параллельного исполнения внутренних функций.
6. Внедрение развитой системы отладки и профилирования исполняемых сценариев.
7. Профилирование виртуальной машины с целью выяснения трудоемких участков кода.

#### Литература

1. Ахо Альфред В., Лам, Моника, С., Сети, Рави, Ульман Джедри Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий, 2-е изд. Пер. С англ. — М. ООО «И.Д. Вильямс», 2008.
2. Зубков С.В. Assembler для DOS, Windows и UNIX – 3-е изд., — М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2004.
3. Roberto Ierusalimschy, Luiz Henrique de Figueiredo, Waldemar Celes. 2007. Lua 5.1 Reference Manual.
4. Roberto Ierusalimschy, Luiz Henrique de Figueiredo, Waldemar Celes. 2007. The Evolution of Lua. Proceedings of ACM HOPL III (2007) 2-1–2-26.
5. Tim Sweeney, Michiel Hendriks. UnrealScript Language Reference. <http://udn.epicgames.com/Two/UnrealScriptReference.html>

## 6. Angel Script Manual.

<http://www.angelfire.com/angelscript/sdk/docs/manual/index.html>

О.Н. Калачев, Ю.В. Янчевский

# ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Тула, Тульский государственный университет

Одним из важных этапов разработки приборной базы интеллектуальных систем видеонаблюдения является этап оценки параметров системы. В частности, элементы оптико-электронных преобразователей могут рассматриваться как фильтры с импульсным откликом в виде кривой Гаусса [1]

$$w(\xi) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}a} \exp\left(-\frac{\xi^2}{2a^2}\right), \quad (1)$$

где  $A$  - статический коэффициент передачи фильтра;  $a$  - коэффициент, определяющий ширину импульса

Преобразование Фурье от Гауссиана (1) также имеет вид кривой Гаусса:

$$W(\omega_\xi) = A \exp\left(-2a^2\pi^2\omega_\xi^2\right). \quad (2)$$

Равенства (1) и (2) задают Фурье-пару, в которой каждая функция является вещественной и положительной, причем если гауссиан в сигнальной области расширяется, то в спектральной области он сужается, и наоборот.

Если оптический сигнал в оптико-электронной системе подвергается  $N$ -ступенчатой обработке, ее модель строится как свертка импульсных откликов этапов:

$$w(\xi) = \prod_{n=1}^N {}^* w_n(\xi, v_n), \quad (3)$$

где  $w_n(\xi, v_n)$  - импульсный отклик  $n$ -го фильтра;  $v_n$  - вектор параметров  $n$ -го фильтра;

$\prod_{n=1}^N {}^* \dots$  - обозначение операции групповой свертки.

В спектральной области модель преобразований представляет собой произведение

$$W(\omega_\xi) = \prod_{n=1}^N W_n(\omega_\xi, v_n), \quad (4)$$

где  $W_n(\omega_\xi, v_n)$  - передаточная функция  $n$ -го этапа обработки.

Предположим, что вектор  $v_n$  разделяется между параметрами  $A$  и  $a$ , т.е.

$$v_n = v_{an} \cup v_{An}; \quad v_{an} \cap v_{An} = 0,$$

Это позволяет представить (4) в виде:

$$W_n(\omega_\xi, v_n) = A_n(v_{An}) \exp\left(-2a_n(v_{an})^2 \pi^2 \omega_\xi^2\right), \quad (5)$$

где  $a_n(v_{an})$  и  $A_n(v_{An})$  - коэффициенты, зависящие от параметров  $v_{an}$  и  $v_{An}$ .

С учетом того, что передаточные функции (5) представляют собой экспоненты, выражение (4) может быть переписано в виде:

$$\zeta(\omega_\xi) = \Phi(\omega_\xi) \cdot \left[ \prod_{n=1}^N A_n(v_{An}) \right] \exp\left[-2\pi^2 \omega_\xi^2 \sum_{n=1}^N a_n^2(v_{an})\right]. \quad (6)$$

Передаточная функция (6) является всюду положительной действительной функцией. Для нее может быть получена логарифмическая частотная характеристика (ЛЧХ):

$$\ln[W_{\Sigma}(\omega_{\xi}, \mathbf{v}_{A\Sigma}, \mathbf{v}_{a\Sigma})] = \sum_{n=1}^N \ln[A_n(\mathbf{v}_{An})] - 2\pi^2 \omega_{\xi}^2 \sum_{n=1}^N a_n^2(\mathbf{v}_{an}). \quad (7)$$

Кривая ЛЧХ (7) имеют вид квадратичной параболы, симметричной относительно оси ординат, с ветвями, опущенными вниз (рис. 3.5). Ширина кривой определяется суммарным коэффициентом  $a_{\Sigma}(\mathbf{v}_{a\Sigma})$ . При добавлении очередного, например ( $N+1$ )-го, этапа обработки сигнала, парабола может сместиться по оси ординат, что определяется коэффициентом передачи  $A_{N+1}(\mathbf{v}_{A,N+1})$ . Кроме того, парабола сужается, что определяется коэффициентом ширины  $a_{N+1}^2(\mathbf{v}_{a,N+1}) \geq 0$ .

Будем считать, что векторы параметров  $\mathbf{v}_{A\Sigma}, \mathbf{v}_{a\Sigma}$  реализуются с отклонениями от номинальных значений, а функции  $A_n(\mathbf{v}_{An})$  и  $a_n(\mathbf{v}_{an})$  имеют первую и вторую производные по всем составляющим векторов  $\mathbf{v}_{An}$  и  $\mathbf{v}_{an}$ . Обозначим

$$\ln[W_{\Sigma}(\omega_{\xi}, \mathbf{v}_{A\Sigma}, \mathbf{v}_{a\Sigma})] = L_{\Sigma}(\omega_{\xi}, \mathbf{v}_{A\Sigma}, \mathbf{v}_{a\Sigma}). \quad (8)$$

Тогда погрешность в реализации ЛЧХ определяется зависимостью [2]

$$\mathcal{E}_{L\Sigma} = \sum_{n=1}^N \left[ \sum_{k(A_n)=l(A_n)}^{K(A_n)} \sigma_{An,k(A_n)} \mathcal{E}_{vA,k(A_n)} + \sum_{k(an)=l(an)}^{K(an)} \sigma_{an,k(an)}(\omega_{\xi}) \mathcal{E}_{va,k(an)} \right], \quad (9)$$

где  $\sigma_{An,k(A_n)}$  - коэффициент чувствительности ЛЧХ к изменению параметра  $v_{An,k(A_n)}$ ;  $\mathcal{E}_{vA,k(A_n)}$  - относительная погрешность параметра;  $\sigma_{an,k(an)}(\omega_{\xi})$  - функция чувствительности ЛЧХ к изменению параметра  $v_{an,k(an)}$ ;  $\mathcal{E}_{va,k(an)}$  - относительная погрешность изменения параметра  $v_{an,k(an)}$ ;

$$\begin{aligned} \sigma_{An,k(A_n)} &= \frac{\partial A_n(\mathbf{v}_{An})}{A_n(\mathbf{v}_{An})} \frac{\partial v_{An,k(A_n)}}{\partial v_{An,k(A_n)}}; \\ \sigma_{an,k(an)}(\omega_{\xi}) &= \frac{-4\pi^2 \omega_{\xi}^2 a_n v_{an,k(an)}(\mathbf{v}_{an}) \partial a_n(\mathbf{v}_{an})}{\partial v_{an,k(an)}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Коэффициент чувствительности не зависит от круговой частоты  $\omega_{\xi}$ . Он сдвигает всю ЛЧХ по вертикали параллельно самой себе. Как правило, сдвиг связан с дополнительными потерями в оптико-электронном преобразователе, поэтому сдвиг происходит в сторону уменьшения статического коэффициента передачи.

Функция чувствительности представляет собой функцию круговой частоты  $\omega_{\xi}$ . она имеет вид квадратичной параболы с ветвями, направленными вниз. При  $\omega_{\xi} = 0$  значение функции чувствительности равно нулю. Как правило, сдвиг связан с дополнительными динамическими потерями в оптико-электронном преобразователе, поэтому в результате воздействия погрешностей частотная характеристика фильтра сужается.

Приведенные выкладки показывают, что увеличение количества этапов преобразования сигнала в приборной части приводит только к ухудшению характеристик оптико-электронных преобразователей. Это следует учитывать при практической реализации интеллектуальных видеосистем. Их следует компоновать из минимального числа высококачественных элементов.

### Литература

1. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике / Под ред. Алексеева В.И. - М.: «Мир», 1971. - 496 с.
2. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.

А.Н. Привалов, Д.В. Жуков, М.Е. Соболев

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТРЕНАЖЁРНЫХ СИСТЕМ**

Тула, Тульский артиллерийский инженерный институт

При разработке тренажёрных систем важное место занимает вопрос разработки специального программного обеспечения. В настоящее время широко применяется модульная структура программного обеспечения.

На практике, при разработке программного обеспечения, модульность обеспечивает четыре главных преимущества:

- возможность разложить сложную систему на простые части;
- возможность собрать сложную систему из готовых модулей;
- возможность интерпретировать систему как состоящую из составных частей;
- возможность модифицировать систему путем модификации лишь небольшого количества ее частей.

При разбиении системы на модули необходимо иметь возможность точного описания всей модульной структуры, а также указания взаимосвязей между отдельными модулями.

Можно определить очень много взаимосвязей между модулями. Например, что один модуль должен быть реализован до реализации другого или что один модуль - важнее другого. Первое отношение может использоваться для контроля разработки системы, второе может служить руководством для назначения области работ программистам, в зависимости от их опыта и квалификации.

С точки зрения абстракции модульную структуру системы можно описать в показателях разнообразных типов математических отношений. Пусть  $S$  - программная система, состоящая из модулей  $M_1, M_2, \dots, M_n$ ; т. е.:  $S = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ .

Отношением  $r$  на множестве  $S$  будет являться любое множество пар элементов  $S$ , т. е. подмножество  $S \times S$ . Для двух модулей  $M_1$  и  $M_j$  из  $S$  тот факт, что пара  $\langle M_1, M_j \rangle$  принадлежит  $r$ , записывается с использованием инфиксной нотации так:  $M_1 r M_j$ . Поскольку интерес представляет описание отношений между разными модулями, то всегда будут подразумеваться так называемые нерефлексивные отношения, означающие, что  $M_1$  и  $M_j$  не выполняется для любого модуля  $M_1$ , множества  $S$ .

Транзитивное замыкание отношения  $r$  на  $S$  - это тоже отношение на  $S$ , обозначаемое  $r^*$ . Пусть  $M_1$  и  $M_j$  будут любыми двумя элементами  $S$ . Тогда  $r^*$  можно определить рекурсивно следующим образом:  $M_1 r^* M_j$  тогда и только тогда, когда  $M_1 r M_j$  либо в  $S$  существует такой элемент  $M_k$  что  $M_1 r M_k$  и  $M_k r^* M_j$ . Отношение  $r$  является иерархией тогда и только тогда, когда не существует двух таких элементов  $M_1$  и  $M_j$ , что  $M_1 r^* M_j$  и  $M_j r^* M_1$ .

Отношение можно изобразить в графической форме как направленный (ориентированный) граф (directed graph), узлы которого отмечены элементами в  $S$ , а направленная дуга (directed arc) выходит из узла, отмеченного как  $M_1$ , в узел, отмеченный  $M_j$ , тогда и только тогда, когда  $M_1 r^* M_j$ .

Одним из отношений, описывающим модульную структуру системы программного продукта, является отношение USES. Для двух отдельных модулей  $M_i$  и  $M_j$  говорится, что  $M_i$  USES  $M_j$ , если  $M_i$  требует присутствия  $M_j$ , потому что  $M_j$  обеспечивает ресурсы, которые необходимы  $M_i$  для выполнения своей задачи. Если  $M_i$  USES  $M_j$ , также говорится, что  $M_i$ , является клиентом  $M_j$  поскольку  $M_i$  требуются сервисы, предоставляемые  $M_j$ . В свою очередь  $M_j$  называется сервером. Если говорить более конкретно, то отношение USES устанавливается тогда, когда модуль  $M_i$ , получает доступ к ресурсам, предоставляемым модулем  $M_j$ .

Отношение USES предоставляет возможность четко судить о связности. На основании графа USES можно различать количество исходящих ребер модуля (называемых коэффициентом разветвления по выходу) и количество входящих ребер (коэффициентом объединения по входу). Предполагается, что хорошая структура проекта должна иметь низкий коэффициент разветвления но выходу и высокий коэффициент объединения по входу. Высокий коэффициент объединения по входу указывает на правильное проектирование, поскольку модуль с высоким коэффициентом объединения по входу представляет общую абстракцию, активно используемую другими модулями.

Еще одно отношение между модулями, используемое при описании проектов - IS\_COMPONENT\_OF. Данное отношение позволяет описывать архитектуру на примере некоего модуля, состоящего из отдельных модулей, которые, в свою очередь, также могут состоять из других модулей и т. д.

Пусть  $S$  - множество модулей. Для любого  $M_i$  и  $M_j$  в  $S$  выражение  $M_i$  IS\_COMPONENT\_OF  $M_j$  означает, что  $M_j$  реализован путем объединения нескольких модулей, один из которых -  $M_i$ . Также можно определить отношение COMPRISES как обратное IS\_COMPONENT\_OF, т. е. для любых двух элементов  $M_i$  и  $M_j$  в  $S$  говорится, что  $M_i$  COMPRISES  $M_j$ , тогда и только тогда, когда  $M_j$  IS\_COMPONENT\_OF  $M_i$ . Пусть  $M_{s1}$ , - подмножество множества  $S$ , определенное следующим образом:

$$M_{s1} = \{ M_k \mid M_k \text{ is in } S \text{ and } M_k \text{ IS_COMPONENT_OF } M_i \}$$

Тогда можно сказать, что:  $M_i$  IS\_COMPOSED\_OF  $M_{s1}$  и наоборот:  $M_{s1}$  IMPLEMENTS  $M_i$ .

Несмотря на то, что отношения USES и IS\_COMPONENT\_OF рассматривались в контексте проектирования архитектуры программного продукта, концепции, представленные этими отношениями, в одинаковой степени применимы к другим типам проектирования. Например, в контексте технических условий необходимо обсудить модули спецификаций, а также отношения, описывающие их зависимости. Модуль спецификаций может использовать другой модуль, если он ссылается на обозначенное в нем понятие. Модуль спецификации также может быть компонентом еще одного модуля, если он описывает часть системы, определенную другим модулем.

Таким образом, предложено формальное описание модульной структуры специального программного обеспечения, которое позволяет повысить эффективность работоспособности тренажёрных систем.

### Литература

1. Алтутин В.К., Стручков А.М. Проектирование компьютерных систем обучения и интеллектуальной тренажерной подготовки / Под ред. О.М. Туровского, Тверь: ЦПС, 2004. - 204 с.

А.Н. Привалов, В.Л. Кулешов, Т.А. Соловьёва

## АДАПТИВНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Тула, Тульский артиллерийский инженерный институт

В докладе рассматриваются вопросы, связанные с функционированием и разработкой адаптивной АОС совместно с тренажёрным комплексом по изучению электропривода реактивной системы залпового огня (РСЗО) БМ-21.

Применение АОС при изучении функционирования электропривода РСЗО БМ-21 позволяет эффективно задействовать потенциал программного средства и материальной части образца вооружения.

Структурно-функциональная схема разработанной АОС представлена на рисунке 1.

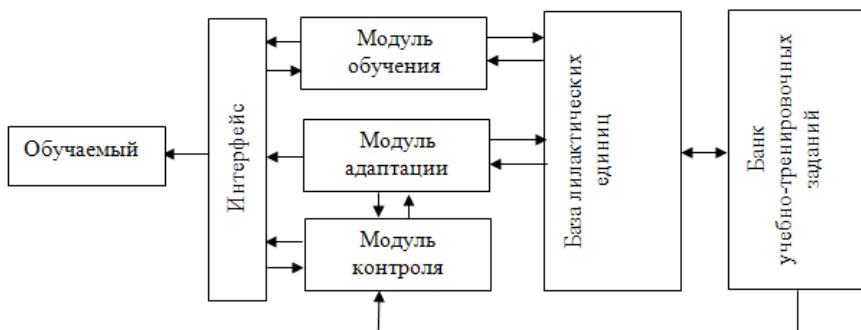


Рис. 1 Структурно-функциональная схема АОС

В разработанной АОС знания о процессах функционирования электрической схемы электропривода РСЗО БМ-21 представлены в виде базы дидактических единиц:

- питание электропривода;
- включение электропривода вертикального наведения (ВН);
- включение электропривода горизонтального наведения (ГН);
- наведение;
- ограничение наведения электроприводом вертикального наведения (ВН);
- ограничение наведения электроприводом горизонтального наведения (ГН);
- ограничение наведения электроприводами в зоне обхода кабины;
- выключение электроприводов;
- защита электроприводов при резком возрастании напряжения на электромашинных усилителях;
- работа схемы отключения электропривода ВН;
- восстановление полярности напряжения генератора Г-6.5С при перемагничивании системы возбуждения.

Целями изучения всех дидактических единиц учебной информации считается знание последовательности взаимодействия элементов схемы от исходного до ключевого (закрывающего) элемента.

Формализация процесса функционирования адаптивной компьютерной обучающей системы сопряжена с построением модели представления знаний о каждом объекте в виде базы дидактических единиц с помощью категорий (единиц) знаний и дидактических единиц учебной информации.

Категория знаний - единица учебной информации, характеризующая определённый признак или свойство изучаемой сущности (элемента схемы).

Базовая категория знаний применительно к изучению технических объектов это категория, характеризующая знание процесса функционирования элемента.

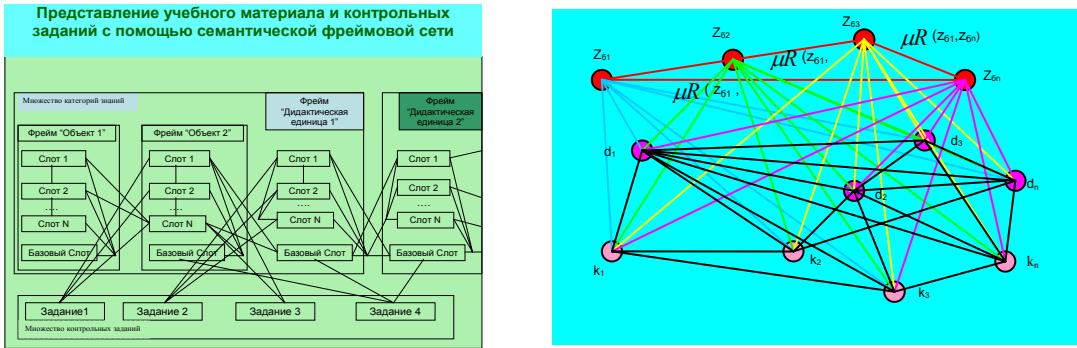


Рис. 2 Структура учебного материала и контрольных заданий

Совокупность используемых категорий знаний для представления знаний о процессе функционирования электропривода БМ-21 представлена в таблице 1.

Таблица 1

Категории знаний, характеризующие функционирование элементов электропривода БМ-21

№	Название единицы знаний	Формы представления единиц знаний			
		Текст	Звук	Графика	Видео
1	Название элемента	+	+		
2	Расположение элемента объекта	+	+	+	+
3	Вид элемента	+	+	+	+
4	Назначение элемента	+	+		
5	Принадлежность элемента	+	+	+	
6	Точки сопряжения	+	+	+	+
7	Характер взаимодействия	+	+	+	+

Формирование учебной информации для АОС производится выполнением нескольких этапов по подготовке, обработке учебной информации.

С целью реализации адаптации обучаемого, нечёткие отношения значимости на элементах множества категорий знаний и его подмножествах представлены в виде нечёткого графа (рисунок 2), поскольку все подмножества заданного ранее множества  $Z(k)$  конечные или счётные.

Отношения на единицах знаний задаются с помощью матриц смежности вида:

$$\left| \begin{array}{c} \mu R_{k1, k1} \mu R_{k1, k2} \dots \mu R_{k1, kn} \\ \mu R_{k2, k1} \mu R_{k2, k2} \dots \mu R_{k2, kn} \\ \dots \\ \mu R_{kn, k1} \mu R_{kn, k2} \dots \mu R_{kn, kn} \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{c} \mu R_{d1, k1} \mu R_{d1, k2} \dots \mu R_{d1, kn} \\ \mu R_{d2, k1} \mu R_{d2, k2} \dots \mu R_{d2, kn} \\ \dots \\ \mu R_{dm, k1} \mu R_{dm, k2} \dots \mu R_{dm, kn} \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{c} \mu R_{d1, d1} \mu R_{d1, d2} \dots \mu R_{d1, dn} \\ \mu R_{d2, d1} \mu R_{d2, d2} \dots \mu R_{d2, dn} \\ \dots \\ \mu R_{dn, d1} \mu R_{dn, d2} \dots \mu R_{dn, dn} \end{array} \right|,$$

где  $\mu R_{\kappa, \kappa} \rightarrow [0,1]$ ,  $\mu R_{d, \kappa} \rightarrow [0,1]$ ,  $\mu R_{d, d} \rightarrow [0,1]$ .

Адаптация обучаемого производится двумя способами:

- нахождением эффективных путей предъявления единиц знаний с учётом заданного критерия эффективности;
- формированием множества адаптации, состоящего из значимых единиц информации, в зависимости от потребного количества информации адаптации.

Использование первого способа адаптации обучаемого заключается в нахождении эффективных путей адаптации.

Использование второго способа адаптации заключается в формировании оптимального сочетания элементов множества  $E$  (категорий знаний и единиц учебной информации) с учётом значимости для точки или области незнания (максимально возможное количество информации для эффективной адаптации).

Таким образом, применение данной адаптивной компьютерной обучающей системы позволяет заметно повысить эффективность изучения электрооборудования артиллерийских комплексов.

#### Литература

1. Гиркин И.В. Новые подходы к организации учебного процесса с использованием современных компьютерных технологий // Информационные технологии, 1998, № 6. – с. 44-47.
2. Астанин С.В. Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования // Дистанционное образование, 2000, № 5
3. Вовк С.П. Моделирование взаимодействия “педагог-студент” с использованием четких и нечетких игр/ Материалы научно-технической конференции, Таганрог, ТРТУ, 1997
4. Р.Беллман, Л.Заде Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.:Мир,1976.400с.
5. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. – Киев: Наукова думка, 1991. – 196 с.
6. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика.- М. Наука, 1986.- 288 с.
7. Представление и использование знаний /Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. -М.: Мир, 1989. - 220 с.

С.В. Зимина

## **ВЛИЯНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ВЕСОВОГО ВЕКТОРА НА КОЭФФИЦИЕНТ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ АДАПТИВНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ, НАСТРАИВАЮЩЕЙСЯ ПО ДИСКРЕТНОМУ ГРАДИЕНТНОМУ АЛГОРИТМУ И ПРИНИМАЮЩЕЙ ШИРОКОПОЛОСНЫЕ СИГНАЛЫ**

Москва, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Качество настройки адаптивных антенных решёток (AAP) определяется тем алгоритмом, по которому происходит настройка данной антенны. Статистическая зависимость между вектором входных сигналов и вектором настраиваемых весовых коэффициентов приводит к тому, что характеристики AAP в стационарном режиме работы ухудшаются по сравнению с аналогичными характеристиками, найденными при постоянном стационарном весовом векторе [1-3]. Учет флюктуаций весового вектора приводит к появлению в выражениях различных статистических характеристик адаптивных антенн дополнительных слагаемых.

В представленной работе приведены найденные с учетом флюктуаций настраиваемых весовых коэффициентов коэффициенты направленного действия адаптивной антенной решётки, настраивающейся по дискретному градиентному алгоритму и принимающей широкополосные сигналы.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

Рассмотрим работу  $N$ -элементной адаптивной антенной решётки, настраивающейся по дискретному градиентному алгоритму, вид которого можно записать следующим образом:

$$\vec{W}(k+1) = P \{ \vec{W}(k) - \mu \vec{X}^*(k) Z(k) \} + \vec{W}_q. \quad (1)$$

Здесь  $\vec{W}(k)$  - настраиваемый весовой вектор в момент времени  $k$ ;  $\vec{X}(k)$  - вектор входных сигналов;  $\mu$  - коэффициент адаптации;  $\vec{W}_q$  - вектор комплексных весовых коэффициентов, соответствующих диаграмме направленности покоя (при отсутствии внешних помех).  $Z(k) = \vec{X}^T(k) \vec{W}(k)$  - выходной сигнал ААР ( $T$  - операция транспонирования) для случая, когда схема антенной решётки представляет собой линейный сумматор и  $Z(k) = F[\vec{X}^T(k) \vec{W}(k)]$  - при наличии в схеме ААР нелинейной функции  $F$  в цепи корреляционной обратной связи.

## 2. КОЭФФИЦИЕНТ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ АНТЕННЫ.

Найдём коэффициент направленного действия (КНД) с учётом флуктуаций весового вектора адаптивной антенной решётки, настраивающейся по дискретному градиентному алгоритму с ограничениями. Общий вид коэффициента направленного действия можно записать следующим образом:

$$D(\theta) = \frac{2g_0(\theta) + 2g_{\tilde{W}}(\theta)}{\int_0^\pi (g_0(\theta) + g_{\tilde{W}}(\theta)) \sin \theta \cdot d\theta}. \quad (2)$$

Здесь  $g_0(\theta) = \vec{W}_{CT}^H \vec{S}_{np}^* \vec{S}_{np}^T \vec{W}_{CT}$  - диаграмма направленности (ДН) адаптивной антенной решётки, найденная при постоянном стационарном весовом векторе  $\vec{W}_{CT}$  ( $\vec{S}_{np}$  - вектор-фазор пробного сигнала);  $g_{\tilde{W}}(\theta)$  - «флуктуационная» диаграмма направленности;  $\theta$  - угол прихода пробного сигнала.

Из выражения (2) видно, что коэффициент направленного действия адаптивной антенны представляет собой сумму двух слагаемых: полученного при постоянном стационарном весовом векторе и «флуктуационного» слагаемого.

Коэффициент направленного действия показывает, во сколько раз мощность излучения антенны в данном направлении больше мощности излучения гипотетической изотропной (ненаправленной) антенны, отнесенной к единице телесного угла, при условии равенства мощностей обеих антенн [4].

1а) В цепи корреляционной обратной связи ААР отсутствует нелинейная функция.

«Стационарный» коэффициент направленного действия для узкополосной адаптивной антенной решётки  $D_0^{up}(\theta)$ , настраивающейся по дискретному градиентному алгоритму и принимающей широкополосные сигналы, имеет вид:

$$D_0^{up}(\theta) = \frac{2\vec{W}_{CT}^H \vec{S}_{np}^* \vec{S}_{np}^T \vec{W}_{CT}}{\int_0^\pi (\vec{W}_{CT}^H \vec{S}_{np}^* \vec{S}_{np}^T \vec{W}_{CT} + \frac{\mu}{2} |Z|^2) N_{\max} \frac{1+r^2}{1-r^2} |\mathbf{P} \vec{S}_{np}^*|^2) \sin \theta \cdot d\theta}. \quad (3)$$

В формуле (3) для простоты рассмотрен случай равенства коэффициентов автокорреляции между отсчётами полезного сигнала и помех  $r_S = r_\xi = r$ . Здесь  $N_{\max}$  - максимальное число составляющих, формирующих широкополосный сигнал;  $\langle |Z|^2 \rangle_0$  - мощность выходного сигнала ААР, найденная при постоянном стационарном весовом векторе  $\vec{W}_{CT}$ .

«Флуктуационный» коэффициент направленного действия узкополосной ААР  $D_{\tilde{W}}^{VII}(\theta)$ , настраивающейся по дискретному градиентному алгоритму и принимающей широкополосные сигналы, может быть представлен в виде:

$$D_{\tilde{W}}^{VII}(\theta) = \frac{\mu \langle |Z|^2 \rangle_0 N_{\max} \frac{1+r^2}{1-r^2} |\mathbf{P} \vec{S}_{np}^*|^2}{\int_0^\pi (\vec{W}_{CT}^H \vec{S}_{np}^* \vec{S}_{np}^T \vec{W}_{CT} + \frac{\mu}{2} \langle |Z|^2 \rangle_0 N_{\max} \frac{1+r^2}{1-r^2} |\mathbf{P} \vec{S}_{np}^*|^2) \sin \theta \cdot d\theta}. \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) можно видеть, что флуктуации весовых коэффициентов приводят, с одной стороны, к увеличению коэффициента направленного действия, но с другой стороны, к «размазыванию» этого направленного действия по направлениям угла  $\theta$ .

Из формул (3) – (4) можно видеть, что учет широкополосности входных сигналов приводит к появлению множителя  $N_{\max}$  во «флуктуационных» коэффициентах направленного действия.

16) В цепи корреляционной обратной связи ААР присутствует нелинейная функция.

«Стационарный» коэффициент направленного действия для узкополосной адаптивной антенной решетки, настраивающейся по нелинейному дискретному градиентному алгоритму и принимающей широкополосные сигналы  $D_0^{VII}(\theta)$ , имеет вид:

$$D_0^{VII}(\theta) = \frac{2g_0(\theta)}{\int_0^\pi (g_0(\theta) + \mu^2 a_1^2 \langle |Z|^2 \rangle_0 N_{\max} \frac{1-r(1+r)}{(1-r)^2} |\mathbf{P} \mathbf{R}_{XX} \mathbf{P}^* \vec{S}_{np}|^2) \sin \theta \cdot d\theta} \quad (5)$$

Здесь  $g_0 = a_1^2 \vec{W}_{CT}^H \vec{S}_{np}^* \vec{S}_{np}^T \vec{W}_{CT}$  - ДН, найденная при постоянном стационарном весовом векторе;  $a_1$  - первый коэффициент разложения нелинейной функции  $F$ , присутствующей в цепи корреляционной обратной связи ААР, в ряд Вольтера [5].

«Флуктуационный» коэффициент направленного действия узкополосной ААР с нелинейной функцией в цепи корреляционной обратной связи  $D_{\tilde{W}}^{VII}(\theta)$ , настраивающейся по дискретному градиентному алгоритму и принимающей широкополосные сигналы, может быть представлен следующим образом:

$$D_{\tilde{W}}^{VII}(\theta) = \frac{2\mu^2 a_1^2 \langle |Z|^2 \rangle_0 N_{\max} \frac{1-r(1+r)}{(1-r)^2} |\mathbf{P} \mathbf{R}_{XX} \mathbf{P}^* \vec{S}_{np}|^2}{\int_0^\pi \left\{ g_0(\theta) + \mu^2 a_1^2 \langle |Z|^2 \rangle_0 N_{\max} \times \right. \\ \left. \times \frac{1-r(1+r)}{(1-r)^2} |\mathbf{P} \mathbf{R}_{XX} \mathbf{P}^* \vec{S}_{np}|^2 \right\} \sin \theta \cdot d\theta}. \quad (6)$$

Сравнение коэффициентов направленного действия ААР, содержащей нелинейную функцию в цепи корреляционной обратной связи (5) – (6), с аналогичными выражениями для адаптивной антенны без нелинейной функции (3) – (4) показывает, что присутствие нелинейной функции вносит во «флуктуационные» части формул (5) – (6) коэффициент  $a_1$ , связанный с разложением нелинейной функции, находящейся в цепи обратной связи, в ряд Вольтерра [5]. В зависимости от его величины (больше или меньше единицы данный коэффициент), количественный вклад флуктуаций в выражение коэффициента направленного действия либо увеличивается, либо уменьшается по сравнению с линейным случаем. Кроме того, «флуктуационные» части коэффициентов направленного действия ААР с нелинейной функцией в цепи корреляционной обратной связи имеют второй порядок малости по коэффициенту адаптации  $\mu$ , а потому на порядок меньше аналогичных слагаемых адаптивной антенны без нелинейной функции в цепи обратной связи.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

Флуктуации весовых коэффициентов оказывают двойное действие на коэффициент направленного действия адаптивной антенной решётки, настраивающейся по дискретному градиентному алгоритму. С одной стороны, флуктуации увеличивают значения этого коэффициента (правда незначительно, на величину первого или второго порядка малости по коэффициенту адаптации  $\mu$ ). С другой стороны, флуктуации весового вектора вносят искажения в форму КНД по углу  $\theta$ .

### **Литература**

1. Мальцев А.А., Зимина С.В. Спектрально-корреляционные характеристики выходного сигнала адаптивных антенных решёток с учётом флуктуаций весового вектора // Радиотехника и электроника, 2001. т.46. N11. с.1350– 1355.
2. Мальцев А.А., Зимина С.В. Влияние флуктуаций весового вектора на статистические характеристики адаптивной антенной решётки с быстрым рекуррентным алгоритмом настройки // Изв. ВУЗов. Радиофизика, 2002. т. 45. N8. с. 708 - 721.
3. Зимина С.В. Анализ статистических характеристик адаптивной антенной решётки с нелинейной функцией в цепи корреляционной обратной связи // Радиотехника и электроника, 2005. т. 50, N8. с. 952 - 960.
4. Корбанский И.Н. Антенны. М.: Энергия, 1973. – 336с.
5. Пупков К. А., Капалин В. И., Ющенко А. С. Функциональные ряды в теории нелинейных систем. М.: Наука, 1976.

Е.В. Ларкин, М.Е. Тюханов

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ TV-КАМЕР ПО ПЛОЩАДИ ОХРАНЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ**

Тула, Тульский государственный университет

Работа по непрерывному наблюдению охраняемого объекта может быть отнесена к разряду монотонных, приводящих к быстрой утомляемости оператора. Следствием утомления является значительный процент ошибок: ложных тревог и пропусков цели. Утомляемость существенно возрастает, если наблюдаемая сцена является статичной, например, если наблюдается пустынная местность, запасные входы в здание,

периметры ограждений и т.п. Для преодоления указанного недостатка используются интеллектуальные системы обнаружения на наблюдаемой сцене посторонних объектов. Одной из существенных проблем создания подобной системы является формирование ее общей конфигурации с учетом застройки охраняемой площади.

Эффективная зона наблюдения TV-камеры представляет собой трапецию  $ABCD$  (рис. 1), ограниченную углом зрения объектива  $O$   $2w$ , паспортной величиной наименьшего переднего отрезка  $a$  и границей заданного уровня восприятия  $b$ , определяемой по критерию Джонсона в соответствии со следующей методикой.

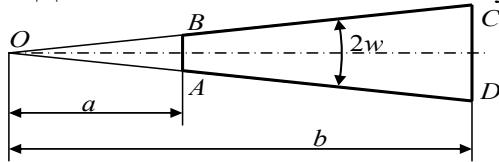


Рис. 1. Поле зрения TV-камеры

1) Выбирается уровень восприятия для работы интеллектуальной системы (идентификация, распознавание, определение ориентации, обнаружение).

2) Для выбранного уровня восприятия и заданного класса нарушителей и находится количество периодов штриховой меры на пределе разрешения TV-камеры, укладывающихся на изображении воспринимаемого объекта.

3) По размерам штриховой меры  $m$ , фокусному расстоянию объектива  $f$  и размерам объекта  $M$  определяется предельное расстояние  $b$  до объекта, обеспечивающее данный уровень восприятия

$$b = \frac{Mf}{m}. \quad (1)$$

При оптимизации подбирается такое расположение TV-камер, чтобы охраняемая площадь покрывалась наименьшим количеством трапеций  $ABCD$ , ограниченных углом зрения объектива по горизонтальной стороне кадра, а также прямыми  $AB$  и  $CD$ , перпендикулярными главной оптической оси объектива. Поле зрения объектива представляет собой равнобедренную трапецию, площадь которой определяется по зависимости:

$$S = (b^2 - a^2) \operatorname{tg} w. \quad (2)$$

Построим правую систему координат  $xOy$  (рис. 2) таким образом, что ось  $Ox$  совпадает с главной оптической осью объектива TV-камеры, а начало координат совпадает с передней поверхностью объектива. Координаты угловых точек  $A, B, C, D$  трапеции поля зрения во введенной системе будут иметь вид:

$$x_A = x_B = a; x_C = x_D = b; y_A = -y_B = a \operatorname{tg} w; y_C = -y_D = b \operatorname{tg} w. \quad (3)$$

При установке TV-камера помещается в точку с координатами  $(x', y')$  и поворачивается на угол  $\alpha$  (рис. 2). Координаты точек  $A', B', C', D'$  будут выражаться через аффинные преобразования следующего вида:

$$\begin{pmatrix} x_{A',B',C',D'} \\ y_{A',B',C',D'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{A,B,C,D} \\ y_{A,B,C,D} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

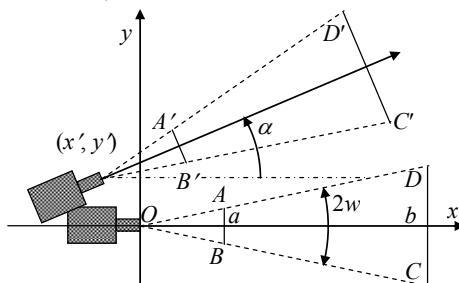


Рис. 2. Привязка TV-камеры к системе координат

Зависимость (4) для координат угловых точек позволяет определить поле зрения TV-камеры при ее произвольном размещении на охраняемой территории.

Очевидно, что общая наблюдаемая площадь  $S_{\Sigma}$  не равна простой сумме наблюдаемых площадей, поскольку часть наблюдаемых территорий может быть покрыта дважды, трижды и т.п. Общая формула для вычисления суммарной наблюдаемой площади имеет вид:

$$\sum_{i=1}^n S_i - \sum_{\substack{i=1, \\ j=1, \\ i \neq j}}^n (S_i \cap S_j) + \dots + (-1)^{k-1} \sum_{\substack{i=1, \dots, \\ j=1, \dots, \\ k=1, \dots, \\ i \neq \dots \neq j \neq \dots \neq k}} (S_i \cap \dots \cap S_j \cap \dots \cap S_k) + \dots + (-1)^{n-1} \bigcap_{i=1}^n S_i, \quad (5)$$

где  $\cap$  - знак пересечения площадей.

Пусть охраняемая территория описывается зависимостью

$$g(x, y) \leq 0, \quad (6)$$

где  $g(x, y) = 0$  - некоторая функция, описывающая границу.

Тогда задача оптимального проектирования системы видеонаблюдения может быть сформулирована следующим образом.

Сформировать систему из  $n$  TV-камер, разместив  $i$ -ю камеру в точке с координатами  $x'_i, y'_i$  и развернув ее на угол  $\alpha_i$ , чтобы суммарная наблюдаемая площадь, определяемая зависимостью (5), в пределах охраняемой территории, описанной неравенством (6), была бы максимальной.

Параметрами оптимизации при заданном количестве телекамер  $n$  являются координаты  $x'_i, y'_i$  и угол поворота камеры  $\alpha_i$ . В задачу могут быть введены ограничения на суммарную длину коммуникаций, подводящих электропитание и снимающих сигнал с приборов, стоимость оборудования, стоимость монтажных работ с учетом существующих несущих конструкций на и вне охраняемой территории, величина эксплуатационных расходов и т.п.

А.А. Буравлев

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ УРОВНЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ КАТЕГОРИРОВАННЫХ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ УГРОЗ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

Тула, Тульский артиллерийский инженерный институт

Разработка моделей для оценки эффективности проектируемых и существующих систем защиты информации в системах передачи и обработки информации (СПОИ) сопряжена с рядом принципиальных трудностей, в частности с разработкой моделей реализации преднамеренных угроз информации и использованию в ней показателей, отражающих качественные характеристики нарушителей информационной безопасности (ИБ).

Так ряд значимых, но сложно количественно формализуемых параметров, характеризующих нарушителя ИБ, являются нечеткими, расплывчатыми понятиями, однако эта неопределенность не носит вероятностного характера. Существующие методы формализации таких параметров основаны на точечных или интервальных экспертных оценках, к недостаткам которых можно отнести низкую точность получаемых результатов. Необходимо отметить, что в зависимости от рассматриваемой

атаки на СПОИ изменение параметра, учитывающего состояние качественных характеристик нарушителя ИБ, на 0,01 может привести к изменению значения вероятности успешного функционирования системы защиты на 3-5%, что в свою очередь может существенно повлиять на общую стоимость системы защиты информации.

Решение задачи формализации таких параметров с более высокой степенью точности и достоверности следует искать в направлении использования новых методов обработки информации, которые позволяют работать с неточными и нечеткими данными. К числу таких методов относят методы нечеткой логики и теории нечетких множеств, которые позволяют оперировать с такого рода неясностями [1].

Экспериментальная проверка разработанной методики определения показателя уровня потенциальной опасности категорированных преднамеренных источников угроз в системах передачи и обработки информации ( $Z_0$ ), отражающего состояние качественных характеристик нарушителей ИБ, проводилась в соответствии с этапами, представленными на рис.1.

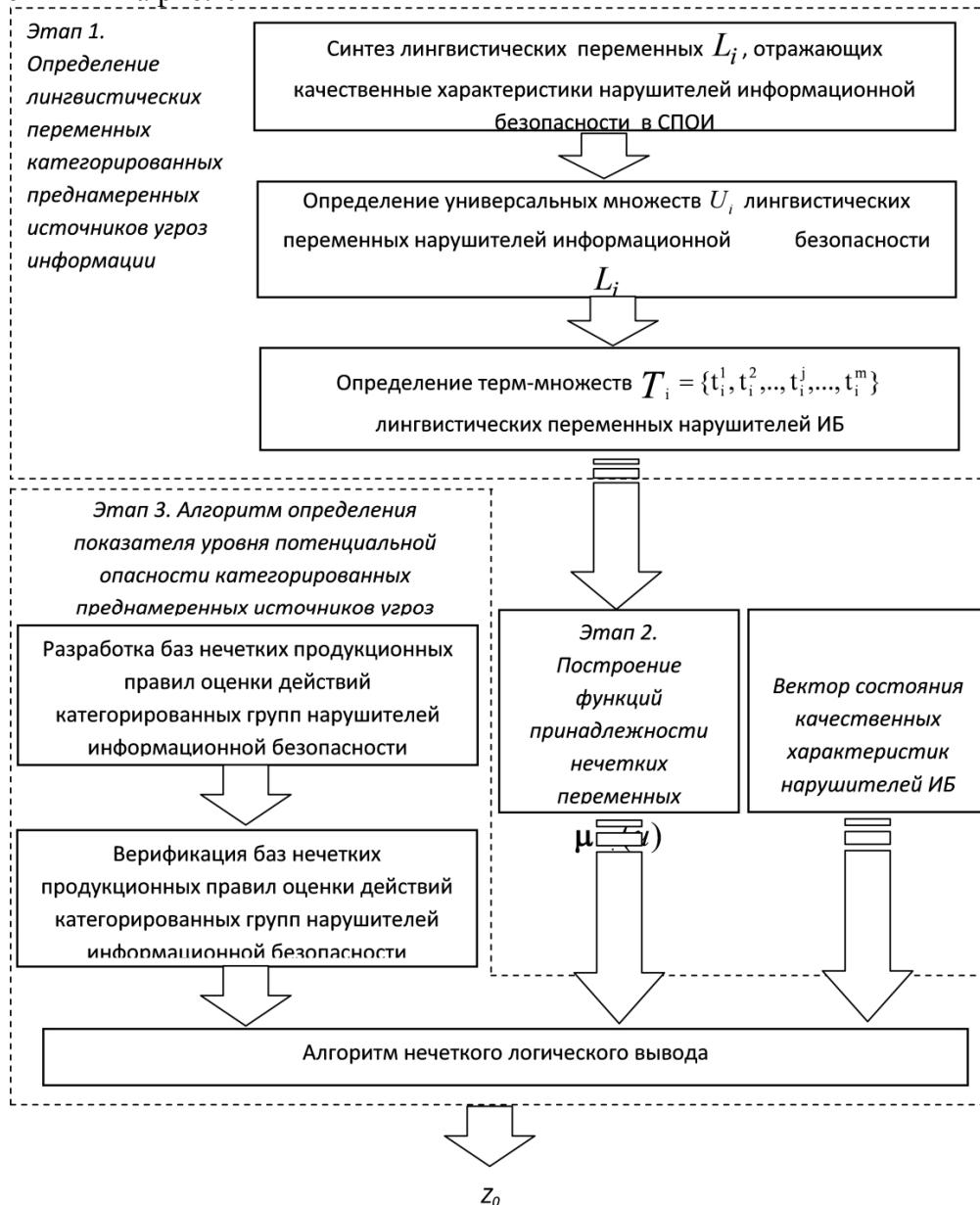


Рис. 1. Структурная схема методики определения степени потенциальной опасности категорированных групп нарушителей ИБ в СПОИ

В качестве атакуемой информационной системы рассматривалась компьютерная сеть, состоящая из 2 серверов и 6 рабочих станций.

Функции принадлежности нечетких термов лингвистических переменных определялись методом парных сравнений.

На основе предварительного анализа преднамеренных источников угроз информации в СПОИ были выделены три группы нарушителей ИБ: «Организованные субъекты с высоким потенциалом», «Организованные субъекты с малым потенциалом» и «Неорганизованные субъекты». База знаний включала в себя 5 продукционных правил оценки деятельности категорированной группы «Организованные субъекты с малым потенциалом», имеющие различный вес в базе знаний (см.таблицу 1).

В качестве входного вектора исходных данных использовался следующий набор: уровень мотивации – 0.7, уровень квалификации – 0.7, уровень знаний о системе защиты информации – 0.3, финансовые возможности – 0.5 млн. у.е.

Таблица 1.

База знаний оценки потенциальной опасности категорированной группы «Организованные субъекты с малым потенциалом».

Номер правила, $r$	Правило	Вербальная оценка и вес правила $w_r$
1	2	3
1	<p>Если <math>L_1</math> «очень высокая» <math>\text{и}</math>          если <math>L_2</math> «очень высокая» <math>\text{и}</math>          если <math>L_3</math> «полный» <math>\text{и}</math>          если <math>L_4</math> «ограниченные» ,          то <math>Z_1</math> «высокий»</p>	почти определенно, 0.9
2	<p>Если <math>L_1</math> «среднего уровня» <math>\text{и}</math>          если <math>L_2</math> «средняя» <math>\text{и}</math>          если <math>L_3</math> «частичный» <math>\text{и}</math>          если <math>L_4</math> «незначительные» ,          то <math>Z_2</math> «достаточно низкий»</p>	почти определенно истинно, 0.9
3	<p>Если <math>L_1</math> «среднего уровня» <math>\text{и}</math>          если <math>L_2</math> «средняя» <math>\text{и}</math>          если <math>L_3</math> «глубокий» <math>\text{и}</math>          если <math>L_4</math> «незначительные» ,          то <math>Z_3</math> «почти средний»</p>	высокий уровень истинности, 0.7
4	<p>Если <math>L_1</math> «достаточно высокая» <math>\text{и}</math>          если <math>L_2</math> «почти высокая» <math>\text{и}</math>          если <math>L_3</math> «глубокий» <math>\text{и}</math>          если <math>L_4</math> «ограниченные» ,          то <math>Z_4</math> «средний»</p>	высокий уровень истинности, 0.7
5	<p>Если <math>L_1</math> «высокая» <math>\text{и}</math>          если <math>L_2</math> «высокая» <math>\text{и}</math>          если <math>L_3</math> «полный» <math>\text{и}</math>          если <math>L_4</math> «незначительные» ,          то <math>Z_5</math> «не высокий»</p>	высокий уровень истинности, 0.7

Примечание: Здесь  $L_1$ - лингвистическая переменная (ЛП) «Мотивация»;  $L_2$ - ЛП «Квалификация»;  $L_3$ - ЛП «Уровень знаний о системе защиты СПОИ»,  $L_4$ - ЛП «Финансовые возможности»;  $Z_1, \dots, Z_5$  – результирующее значение определяемого параметра по каждому правилу.

В ходе экспериментальной проверки было определено итоговое значение показателя уровня потенциальной опасности категорированной группы «Организованные субъекты с малым потенциалом»  $Z_0=0,135$ . Анализ результатов использования полученного значения в модели реализации преднамеренных угроз информации в рассматриваемой информационной системе позволяет сделать вывод о корректности получаемых результатов и целесообразности применения данной методики в ходе оценки эффективности систем защиты информации.

Таким образом, использование данной методики в моделях реализации преднамеренных угроз информации в СПОИ позволяет повысить точность и достоверность получаемых результатов в процессе оценки эффективности существующих и разрабатываемых систем защиты информации.

#### Литература.

1. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: пер. с англ./Под ред. Р.Р.Ягера – М: Радио и связь, 1986.-408с.:ил.

Ф.А. Данилкин, А.В. Новиков, Н.В. Хлебцов

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

Тула, Тульский государственный университет

Задача разработки программного обеспечения промышленных систем управления чаще всего сводится к решению задачи построения систем управления на алгоритмах с обеспечением гарантированного цикла выполнения операций. Опыт промышленной разработки и эксплуатации объектов промышленного управления показал, что в качестве основы системы управления целесообразнее всего использовать программируемые логические контроллеры (ПЛК), разработанные на процессорах семейства ARM.

Для ПЛК семейства ARM доступны несколько операционных систем реального времени (ОСРВ), рассмотренных в докладе. Такие ОСРВ обеспечивают требуемое время выполнения задачи реального времени. Однако, наряду с использованием большого количества ресурсов процессора, данные системы имеют существенное ограничение по количеству одновременно исполняемых задач.

В докладе ставятся вопросы разработки методики построения оптимального программного обеспечения ПЛК, реализованных на процессорах семейства ARM. В целях оптимизации использования ресурсов процессора необходимо, базируясь на архитектуре ARMv6, разработать оптимизированную модель параллельного вычислительного процесса, дающую возможность вычислять временные характеристики системы, функционирующей по разветвляющимся и циклическим алгоритмам. Рассматриваются вопросы вывода методики уменьшения сложности планирования вычислительных процессов на основе распараллеливания алгоритмов и группировки операторов алгоритма. Производится обзор методик хранения программных алгоритмов ПЛК до этапа их компиляции. Работу по вводу и выводу данных для анализа предлагается производить на основании одного или нескольких основных языков программирования ПЛК:

- LD - язык релейных схем;
- FBD - язык функциональных блоков;
- SFC - язык диаграмм состояний;

- CFC - дальнейшее развитие FBD;
- IL - ассемблер;
- ST - паскале-подобный язык.

Анализ и оптимизацию программного кода предлагается производить до момента компиляции программы.

#### Литература

1. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. — М: Горячая Линия-Телеком, 2009. — 608 с. ISBN 978-5-9912-0060-8;
2. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В. П. Дьяконова. — М.: СОЛООН-Пресс, 2004. — 256 с. ISBN 5-98003-079-4;
3. Э. Парр. Программируемые контроллеры: руководство для инженера. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 516 с. ISBN 978-5-94774-340-1.

Д.В. Титов, Т.А. Широбакина

## ВСТРАИВАЕМЫЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Курск, Курский государственный технический университет

Встраиваемые оптико-электронные устройства (ВОЭУ) нашли широкое применение в различных областях науки и техники, в том числе в задачах автоматического наблюдения и управления различными технологическими процессами, а также в измерительной технике.

Основным элементом ВОЭУ является оптико-электронный датчик (ОЭД), определяющий точностные характеристики, которые, в первую очередь, характеризуются крутизной, степенью линейности позиционной характеристики, величиной минимально обнаруживаемого линейного смещения, порогом чувствительности [1].

Для высокоточного определения величин линейного смещения базовой точки ОЭД в докладе показаны амплитудные и времязимпульсные способы выделения информации. Позиционная характеристика ОЭД с амплитудным способом выделения информации имеет  $U_{\text{вых}} = NS_u \varphi(\Phi)f(\delta)$ ,

где  $U_{\text{вых}}$  - сигнал на выходе ОЭД,  $N$  - коэффициент использования светового потока,  $\varphi(\Phi)$  - функция, определяющая зависимость выходного сигнала от величины принимающего светового потока,  $f(\delta)$  - функция, определяющая зависимость выходного сигнала от величины линейного смещения  $\delta$  [1]. Рассмотрены пути повышения точности определения величины линейного смещения  $\delta$ . Индустриализация производства, связанного с созданием крупногабаритных объектов с требуемой точностью, поставила проблему создания многомерных систем контроля и управления. Показано, что многомерным системам контроля принадлежит центральное место в комплексе систем, которые обеспечивают монтаж оборудования с требуемой точностью. Предлагается структурная схема многомерной системы контроля и управления.

Особые требования предъявляются к оптической системе, обеспечивающей формирование физической модели и определяющей пространственные положения

контролируемого объекта. Кроме того, следует отметить, что в оптической системе реализуются основные принципы, позволяющие создать эффективную действующую многомерную систему контроля с высокими точностными и эксплуатационными характеристиками.

В докладе подробно рассмотрены устройства отображения информации многомерной системы контроля и управления пространственным положением объекта. Определены основные конструктивные параметры измерительной оптической части многомерной системы контроля и порядок их расчета. Рассмотрена структура погрешностей в многомерных системах контроля и особенности точностного расчета.

#### Литература

1. Теория и практика автоматизации высокоточных измерений в прикладной геодезии / Под. ред. В.П. Савиных. - М.: Академический проект: Альма Матер, 2009. – 394 с.

О.О. Яночкина, И.Е. Чернецкая

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ БАРАБАННОГО ОКОМКОВАТЕЛЯ**

Курск, Курский государственный технический университет

Окомкование сыпучих материалов используется в различных отраслях промышленности, например, при производстве удобрений для нужд сельского хозяйства, в металлургии при производстве железорудных окатышей, в фармацевтической промышленности при производстве медикаментов в виде драже. Производство сырых окатышей осуществляется в чашевых или барабанных окомкователях, оснащенных асинхронными электроприводами или электроприводами постоянного тока с двигателями независимого возбуждения.

Окомкование является сложным технологическим процессом и качество производимых окатышей зависит от большого числа взаимосвязанных факторов, основными из которых являются: состав и влажность сырья и режим работы электромеханического оборудования – скорость вращения, угол наклона барабана и производительность окомкователя. Движение материала по внутренней поверхности барабана представляет собой периодическое пересыпание комкуемой массы. Поскольку такое движение является циклическим и материал имеет большую массу, то возникают значительные динамические нагрузки электропривода, определяющие износ механической части технологического оборудования. Поэтому совершенствование систем управления электроприводами окомкователей с целью повышения надежности технологического оборудования, качества получаемых окатышей, уменьшения времени формирования сырых окатышей, обеспечения управления технологическим процессом производства окатышей в реальном масштабе времени и в условиях изменения состава сырья, влажности материала и производительности окомкователя является актуальной задачей.

Одним из путей создания автоматизированных электроприводов с улучшенными динамическими характеристиками для технологического оборудования производства окатышей является применение систем управления с многозонной импульсной модуляцией [1]. Такие системы получили в последние годы широкое практическое применение [2,3]. В основу многозонной импульсной модуляции положено разделение всего диапазона изменения выходной величины на требуемое количество зон. В каждой

зоне модулируемый параметр изменяется по полному циклу. Завершение цикла определяет условие перехода в следующую зону [1].

Нами предложена оригинальная система автоматического регулирования момента двигателя, построенная с использованием данного вида модуляции (заявка на патент РФ №2009118910 от 19.05.2009 г.). Функциональная схема такой системы с двигателем независимого возбуждения приведена на рис.1. Система управления реализована с использованием широтно-импульсной модуляции первого рода и включает: датчик тока ДТ в цепи якоря двигателя М, корректирующее устройство КУ в цепи обратной связи, устройство выборки-хранения  $S/H$ , компараторы  $DA_1, \dots, DA_N$ , осуществляющие многозонную импульсную модуляцию.

Сигнал с выхода корректирующего устройства подается на вход устройства выборки-хранения, на управляющий вход последнего поступают тактовые импульсы  $V_{clock}$ . По тактовому импульсу устройство выборки-хранения запоминает значение сигнала корректирующего устройства и хранит его до прихода следующего импульса. Сигнал устройства выборки-хранения сравнивается на компараторах с соответствующими развертывающими напряжениями  $V_{ramp}^{(s)}$ ,  $s = 1, 2, \dots, N$ . На выходах компараторов формируются модулированные по длительности импульсы, управляющие полупроводниковыми ключами  $S_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ .

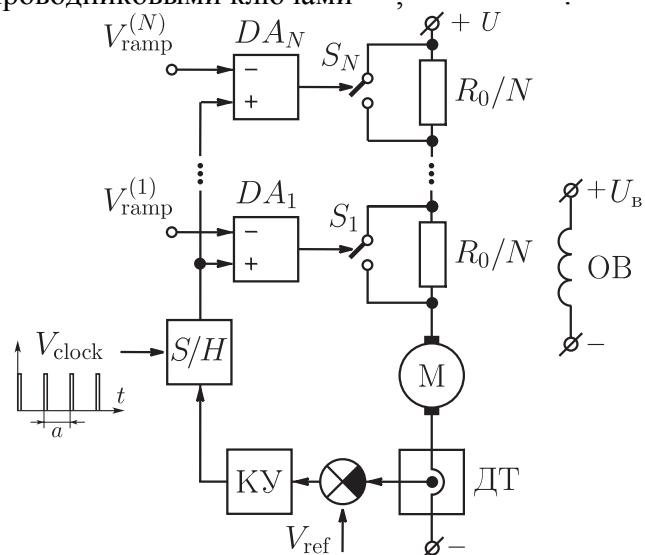


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического регулирования момента двигателя с многозонной импульсной модуляцией

Пусковой реостат состоит из  $N$  регулируемых ступеней с равными сопротивлениями  $R_0/N$ . Каждой ступени пускового реостата отводится своя зона системы управления. В каждой зоне сопротивление регулируемой ступени пускового реостата плавно изменяется от максимального значения до нуля при изменении коэффициента заполнения управляющих импульсов по полному циклу от 0 до 1. Завершение цикла определяет условие перехода в следующую зону [1].

Переключение ступеней пускового реостата при переходе из зоны в зону осуществляется плавно, тогда как в традиционных системах электроприводов с реостатным регулированием момента двигателя оно происходит скачком и с перерегулированием. При изменениях напряжения питающей сети или момента на валу двигателя, система автоматически переключается в соответствующую зону, плавно изменяя сопротивление пускового реостата, что принципиально невозможно в

традиционных схемах электроприводов. Использование многозонной импульсной модуляции позволяет уменьшить пульсации тока двигателя пропорционально числу зон, полностью исключить перерегулирование тока якоря.

#### Литература

1. Кобзев А.В. Многозонная импульсная модуляция. Новосибирск: Наука, 1979. 297 с.
2. Power Electronics Handbook, Ed. M.H. Rashid, Elsevier, 2007, 1153 p.
3. Meynard T.A., Foch H., Thomas P., Courault J., Jakob R., Nahrstaedt M. Multicell Converters: Basic Concepts and Industry Applications // IEEE Trans. Ind. Electron, 2002. V. 49. N. 5. Pp. 955-964.

Е.В. Ларкин, А.Н. Привалов

### ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРА НА ТРЕНАЖЕРЕ

Тула, Тульский государственный университет,  
Тульский артиллерийский инженерный институт

Оценка промежуточных результатов действий обучаемого оператора является важным фактором, ускоряющим процесс получения профессиональных навыков. Для повышения достоверности оценки степени подготовленности оператора необходима адекватная модель, позволяющая, с одной стороны, выявлять структурные ошибки в действиях обучаемого, а с другой стороны, идентифицировать неуверенные действия, приводящие при, в общем правильном алгоритме работы с оборудованием, к потере времени и получению низких оценок.

Процесс обучения оператора на тренажере предлагается моделировать сетью Петри-Маркова [1]

$$\Pi = \Pi_1 \cup \Pi_2 \cup \Pi_3, \quad (1)$$

где  $\Pi_1 = \{A_1, Z_1, I_{z1}(A_1), O_{z1}(A_1)\}$ ,  $\Pi_2 = \{A_2, Z_2, I_{z2}(A_2), O_{z2}(A_2)\}$ ,  $\Pi_3 = \{A_3, Z_3, I_{z3}(A_3), O_{z3}(A_3)\}$  - элементарные подсети, моделирующие алгоритмы: действий обучаемого оператора, функционирования виртуального оборудования, с которым взаимодействует обучаемый оператор и функционирование работы «идеального оператора» с оборудованием в рамках решаемой учебно-тренировочной задачи;  $A_{1,2,3}$  - соответствующие множества позиций;  $Z_{1,2,3}$  - соответствующие множества переходов;  $I_{z1,2,3}$  - входные функции переходов;  $O_{z1,2,3}$  - выходные функции переходов.

Элементарные подсети пересекаются по непримитивным переходам, имеющим следующий физический смысл:  $Z_{\text{НП12}} = Z_1 \cap Z_2$  - взаимодействие обучаемого оператора с имитаторами органов управления и/или контроля оборудования;  $Z_{\text{НП13}} = Z_1 \cap Z_3$  - контрольные точки действий оператора, связанные с оценкой правильности воспроизведения им алгоритма действий или временных характеристик.

Приобретение оператором профессиональных навыков может быть оценена, во-первых по несовпадению подсети  $\Pi_1 \cup \Pi_2$  с подсетью  $\Pi_3$

$$\varepsilon_1 = \left[ \left( \Pi_1 \cup \Pi_2 \right) \cap \overline{\Pi_3} \right] \cup \left[ \left( \overline{\Pi_1 \cup \Pi_2} \right) \cap \Pi_3 \right], \quad (2)$$

а во-вторых, по времени ожидания в непримитивных переходах  $Z_{\text{НП13}}$  «идеальным оператором» момента, когда обучаемый оператор завершит выполнение соответствующих действий.

$$f_{\varphi \rightarrow \psi}(t) = \frac{1(t) \int_0^{\infty} \varphi(\tau) \psi(t + \tau) d\tau}{\int_0^{\infty} \Phi(t) d\Psi(t)}, \quad (3)$$

где  $\varphi(t)$  и  $\psi(t)$ , соответственно, плотность распределения времени выполнения действия «идеальным» и обучаемым операторами;  $\Phi(t), \Psi(t)$  - соответствующие функции распределения;  $1(t)$  - единичная функция Хевисайда;  $t, \tau$  - время.

#### Литература

1. Ларкин Е.В., Котова Н.А. Проектирование информационных систем роботов с использованием сетей Петри-Маркова. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2008. - 158 с.

**В.В. Шмелёв**

## **ПРОГРАММЫ РАСЧЁТА ДАЛЬНОСТЕЙ ДО ИСТОЧНИКОВ ЗВУКА АКУСТИЧЕСКИМ ЛОКАТОРОМ**

Тула, ТулГУ

Для того, чтобы определять местоположение источников звука (ИЗ) на поверхности земли или воды акустические локаторы (АЛ) помимо определения пеленга, см. [1], должны рассчитывать и дальности до этих источников. Математическая модель расчёта этих дальностей и возможная техническая реализация АЛ представлены в работе [2]. В данных тезисах доклада представим программу расчёта дальностей до ИЗ АЛ в среде Mathcad на примере расчёта удаления самоходной гаубицы калибра 155 мм.

Исходные данные и тексты программ, необходимые для расчёта удаления самоходной гаубицы калибра 155 мм от АЛ приведёны ниже.

**Тексты программ с примером расчёта удаления самоходной гаубицы калибра 155 мм от АЛ, осуществившей одиночный выстрел. Акустический сигнал распространяется по равнинной с травянистым покровом местности.**

**Расчёт уровня звукового давления при приёме акустического сигнала АЛ на основной рабочей частоте.**

Исходные данные для расчёта следующие:

$n := 20$  - число звукоприёмников (ЗП) в каждой линейной группе (ЛГ);

$\Theta_c := 0.0196961$  рад - угол смещения рабочих осей характеристик

направленности ЛГ ЗП относительно равносигнального направления;

$f_0 := 20$  Гц - основная рабочая частота АЛ;

$d := 15.618$  м - расстояние между рабочими осями микрофонов соседних ЗП;

$t := 5$  0 С - температура воздуха в приземном слое атмосферы;

$W := 5$  м/с - скорость ветра в приземном слое атмосферы;

$\phi := 0$  рад - разность дирекционных углов ветра в приземном слое

атмосферы и направления: источник звука - точка пересечения ЛГ ЗП;

$U_1 := 8$  В - амплитуда напряжения на выходе 1 канала обработки сигнала, полученная при пеленговании, пусть она равна 8В;

$\alpha := 0.01$  рад - рассчитанный пеленг источника акустического сигнала, например, с использованием программы расчёта, приведенной в [1];

$K_{y1} := 10$  - коэффициент усиления 1 канала обработки сигнала

АЛ, определяемый экспериментально, и пусть он равен 10;

$K := 1$  коэффициент передачи 1ЛГ ЗП сигнала на основной рабочей частоте, определяемый экспериментально, и пусть он равен 1;

**Текст программы расчёта уровня звукового давления L при приёме акустического сигнала АЛ на основной рабочей частоте**

$$L(n, \Theta_c, f_0, d, t, W, \phi, \alpha, K_{y1}, U_1, K) := \begin{cases} C \leftarrow 331.5 \cdot \sqrt{1 + \frac{t}{273}} \\ C_W \leftarrow C + W \cdot \cos(\phi) \\ k \leftarrow \frac{\pi \cdot d \cdot f_0}{C_W} \\ u_1 \leftarrow \sin(n \cdot k \cdot \sin(\Theta_c - \alpha)) \\ v_1 \leftarrow n \cdot \sin(k \cdot \sin(\Theta_c - \alpha)) \\ 20 \cdot \log\left(10^5 \cdot U_1 \cdot \frac{v_1}{2 \cdot K_{y1} \cdot u_1 \cdot K}\right) \end{cases}$$

$L(t) := L(n, \Theta_c, f_0, d, t, W, \phi, \alpha, K_{y1}, U_1, K)$

**Результат расчёта уровня звукового давления при приёме акустического сигнала АЛ на основной рабочей частоте**

$$L(t) = 92.5 \quad \text{дБ} \quad L := 92.5 \quad \text{дБ}$$

**Расчёт уровня звукового давления при приёме акустического сигнала АЛ на дополнительной рабочей частоте  $f_1$  с обработкой его в дополнительном канале.**

Дополнительные исходные данные следующие:

$f_1 := 22$  Гц - дополнительная рабочая частота АЛ, пусть она взята равной 22 Гц;

$K_{y11} := 10$  - коэффициент усиления дополнительного канала обработки сигнала АЛ, определяемый экспериментально, и пусть он равен 10;

$U_{11} := 7$  В - амплитуда напряжения на выходе дополнительного канала обработки сигнала, полученная при пеленговании, пусть она равна 7В;

$K_1 := 1$  - коэффициент передачи 1ЛГ ЗП сигнала на дополнительной рабочей частоте, определяемый экспериментально, и пусть он равен 1.

**Текст программы расчёта уровня звукового давления  $L_1$  при приёме акустического сигнала АЛ на дополнительной рабочей частоте**

$$L_1(n, \Theta_c, f_1, d, t, W, \phi, \alpha, K_{y11}, K_1) := \begin{cases} C \leftarrow 331.5 \cdot \sqrt{1 + \frac{t}{273}} \\ C_W \leftarrow C + W \cdot \cos(\phi) \\ k_1 \leftarrow \frac{\pi \cdot d \cdot f_1}{C_W} \\ u_{11} \leftarrow \sin(n \cdot k_1 \cdot \sin(\Theta_c - \alpha)) \\ v_{11} \leftarrow n \cdot \sin(k_1 \cdot \sin(\Theta_c - \alpha)) \\ 20 \cdot \log\left(10^5 \cdot U_{11} \cdot \frac{v_{11}}{2 \cdot K_{y11} \cdot u_{11} \cdot K_1}\right) \end{cases}$$

**Результат расчёта уровня звукового давления при приёме акустического сигнала АЛ на дополнительной рабочей частоте**

$$L_1(t) := L_1(n, \Theta_c, f_1, d, t, W, \phi, \alpha, K_{y11}, K_1) \quad L_1(t) = 91.437 \text{ дБ} \quad L_1 := 91.437 \text{ дБ}$$

**Расчёт удаления источника звука от АЛ.**

Исходные данные следующие:

$\beta_a := 1.452 \text{ дБ/км}$  - значение коэффициента затухания акустического сигнала на основной рабочей частоте, рассчитанное с помощью другой программы;

$\beta_{a1} := 1.736 \text{ дБ/км}$  - значение коэффициента затухания акустического сигнала на дополнительной рабочей частоте, рассчитанное с помощью другой программы.

**Текст программы расчёта удаления D самоходной гаубицы калибра 155 мм от АЛ.**

$$D := 1000 \cdot \frac{L - L_1}{(\beta_{a1} - \beta_a)}$$

**Результат расчёта удаления самоходной гаубицы калибра 155 мм, осуществившей одиночный выстрел, от АЛ следующий:**

$$D = 3.743 \times 10^3 \text{ м}$$

**Итак, данная программа позволяет рассчитать удаление ИЗ от АЛ.**

#### Литература

- Патент 2323449, Российская Федерация, МПК G01S 3/80, 3/803, 5/20. Способ определения пеленга источника звука./ Шмелёв В. В. и др. ; Заявитель и патентообладатель Тульский ГУ. № 2006138753/09; заявл. 02.11.2006 ; опубл. 27.04.2008, Бюл. № 12. – 24 с.: ил.
- Патент 2276383, Российская Федерация, МПК G01S 3/80, 3/803, 5/20. Способ определения дальности до источника звука. / Шмелёв В. В. и др. ; Заявитель и патентообладатель Тульский ГУ. № 2004103752/09; заявл. 09.02.2004 ; опубл. 10.05.2006, Бюл. № 13. – 24 с.: ил.

В.В. Шмелёв

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ  
ПЕЛЕНГА ИСТОЧНИКА ЗВУКА НА ТОЧНОСТЬ ЕГО ПЕЛЕНГОВАНИЯ  
РАВНОСИГНАЛЬНЫМ АКУСТИЧЕСКИМ ЛОКАТОРОМ  
С СУММАРНО-РАЗНОСТНОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛА**

Тула, Тульский государственный университет

Возможная техническая реализация акустического локатора (АЛ) приведена в работе [1]. Пелагационная характеристика (ПХ) АЛ, использующего равносигнальный способ определения пеленгов источника звука (ИЗ) с суммарно-разностной обработкой сигнала, описывается следующим аналитическим выражением АВ) [1]:

$$\eta_{CP} = (U_1 + U_{ш1} - U_2 - U_{ш2}) / (U_1 + U_2 + U_{ш1} + U_{ш2}), \text{ при } -\Theta_c < \alpha < \Theta_c,$$

где  $U_1, U_2, U_{ш1}, U_{ш2}, \Theta_c$  и  $\alpha$  – параметры, которые пояснены в работе [2].

Можно показать, что ПХ в диапазоне углов  $-0,1 < \alpha < 0,1$  рад можно аппроксимировать уравнением прямой.

Поэтому зависимость пеленга ИЗ от значения  $\eta_{CP}$  можно описать следующей приближенной формулой:

$$\alpha \approx \eta_{CP} \operatorname{tg} \alpha_h + \alpha_{0CP},$$

где  $\alpha_h$  – угол наклона ПХ к горизонтальной оси  $\eta_{CP}\alpha_0$  – значение пеленга при  $\eta_{CP}=0$ .

Тогда среднеквадратическая ошибка (СКО) измерения пеленга в мрад найдётся на основе аналитического выражения (1) по формуле [3]:

$$\sigma_\alpha \approx \left( \sigma_{\eta_{CP}}^2 \sigma_{\operatorname{tg} \alpha_h}^2 + m_{\eta_{CP}}^2 \sigma_{\operatorname{tg} \alpha_h}^2 + m_{\operatorname{tg} \alpha_h}^2 \sigma_{\eta_{CP}}^2 + \sigma_{\alpha_0}^2 \right)^{\frac{1}{2}} 1000, \quad (1)$$

где  $\sigma_{\eta_{CP}}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (\eta_{CP} - m_{\eta_{CP}})^2 W(\eta_{CP}) d\eta_{CP}; m_{\eta_{CP}} = \int_{-\infty}^{\infty} \eta_{CP} W(\eta_{CP}) d\eta_{CP};$

$W(\eta_{CP})$  – функция плотности вероятности случайной величины  $\eta_{CP}$ , полученная в работе [2].

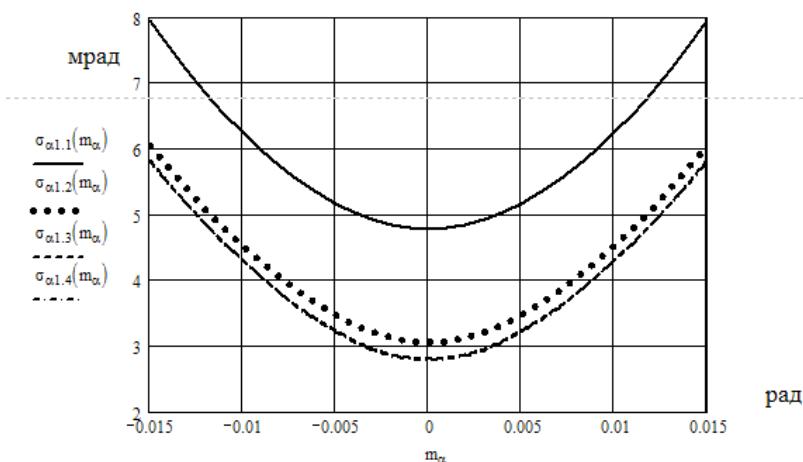


Рис. 1. Зависимость среднеквадратической ошибки пеленгования залпа батареи самоходных гаубиц калибра 155 мм от величины математического ожидания его пеленга в секторе разведки акустического локатора на дальностях 5 - 20 км. 1 кривая сверху соответствует удалению рассматриваемого источника звука от локатора на 20 км; 2 - на 15 км; 3 и 4 - на 10 и 5 км соответственно (3 и 4 кривые сомещены).

Остальные параметры в АВ (1) можно получить методом статистических испытаний, которые будут приведены в докладе.

Для исследования влияния математического ожидания пеленга на СКО измерения пеленга ИЗ была разработана программа в среде Mathcad. Результат исследования показан на приведенном выше рисунке.

Этот расчёт произведён, когда в линейных группах по 20 звукоприёмников, разнесённых на 20 м друг от друга, а МО угла смещения рабочих осей характеристик направленности относительно равносигнального направления равно около 0,015 рад.

Вывод: Эта математическая модель позволяет исследовать влияние различных факторов на СКО измерения пеленга различных ИЗ и определить требования к важнейшим характеристикам и параметрам АЛ, что будет приведено в докладе.

#### Литература

1. Патент 2274873, Российская Федерация, МПК G01S 3/00. Акустический пеленгатор / Шмелёв В. В. и др. ; Заявитель и патентообладатель Тульский ГУ. № 2004103751/09; заявл. 09.02.2004 ; опубл. 20.04.2006, Бюл. № 11. – 24 с.: ил.
2. Шмелёв В. В. Функция плотности вероятности отношения разности напряжений на выходах каналов обработки сигнала акустического равносигнального локатора к их сумме. Настоящий сборник.
3. Горянинов В. Т., Журавлев А. Г., Тихонов В. И. Примеры и задачи по статистической радиотехнике. – М.: Советское радио, 1979. - 600 с.

А.А. Абезяев

## ЭМУЛИЯЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДИЗАССЕМБЛИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОДОВ

Курск, Курский государственный технический университет

В настоящее время встроенные системы широко используются в различных системах обработки и передачи данных. Данные системы имеют множество функций, которые могут быть не заявлены производителем. Одним из способов поиска не декларированных возможностей является дизассемблирование.

Современные программные системы достаточно сложны, даже при условии отсутствия так называемых “запутанных” кодов, применяемых для защиты от анализа систем. Эмуляция выполнения программных кодов (ПК) позволит облегчить анализ.

В настоящем существует достаточно много дизассемблеров, которые позволяют производить анализ ПК, но ни один из них не может отслеживать состояние регистров и памяти процессора. Это связано с разнообразием ассемблеров, процессоров и их внутренней архитектурой.

Алгоритм анализа состоит из следующих основных этапов:

1. Преобразование дизассемблированного и/или машинного кода в мнемонические конструкции эмулятора (МКЭ), что позволяет “уйти” от конкретного процессора и/или ассемблера в процессе эмуляции;
2. Выполнение МКЭ для конкретной команды, либо определённого участка анализируемого кода;
3. Построение алгоритма работы анализируемой системы.

Обобщённая структурная схема анализа ПК представлена на рисунке 1.

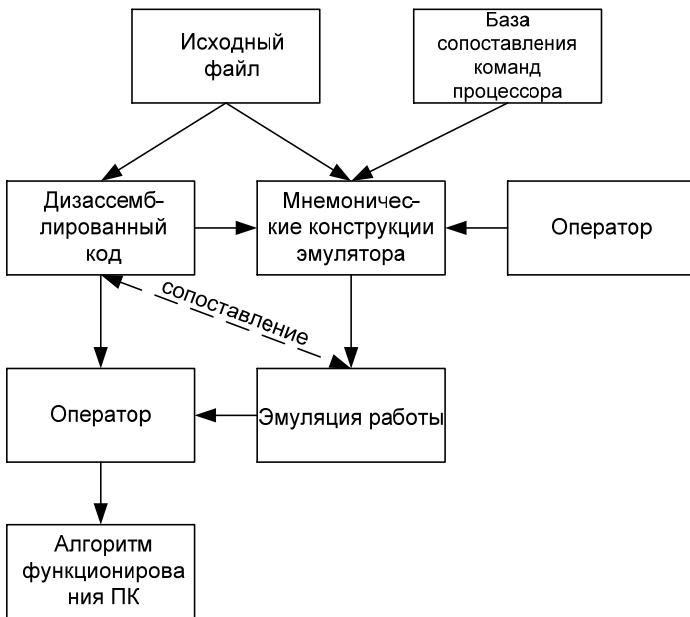


Рис. 1. Обобщенная структурная схема анализа ПК

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

Д.А. Звонарев

## ДИНАМИКА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОВ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОГО ПРИВОДА

Тула, Тульский государственный университет

Динамику исполнительных устройств необходимо учитывать при разработке интеллектуальных роботов. Кинематическая схема линейного привода приведена на рис. 1. В состав привода входят: электродвигатель ЭД, муфта М, винтовая пара ВП с винтом В и гайкой Г, а также шарниры Ш1 и Ш2 для крепления привода к основанию и исполнительным механизмам. На шарнирах Ш1 и Ш2 за счет вращения винта относительно гайки обеспечивается усилие, равное  $F$ . При вращении вала двигателя со скоростью  $\omega$  на валу развивается момент  $\mu$  и меняется расстояние  $L$  между точками крепления шарнира Ш1 и Ш2.

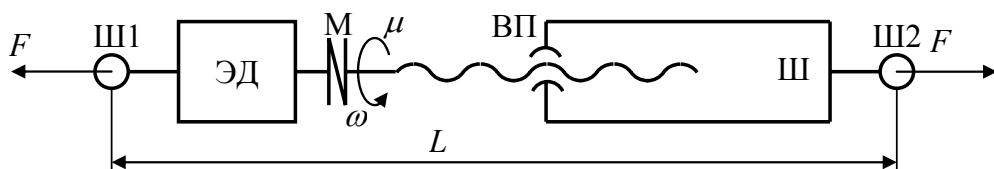


Рис. 1. Кинематическая схема линейного двигателя

Как правило, вследствие ограниченности энергетических ресурсов, в интеллектуальных мобильных роботах используются электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов. Динамические характеристики привода получаются из уравнений электрического и механического равновесия:

$$\begin{aligned} U_a &= \mu R_a + L_a \frac{di}{dt} + \omega c_e; \\ \mu + J_a \frac{d\omega}{dt} &= c_m i, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $c_e$  и  $c_m$  - электрическая и механическая постоянные двигателя, определяемые конструктивными параметрами (числом пар полюсов, числом проводников обмотки якоря, числом параллельных ветвей обмотки) и величиной потока возбуждения;  $U_a$  - напряжение управления в цепи якоря;  $\mu$  - момент внешних сил, приведенных к якорю двигателя и уравновешивающих движущий момент;  $R_a$  - суммарное активное сопротивление якорной цепи;  $L_a$  - индуктивность якоря;  $J_a$  - момент инерции подвижных частей, приведенный валу двигателя;  $\omega$  - угловая скорость якоря;  $i$  - ток якоря.

Зависимость (1) преобразуется к виду:

$$(T_m T_a \ddot{\omega} + T_m \dot{\omega} + \omega) + \frac{T_m}{J_a} (\mu + T_a \dot{\mu}) = k_o U_a, \quad (2)$$

где  $T_m$  - механическая постоянная времени, обусловленная инерционностью якоря и приведенным моментом инерции нагрузки на валу двигателя;  $T_a$  - электрическая постоянная времени, обусловленная индуктивностью обмотки якоря и его активным сопротивлением;

$$T_m = \frac{R_a J'_a}{c_m c_e}; \quad T_a = \frac{L_a}{R_a}; \quad k_o = \frac{1}{c_e}. \quad (3)$$

При проектировании робота целесообразно выбирать двигатель таким образом, чтобы  $T_m \gg T_a$ . При выполнении этого условия влиянием электрической постоянной времени можно пренебречь, при этом порядок дифференциального уравнения (3) снижается, и оно принимает вид

$$(T_m s + 1) \omega + k_{oc} \mu = k_o U_a; \quad (4)$$

где  $k_{dc} = \frac{T_m}{J_a}$  - коэффициент передачи двигателя по моменту нагрузки;  $s$  - оператор дифференцирования.

Рассмотрим винтовую пару ВП линейного привода. Момент  $\mu$  и усилие  $F$  на штоке привода связаны соотношением:

$$\mu = F\sigma + \mu_t, \quad (5)$$

где  $\sigma$  - шаг резьбы винтовой пары;  $\mu_t$  - момент трения, который в первом приближении можно считать пропорциональным угловой скорости вращения вала двигателя;  $\eta$  - коэффициент вязкого трения;

$$\mu_t = \eta \omega. \quad (6)$$

Угловая и линейная скорости линейного привода связаны зависимостью

$$\frac{\omega \sigma}{2\pi} = L. \quad (7)$$

Подставляя (5), (6) и (7) в (4), получим

$$(T_m s + 1) \frac{2\pi s L}{\sigma} + k_{oc} \left( F\sigma + \frac{2\pi \eta s L}{\sigma} \right) = k_o U_a. \quad (8)$$

Из (8) следует уравнение в операторной форме в отклонениях:

$$\delta_L(s) = \frac{k_{lpu} \delta_{Uz}(s)}{(T_{lp} s + 1)s} - \frac{k_{lpc} \delta_F(s)}{(T_{lp} s + 1)s}, \quad (9)$$

где  $\delta_{..}$  - отклонение соответствующей величины от установившегося значения;  $T_{\text{лп}}$  - постоянная времени линейного привода с учетом нагрузки на штоке;  $k_{\text{лпс}}$  - коэффициент передачи линейного привода по возмущающему воздействию (усиление на штоке привода);  $k_{\text{лпс}}$  - коэффициент передачи линейного привода по управляющему воздействию (напряжение на якорной обмотке);

$$T_{\text{лп}} = \frac{T_m}{1 + k_{dc}\eta}; k_{\text{лпс}} = \frac{k_{dc}\sigma^2}{2\pi(1 + k_{dc}\eta)}; k_{\text{лпу}} = \frac{k_d\sigma}{2\pi(1 + k_{dc}\eta)}. \quad (10)$$

Таким образом, положение штока исполнительного устройства на базе линейного двигателя определяется управляющим напряжением и возмущающим моментом. Характеристическое уравнение имеет порядок два. Быстродействие по возмущающему моменту и контуру управления привода одинаково. Полученный результат может быть использован для расчета задержки в выполнении команд интеллектуальным роботом по механическому перемещению различных грузов в пространстве.

#### Литература

1. Юрьевич Е.И. Основы робототехники: Учебное пособие. - СПб.: «БХВ-Петербург», 2007. - 416 с.

Д.А. Звонарев

### ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА РОБОТА

Тула, Тульский государственный университет

Одной из проблем создания интеллектуальных роботов, способных выполнять точную механическую работу является проблема точного измерения положения рабочего органа в пространстве. В настоящее время это осуществляется лишь на основании косвенных оценок по измерению сферических координат последовательно расположенных звеньев манипулятора, несущих рабочий орган. Однако, с помощью оптико-электронных информационно-измерительных систем эта проблема может быть решена.

На рис. 1 изображена структура устройства для слежения за оптическим лучом в пространстве. В его состав входят фара 1, объектив 2, оптический фильтр 3, четырехэлементный фотодиод 4, дифференциальные усилители 5 и 6, аналого-цифровые преобразователи 7 и 8, ЭВМ 9. Фара устанавливается на рабочем органе, а элементы со 2 по 9 расположены на основании робота. Фара 1 формирует электромагнитное излучение в заданном спектральном диапазоне, модулированное во времени по интенсивности. Излучение попадает во входной зрачок объектива 2, и пройдя через оптический фильтр, падает на четырехэлементный фотодиод 4. Оптический фильтр служит для уменьшения влияния боковых засветок, других источников помех. Фототок, вырабатываемый каждым элементом фотодиода 4, пропорционален площади части светового пятна, создаваемого фарой, и покрывающей соответствующий элемент. Элементы формируют сектора, расположенные в пространстве друг относительно друга под углом  $90^\circ$ . Каждая пара расположенных симметрично относительно центра элементов формирует разностный сигнал, пропорциональный отклонению оптической оси объектива от оптической оси фары.

Каждый разностный сигнал усиливается своим усилителем 5 или 6, оцифровывается с помощью аналого-цифрового преобразователя и вводится в ЭВМ.

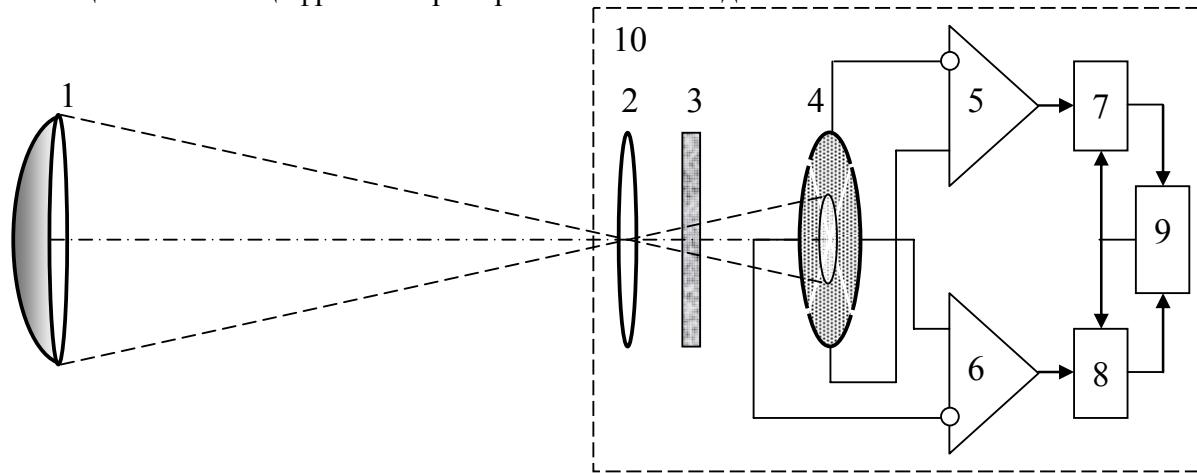


Рис. 1. Устройство для слежения за оптическим лучом

С помощью предложенного блока можно измерять не только угловое положение рабочего органа, но и дальность до него. Оптическая схема измерения дальности до точки  $K$  с помощью бинокулярного зрения приведена на рис. 2. Система измерения включает два оптико-электронных преобразователя, расположаемых на основании робота, главные оптические оси  $O_{c1}x_{c1}$  и  $O_{c2}x_{c2}$  которых параллельны и находятся на расстоянии  $y_p$  друг от друга. В систему входят два идентичных объектива с фокусным расстоянием  $f'$  и два четырехэлементных фотоэлектронных преобразователя, расположенных в точках  $O''_1$  и  $O''_2$  таким образом, что главные оптические оси соответствующих объективов проходят через центры соответствующих плоскостей расположения фотоэлементов, а указанные плоскости перпендикулярны главным оптическим осям. Фара размещается на рабочем органе и служит источником зондирующего оптического сигнала.

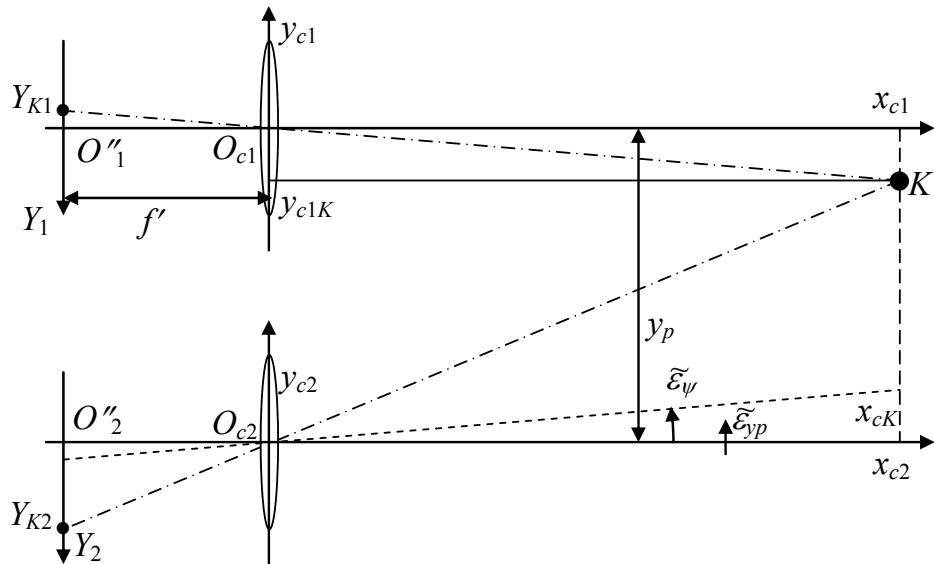


Рис. 2. Схема измерения дальности до точки  $K$

Из подобных пар треугольников  $Y_{K1}, O''_1, O_{c1}$  и  $K, x_{c1}, O_{c1}$ ;  $Y_{K2}, O''_2, O_{c2}$  и  $K, x_{c2}, O_{c2}$  следует, что

$$x_{cK} = \frac{y_p f'}{Y_{K1} + Y_{K2}}, \quad (1)$$

где  $y_p$  - параллакс;  $Y_{K1}$ ,  $Y_{K2}$  - координаты  $Y_1$  и  $Y_2$  проекции точки  $K$ , соответственно, на первую и вторую плоскости фотоэлементов фотоэлектронных преобразователей.

В функции (1) аргументами являются координаты проекции точки  $Y_{K1}$ ,  $Y_{K2}$ , а параметрами значения  $y_p$ ,  $f'$ . Кроме того, на точность оценки дальности влияют смещения осей объективов относительно центров матриц,  $\tilde{\varepsilon}_{YK1}$   $\tilde{\varepsilon}_{YK2}$  и ненулевой угол  $\tilde{\varepsilon}_\psi$  между осями  $x_{c1}$  и  $x_{c2}$ . Для учета указанного угла будем считать, что ось  $x_{c1}$  является базовой и непараллельность измеряется относительно этой оси.

С учетом дополнительных факторов, выражение (1) принимает вид

$$x_{cK} = \frac{y_p f'}{Y_{K1} + Y_{K2} - \tilde{\varepsilon}_{Y1} - \tilde{\varepsilon}_{Y2} + \varepsilon_\psi f'}. \quad (2)$$

Выражение (2) позволяет не только рассчитать дальность до точки прикрепления фары на рабочем органе, но и оценить погрешность расчета, что необходимо при создании высокоточных систем позиционирования.

#### Литература

1. Юрьевич Е.И. Основы робототехники: Учебное пособие. - СПб.: «БХВ-Петербург», 2007. - 416 с.

В.В. Калиновский

## ИСТОЧНИКИ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА ПОДВИЖНОГО НАЗЕМНОГО ОБЪЕКТА

Тула, ОАО ЦКБА

Информационное подобие, реализуемое в тренажерах, позволяет обучающемуся оператору получать дополнительную информацию о режимах функционирования агрегатов подвижного наземного объекта (ПНО). В качестве основных показателей, объективно отражающих вибрационные характеристики моделируемого агрегата, следует считать: динамические силы, возникающие при его работе; мощность, излучаемую вибрирующими частями; выброскорости узлов и деталей в заданном диапазоне частот возбуждения; передаточные функции, оценивающие склонность деталей несущей конструкции к передаче вибраций. Все перечисленные факторы формируют специфический спектр структурированного шума на рабочем месте оператора.

Основными источниками шумового фона подвижных наземных объектов являются агрегаты с периодическим характером возбуждения: силовой агрегат, трансмиссия и подвески движителей.

Характер вибрации силового агрегата в диапазоне звуковых частот определяется принципом его работы. Возбуждающими факторами при работе двигателя следует считать трение поршней о стенки цилиндров, сгорание топлива в цилиндрах, функционирование топливного насоса, срабатывание клапанов газораспределительного механизма и т.п. На опорах силового агрегата интенсивность высокочастотной части спектра вибрации значительно уменьшается. В частотном спектре вибрации опор силового агрегата имеются составляющие, вызываемые опрокидывающим моментом, дисбалансом и неуравновешенными силами и моментами двигателя. При неподвижном ПНО и работе двигателя в режиме холостого хода при малой частоте вращения коленчатого вала общий уровень вибрации опор силового агрегата определяется интенсивностью основной гармоники опрокидывающего момента двигателя. С

увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя в спектрах вибрации опор силового агрегата уменьшается доля составляющих, обусловленных действием опрокидывающего момента, и возрастает доля составляющих, вызванных дисбалансом, неуравновешенными силами и моментами сил инерции.

Элементы трансмиссии, такие, как зубчатые колеса, формируют в момент соударения зубьев регулярный сигнал, зависящий от скорости вращения валов и количества зубьев. Однако за счет существования подшипников скольжения и качения, а также за счет трения зубьев, вошедших в зацепление при передаче вращения, в возбуждающем сигнале присутствует случайная составляющая. Спектральная плотность шумового сигнала определяется скоростью вращения валов, количеством пар, вошедших в зацепление на данной передаче и количествами зубьев в каждой паре.

Опоры движителя являются источниками случайного возбуждающего сигнала, который формируется, во-первых, за счет качения колес по внутренней поверхности гусеницы, а во-вторых, за счет воздействия на подпружиненную массу дороги с ее случайным сигналом. Вид спектральной плотности случайного сигнала, возбуждающего шум, передаваемый через подвески колес в кабину, зависит от характера дорожного полотна, наличия или отсутствия амортизаторов на колесах, а также от скорости продольного движения ПНО по дороге. Приводное колесо движителя возбуждает, с одной стороны регулярный шум в момент соударения зубьев с пазами гусеницы, а с другой стороны - случайный сигнал при трении зубьев о пазы гусеницы.

В.В. Калиновский, Е.В. Ларкин

## ГЕНЕРАЦИЯ ШУМОВ В ТРЕНАЖЕРАХ

Тула, ОАО ЦКБА,  
Тульский государственный университет

Одной из важных задач обеспечения информационного подобия [1] при обучении оператора на тренажере является воспроизведение акустического шума управляемого агрегата, сопровождающего выполнение им полезной работы. Общая схема воздействия на оператора приведена на рис. 1.



Рис. 1. Информационное воздействие на оператора

Оператор, воздействуя на органы управления агрегата, формирует некоторое управляющее воздействие  $u(t)$ , меняющееся во времени. В результате физических процессов, протекающих в агрегате, он выполняет полезную работу, которая выражается в генерации им некоторого вектора состояния  $x(t)$ . Одновременно с выполнением полезной работы агрегат генерирует акустический шум, который через элементы конструкции и через воздушную среду передается рабочему месту и воздействует на оператора. Шум обеспечивает дополнительную обратную связь, что способствует ускорению приобретения оператором необходимых профессиональных навыков.

Воспроизведение в модели физического процесса генерации шума, как побочного эффекта выполнения агрегатом полезной работы, является весьма сложной задачей, поэтому на практике применяются упрощенные схемы моделирования. Частотный анализ шума показывает, что его спектральная плотность имеет ряд максимумов, соотношение которых и местоположение на частотной оси коррелировано с режимами функционирования агрегата. Поэтому в виртуальном объекте тренажера может быть применен метод генерации акустической картины, основанный на фильтрации белого шума фильтром с изменяемыми параметрами.

Известно, что модель шума может быть представлена в виде спектральной плотности  $W[\omega, v(t)]$ , где  $v(t) = [v_1(t), \dots, v_k(t)]$  -  $k$ -мерный вектор параметров, изменяющихся во времени и зависящих от состояния моделируемого агрегата. Связь между состоянием агрегата и вектором параметров определяется векторной функцией

$$v(t) = \phi[x(t)], \quad (1)$$

где  $x(t) = [x_1(t), \dots, x_m(t)]$  -  $m$ -мерный вектор состояния агрегата.  $\phi[x(t)]$  -  $k$ -мерная векторная функция.

Состояние агрегатов определяется системой дифференциальных уравнений вида

$$\dot{x}(t) = \psi \left[ u(t), \frac{dx(t)}{dt}, \frac{d^2x(t)}{dt^2}, \dots, \frac{d^n x(t)}{dt^n} \right], \quad (2)$$

где  $u(t) = [u_1(t), \dots, u_r(t)]$  -  $r$ -мерный вектор текущих воздействий обучаемого оператора на имитаторы органов управления;  $\psi = (\psi_1, \dots, \psi_m)$  -  $m$ -мерная векторная функция.

Таким образом, разрешая систему уравнений (2) относительно  $x(t)$  и подставляя результат в (2), можно получить зависимость параметров шума от текущего состояния органов управления  $v(t) = \tilde{\phi}[u(t)]$ .

Спектральная плотность белого шума представляет собой константу, поэтому спектр  $W\{\omega, \tilde{\phi}[u(t)]\}$  можно считать текущей передаточной функцией фильтра, обрабатывающего белый шум и генерирующего структурированный шум, параметры которого зависят от состояния моделируемого агрегата и органов управления. Текущий импульсный отклик фильтра может быть получен путем вычисления обратного преобразования Фурье [2] от текущей передаточной функции:

$$h(t) = F^{-1}\{W\{\omega, \tilde{\phi}[u(t)]\}\}. \quad (3)$$

Представление в сигнальной области шума, действующего на обучаемого оператора, рассчитывается в каждый момент времени по формуле:

$$N_A(t) = N(t) * h(t), \quad (4)$$

где  $N(t)$  - стационарный эргодический, нормированный по амплитуде шум с выхода генератора «белого» шума;  $h(t)$  - текущая импульсная переходная характеристика, рассчитываемая по зависимости (3);  $*$  - знак операции свертки.

Схема генератора структурированного шума, действующего на оператора в результате работы двигательной установки, приведена на рис. (2).

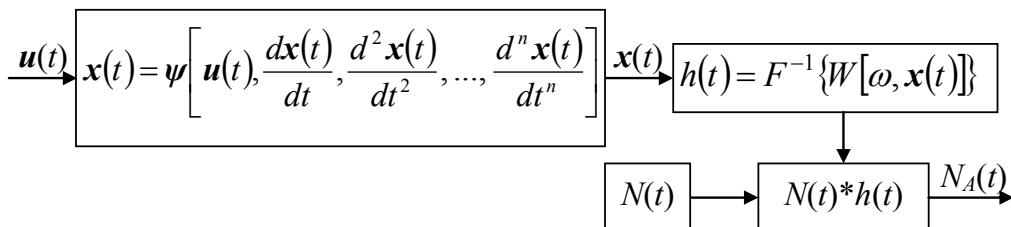


Рис. 2. Генератор структурированного шума

Вследствие того, что на борту моделируемого объекта может находиться несколько источников шума, приведенная методика генерации должна быть реализована для каждого из шумообразующих узлов. Результаты расчетов должны находиться взвешенным суммированием:

$$N_{\Sigma}(t) = \sum_{j=1}^J \alpha_j N_{A_j}(t), \quad (5)$$

где  $\alpha_j$  - весовой коэффициент;  $N_{A_j}(t)$  - шум  $j$ -го источника;  $J$  - количество источников шума на борту моделируемого объекта.

Следует отметить, что при реализации генератора на ЭВМ операции свертки должны выполняться в реальном времени, со скоростью поступления случайных отсчетов с выхода генератора  $n_w(t)$  ( $\sim 20\,000$  отсчетов в секунду). Пересчет параметров (1) может производиться реже. Быстродействие этой операции должно соответствовать скорости интегрирования системы дифференциальных уравнений, описывающих механическое движение объекта ( $\sim 1000$  пересчетов в секунду).

#### Литература

1. Курочкин С.А. Основы тренажеростроения. - Тула: ТулГУ, 2007. - 247 с.
2. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории. - М.: Техносфера, 2004. - 273 с.

Б.В. Евтушенко, М.Б. Евтушенко

### ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Тула, Тульский институт управления и бизнеса,  
ВГУП НИИ «Репрография»

В современных условиях обучения в высшей школе, когда все больший и больший объем учебного материала переводится на самостоятельное обучение, и перехода к информационно-компьютерным технологиям (ИКТ), становится актуальным создание учебной среды, которая соответствовала бы особенностям компьютерных технологий.

Основой такой среды является создание базы учебно-методического материала, который сохраняла бы дидактические цели обучения в логическом единстве с возможностями электронного программного воплощения его.

Использование ИКТ технологий в учебном процессе существенно изменяет характер взаимодействия основных субъектов учебного процесса - студента и преподавателя. Если при традиционной системе обучения основным источником информации являлся преподаватель и учебная литература, то в системе ИКТ роль преподавателя как источника информации резко понижается, замещается программированными материалами в электронном виде, качество освоение которых зависит теперь от способности и склонности студента к самостоятельному осмыслению полученной информации. Переход к ИКТ сопровождается коренным изменением изложения информации, ориентированной на новые каналы восприятия ее. В традиционной системе обучения практически вся учебная литература ориентировалась на вербально-коммуникационные каналы восприятия информации, применение же ИКТ ориентировано на наглядно-образное восприятие информации, при котором основным носителем информации является образно и эмоционально окрашенный материал, подаваемый в динамике.

Практика показывает, что простой перенос учебного материала на электронные носители, не дает практически никакого результата. Подавляющее большинство студентов производят вычисления с использованием микрокалькуляторов, и имеют довольно слабое представление о вычислительных возможностях широко распространенного универсального офисного пакета прикладных программ Microsoft Word, табличный процессор которого позволяет решать большинство учебных статистических, вероятностных, бухгалтерских и экономических задач. Более того, он позволяет решать и довольно большой круг инженерных задач (задач сопротивления материалов, дискретной математики, теоретической механики и др.). Вместе с тем должен соблюдаться принцип: инструментарий, используемый для решения задач, должен соответствовать сложности решаемой задачи, а трудоемкость освоения вычислительного средства должна быть существенно ниже трудоемкости решения задачи с использованием простейших калькуляторов.

При первоначальном изучении многих учебных дисциплин пакет Microsoft Word является незаменимым вычислительным средством, которое дает возможность сохранить все многообразие вычислительных приемов, созданных отечественной (русской и советской) педагогической мыслью.

Современная практика внедрения ИКТ имеет существенный перекос в сторону контролирующих функций и практически не решает задач создания обучающих, точнее развивающих программ. Научающая программа должна создавать условия, при которых студент мог бы делать все (или очень многое), что ему угодно с этим материалом не выходя из обучающей среды. Так ему должна быть предоставлена возможность делать вычисления и получать оценку достоверности получаемого решения в диалоговом режиме, получать консультацию в том случае, если решения неверно. Он должен иметь возможность возвращения к решению этой задачи столько раз, сколько он посчитает нужным, изменять размерность задачи, исследовать влияние тех или иных параметров на изучаемый процесс. Обучающая программа должна давать студенту возможность в процессе изучения учебной информации создавать, находясь внутри этой программы, иллюстративные графики, различные списки, составлять конспект, отчеты и т.д.

При разработке учебных программ надо помнить и о том, что в одной и той же группе могут обучаться студенты, имеющие чрезвычайно разнообразную подготовку от вчерашних школьников до лиц, получающих второе высшее образование, при этом вчерашних студентов или лиц имеющих разрыв в образовании в десятки лет. Это накладывает дополнительные требования к доступности и наглядности учебного материала, способу его изложения.

Разнообразие условий применения ИКТ обуславливает многообразие их от простейших, разрабатываемых для индивидуального использования на своем персональном компьютере, до программ общегосударственного использования типа контролирующей программы «Прометей».

Обобщая сказанное можно сформулировать основные принципы создания программы ИКТ, которая должна:

1. базироваться на широко распространенных, доступных, простых и универсальных прикладных программах;
2. обеспечивать выполнение расчеты и построения графиков пользователем в диалоговом режиме непосредственно в среде обучающей программы;
3. обеспечивать возможность неограниченного числа возвращений к решению задачи;
4. оценивать результаты расчета в процессе освоения методики решения задачи и давать необходимые консультации по требованию студента;

5. иметь трудоемкость освоения обучающей программы должна быть значительно меньше трудоемкости решения задачи с использованием калькулятора;
6. содержать не только новую, подлежащую изучению, информацию, но весь контролирующий и справочный материал, относящийся к этому разделу;
7. создавать условия для написания отчета (контрольной работы, лабораторной работы и т.д.) в процессе изучения нового материала;
8. содержать справочный и консультативный материал, оформленный в виде гиперссылок;
9. соответствовать дидактическим целям и удовлетворять требованиям наглядно-образного представления материала при логической стройности его.

Программа ИКТ, удовлетворяющая вышеперечисленным требованиям создает новую обучающую среду благоприятствующую развитию творческих способностей студента и превращению ИКТ в действенное средство повышения качества высшего образования.

#### Литература

1. Евтушенко Б.В., Евтушенко М.Б. О современных требованиях к компьютерным учебным пособиям./ Сб. Демидовские чтения, Тула, 2008 (Материалы ежегодной научно-практической конференции с международным участием (28-29 мая 2008г.)), Калуга, изд-во «Эйдос», 2008 т.
2. Евтушенко Б.В., Евтушенко М.Б. Опыт применения компьютерных технологий в учебном процессе. / Сб. Процессы экономики и информатизации образования. Материалы V международной научно-практической конференции, Тула, 24-25 апреля 2008 г. Тула: НОО ВПО НТ «Тульский институт экономики и информатики», 2008 г.

М.А. Андриянова, Т.Н. Маркова

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ATutor ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА**

Тула, Тульский государственный университет

*Рассматриваются основные возможности системы дистанционного обучения ATutor. Приводится алгоритм заполнения образовательного портала с использованием ATutor на примере дисциплин программирования, изучаемых в рамках специальности «Прикладная информатика» и направления «Информатика и вычислительная техника».*

Использование электронных образовательных ресурсов (ЭОР) – является необходимой частью современных систем обучения. В последние годы разработка средств поддержки учебного процесса с помощью электронных средств, средств разработки учебных курсов и тестирующих систем ведут многие крупные фирмы, разработчики программных продуктов, ведущие университеты нашей страны и мира.

В настоящее время, для полнофункционального, эффективного развертывания системы электронного обучения в учебном учреждении или крупной компании необходима система управления учебным процессом.

Система обучения состоит из двух больших частей - "оболочка" и "контент".

Оболочка - это специально разработанное программное обеспечение, позволяющее обеспечивать обучаемым доступ к учебным курсам ("контенту") через Интернет или локальную сеть, отслеживать процесс и результаты обучения, создавать и

редактировать учебные курсы и т.д. Эти программы называются Learning Management System (LMS) или Virtual Learning Environments (VLE).

Контент - набор учебных курсов, содержащих в себе информацию, иллюстрации, упражнения и тесты.

Фактически LMS можно сравнить со стеллажом, а контент - с книгами в библиотеке.

Основной функцией систем управления обучением (LMS – Learning Management System) является управление и поддержка учебного процесса, которая обеспечивается решением таких задач:

- аутентификация (регистрация пользователей в системе с должным уровнем полномочий, управление учетными записями пользователей),
- авторизация (назначение прав доступа к материалам курса и полномочий в системе пользователям и группам),
- разработка и управление учебным планом (планирование курса и программы обучения, расписания, виды и количество нагрузки, структурирование и начальное размещение материалов и др.),
- поддержка учебного процесса (системы помощи, средства удаленного доступа, доски объявлений, календарь, поиск, закладки и др.),
- финансовые функции (отслеживание оплаты обучения, интеграция с корпоративными системами учета нагрузки преподавателя и бухгалтерскими системами),
- мониторинг (мониторинг курса относительно действий пользователя с учебными материалами: чтение разделов курса, выполнение тестов, контрольных мероприятий и заданий),
- ведомость оценок (gradebook) (средства, позволяющие инструкторам обеспечивать обратную связь с качеством работы студента путем выставления публичных и приватных оценок за требуемые задачи для каждого раздела курса).

Основной целью таких систем является реализации организационно-административных функций по управлению учебным процессом, таких как создание и сопровождение учетной информации о студентах и преподавателях, составление и объявление расписаний учебных мероприятий, связанных с курсом (сетевые дискуссии, видеоконференции, тесты и контрольные работы), мониторинг успеваемости слушателей курса, вопросы отслеживания оплаты обучения и др.

В LMS наиболее распространены следующие инструменты взаимодействия:

- дискуссионные форумы (средства создания и поддержки асинхронных конференций – форумов - широко используются для группового обсуждения ключевых вопросов учебного курса);
- строенная электронная почта (позволяет решать такие задачи как получение и отправка домашних и контрольных заданий, индивидуальные общение и консультации студентов и преподавателя);
- синхронное взаимодействие (Chat, Whiteboard, аудио- и видеоконференции дают возможность организовывать общение в реальном времени, наиболее эффективно может использоваться для сдачи экзаменов, презентаций курсовых работ, проведения консультаций);
- групповая работа (организация класса в группы и возможность групповой совместной работы пользователей над определенными заданиями, документами, проектами, разделение приложений - application sharing, организация виртуальных групповых практикумов).

На кафедре автоматизированных информационных и управляющих систем Тульского государственного университета для создания образовательного портала

было выбрано свободно распространяемое ПО ATutor. Данное средство позволяет создать структуру курса, наполнить его материалами, связать их между собой. Отдельно возможно создание глоссария, содержащего основные термины, и тестов. Особое внимание нужно обратить на раздел «Часто задаваемые вопросы», который доступен для всех студентов и где тьютор выкладывает ответы, комментарии и пояснения к вопросам, вызвавшим наибольшее затруднение.

Так как на кафедре АИУС обучаются студенты по двум специальностям 230102 и 080801, и студентам обеих специальностей читается программирование (дисциплины «Программирование на языках высокого уровня» и «Информатика и программирование» соответственно), при анализе ГОСов было решено оформить методические указания к лабораторным работам в отдельную ДЕ. Данное решение позволило избежать дублирования файлов на портале. Так же была решена ситуация с дублированием материалов по дисциплинам «Вычислительный практикум» (по обеим специальностям) «Операционные системы» и «Операционные системы, среды и оболочки», а также «Организация ЭВМ», «Сети ЭВМ и телекоммуникации» и «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации».

Доступ к материалам может быть организован тьютором как для всей учебной группы, так и для отдельного студента. Курс может быть доступен в течение учебного года, семестра, месяца, недели или, при необходимости, другого интервала времени. Для доступа к материалам студенту необходимо знать адрес портала, имя пользователя и пароль. После входа на портал на начальной странице отображаются все курсы, доступные для данной группы или студента в текущий момент.

В выбранном курсе студент может обратиться к его компонентам, представленным в содержании (рис.1).

The screenshot shows the homepage of an ATutor LMS instance. At the top, there's a header bar with tabs for 'домашняя' (Home), 'студент 1 курс 080801' (Student 1 Course 080801), and 'выход' (Logout). Below the header, the URL is 'начальная страница » лабораторные работы по программированию » домашняя'. The main content area is titled 'Домашняя' (Home). It contains several icons and links: 'Глоссарий' (Glossary) with a book icon, 'Часто задаваемые вопросы' (FAQ) with a question mark icon, 'Тесты' (Tests) with a document icon, 'Моя динамика освоения курса' (My course progress) with a footprint icon, and 'Дополнительные материалы' (Additional materials) with a stack of books icon. To the right, there's a sidebar titled 'содержание' (Content) which lists the course structure. The structure includes a main category 'ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ' (Laboratory works) which branches into 'ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ' (General requirements), 'Лаб работа №1' through 'Лаб работа №6-2', and 'ЛИТЕРАТУРА' (Literature). Other sections listed under 'ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ' include 'ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ' (Goal and tasks), 'Возможности инте...', 'Структура програ...', 'Переменные и тип...', 'Арифметические в...', 'Составной операт...', 'Операторы ввода...', 'Операторы вывода...', 'ЗАДАНИЕ НА РАБОТ...', and 'КОНТРОЛЬНЫЕ ВОП...'. There are also collapsed sections indicated by dashed lines.

Рис. 1. Компоненты выбранной дисциплины

Как можно заметить, каждая лабораторная работа представляет собой набор учебных элементов, оформленных как самостоятельные единицы. Это соответствует требованиям, предъявляемым к оформлению электронных учебников, и упрощает нахождение нужного материала студентом.

Студенты могут заниматься в удобное для них время, не завися от расписания. Данная организация позволяет сформировать индивидуальные графики обучения для каждого студента, которые могут корректироваться в рабочем порядке при возникновении непредвиденных ситуаций. Применение данного подхода позволяет более эффективно организовать самостоятельную работу студента, в том числе дистанционно.

### Литература

1. Андриянова М.А. Организация самостоятельной работы студентов в высшем учебном заведении / М.А.Андриянова, Т.Н.Маркова // Актуальные вопросы методики преподавания математики и информатики: ст. науч. тр. 4-й междунар. научно-практ. конф. Биробиджан. 16 апреля 2009. – Биробиджан: Изд-во ДВГСГА, 2009. – Ч.2. – С.47-51.
2. Гужов В.И. Стандарты и спецификации, используемые при разработке электронных образовательных ресурсов [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / В.И.Гужов – Электрон. дан. – Новосибирск, 2009. – Режим доступа: <http://edu.tsu.ru/res/2109/?prm=1031>

А.С. Глазков

## **УСТРОЙСТВО АППАРАТНОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА**

Курск, Курский государственный технический университет

Система защиты информации, хранящейся в накопителях данных, в том числе на жестком магнитном диске (ЖМД), реализована на программном уровне ЭВМ в системе ограничения доступа (СОД) и контролирует обращения к файлам. К сожалению, она обладает рядом недостатков. Во-первых, необходимы дополнительные затраты процессорного времени на анализ каждого обращения к файлам, во-вторых, коды атрибутов доступа к файлам программно доступны и могут модифицироваться деструктивными программами и в-третьих, названные системы не контролируют обращения к секторам файлов в то время, как деструктивные программы могут получить полный доступ к секторам данных.

Стойкость системы разграничения доступа можно существенно повысить, если ее дополнить аппаратным уровнем защиты на входе контроллера накопителя информации. С помощью дополнительного устройства ограничения доступа (УОД) организуется долговременное хранение кодов атрибутов доступа к секторам данных. Это позволит на аппаратном уровне обнаруживать случаи обхода деструктивными программами основной программной системы ограничения доступа, своевременно обнаруживать атаки на файловую систему, а также повысить степень защиты файлов вплоть до полного закрытия любых видов доступа без ведома легитимного пользователя. УОД подключается к внутренним линиям контроллера жесткого магнитного диска и дописывает коды атрибутов доступа в специальное служебное поле сектора, которое не используется в стандартных режимах работы ЖМД.

Для автоматизации процедур установки и модификации кодов атрибутов доступа легитимным пользователем предлагается использовать специализированное программное обеспечение (УПО). УПО работает в эпизодических режимах модификации атрибутов, во время которых в УОД снимается физическая блокировка их программно-управляемого изменения. Существует вероятность, что во время такой

модификации в системе действуют деструктивные программы, которые могут подменять команды УПО, в результате чего получить полный доступ к файлам пользователя. Для этого в состав команды вводится специальное поле «Ключ», содержащее кодовую последовательность, сгенерированную УПО, по которой устройство УОД проверяет подлинность команды. Для получения поля «Ключ» используются алгоритмы скрэмблирования и вычисления контрольной части циклического избыточного кода. Проверка подлинности команд УПО выполняется в УОД специальным блоком анализа команд.

Для уменьшения вероятности получения злоумышленником доступа к пользовательским данным при хищении накопителя информации, используются процедуры извлечения и восстановления метаданных. Без них злоумышленник не сможет в короткий срок установить количество и местоположение разделов ЖМД, определить размещение файлов на накопителе.

Таким образом, предлагаемое устройство повышает надежность работы системы ограничения доступа путем аппаратного контроля обращений и ограничения доступа к секторам данных, как в штатных режимах работы, так при хищении накопителя.

П.В. Глобин

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Курск, Курский государственный технический университет

В настоящее время автоматизированные системы управления (АСУ) плотно внедрились в такие сферы, как приборостроение, медицина, машиностроение жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ). В настоящее время назрела проблема модернизации ЖКХ, связанная с тем, что тарифы на энергоносители постоянно увеличиваются и платежи за них так же увеличиваются, что негативно сказывается на бюджете потребителей. С целью уменьшения оплаты услуг ЖКХ предлагается использовать энергосберегающее оборудование.

При построении АСУ теплопотреблением, необходимо обеспечить эффективное использование тепловой энергии поступающей от теплоносителя.

Регулирование энергопотреблением в такой АСУ основывается на сравнении температуры, которое производится двумя способами с помощью термодатчиков, установленных в прямом, обратном трубопроводе, а так же на улице, который измеряет температуру наружного воздуха.

Управление в контуре отопления производится двумя способами (рис 1):

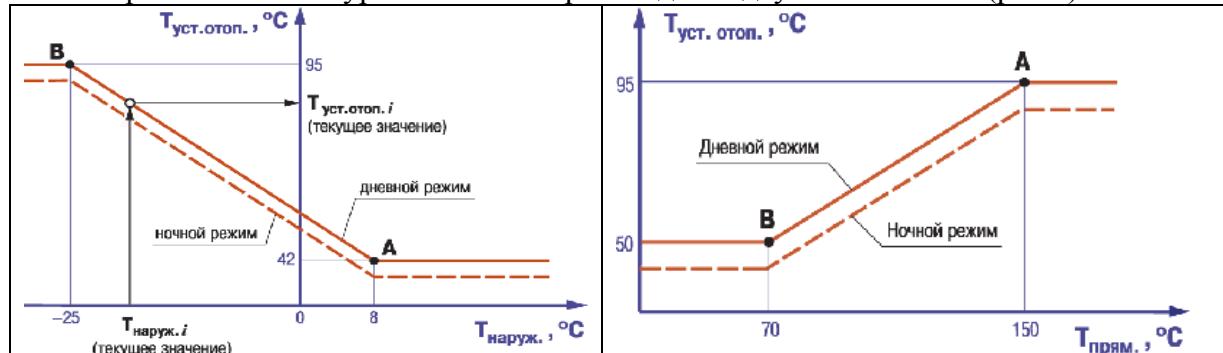


Рис. 1 Способы регулирования теплопотреблением а) – первый способ; б) – второй способ.

1) Сравнением наружного воздуха с температурой отопления и температурой обратного трубопровода;

2) Сравнением температуры в прямом трубопроводе с температурой отопления и температурой обратного трубопровода.

Первый способ регулирования.

При этом способе регулирования производится сравнение температуры наружного воздуха с температурой отопления и температурой обратного трубопровода. Затем строится отопительный график, на основании которого контроллер по формуле (1), формирует импульс управления, который передаётся на КЗР (клапан запорно-регулирующий). Длительность импульса вычисляется

$$D_i = 2,5 \cdot K (E_i + \tau \cdot \Delta E_i) \quad (1)$$

где  $E_i = T_{уст.} - T_i$  – величина рассогласования в текущем шаге регулирования;  $T_{уст.}$  – температура, задаваемая при программировании контроллера;  $T_i = T_{отоп.} - T_{нар.}$ ;  $\Delta E_i = E_i - E_{i-1}$  – величина изменения рассогласования по сравнению с предыдущим вычислением  $D_{i-1}$ ;  $K$  и  $\tau$  – коэффициенты ПИД-регулятора, задаваемые пользователем при настройке прибора в составе системы [1].

В формуле (1) коэффициент  $K$  (общий коэффициент усиления) определяет чувствительность регулятора как к величине рассогласования контролируемой им температуры, так и к скорости ее изменения. Значение коэффициента  $K$  для регулятора контура отопления задается пользователем при программировании прибора в параметре «A-03», а для регулятора контура ГВС – в параметре «A-06».

В формуле (1) коэффициент  $\tau$  (коэффициент при дифференциальной составляющей) определяет чувствительность ПИД-регулятора к резким изменениям контролируемой им температуры. Значение коэффициента  $\tau$  для регулятора контура отопления задается пользователем при программировании прибора в параметре «A-02», а для регулятора контура системы горячего водоснабжения (ГВС) – в параметре «A-05».

Второй способ регулирования.

При данном способе сравнивается температура в прямом трубопроводе с температурой отопления и температурой обратного трубопровода. Затем строится отопительный график, на основании которого контроллер по формуле (1), только  $T_i = T_{прям.} - T_{отоп.}$ , формирует импульс управления на КЗР, длительность которого вычисляется по формуле (1).

Регулирование в системе ГВС производится аналогичным способом, на основе  $T_{гвс}$  (температура горячего водоснабжения).

Выбор способа регулирования зависит от источника тепла. Если он выполняет количественно-качественное регулирование, а именно повышает или понижает температуру отопления в зависимости от температуры наружного воздуха, то предпочтителен первый способ регулирования, основанный на измерении температуры наружного воздуха. Если же такого регулирования не производится и температура в осенне-зимний период поддерживается на одном уровне, то целесообразно использовать второй способ регулирования, основанный на измерении температуры в подающем трубопроводе. В основном используется первый способ регулирования, так как источник в зависимости от температуры наружного воздуха либо снижает, либо повышает температуру в подающем трубопроводе.

## Литература

1. Паспорт и инструкция по эксплуатации Измерителя-Регулятора Микропроцессорного – ТРМ -32.

Д.М. Афодигбокву

## РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СТРУКТУРНЫХ, АЛГОРИТМИЧЕСКИХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ В МУЛЬТИКОНТРОЛЛЕРЕ

Курск, Курский государственный технический университет

Обеспечение отказоустойчивости включает решение логически связанных между собой задач: самоорганизации МК (репродуцирование логической структуры при отказах) и обеспечение его функциональной целостности - взаимодействие программных модулей в репродуцированной логической структуре.

В связи с этим актуальной проблемой теории и практики микроконтроллерных устройств становится научно-техническая задача создания отказоустойчивых МК, решение которой позволит снять противоречие между требованиями большой производительности и высокими надёжностными характеристиками.

Объектом исследования в данной работе являются алгоритмы и программные средства реализации процедур реконфигурации отказоустойчивых МК.

**Клеточный алгоритм репродуцирования с расположением резервного столбца по центру матрицы МК.**

Вводится слой самоорганизации однородной среды процессорных элементов примем в виде матрицы из  $n \times m$  элементов [1]. Каждая ячейка слоя самоорганизации настраивает соответствующий ей процессорный элемент (ПЭ) с физическим адресом ( $\Phi A$ )  $(i,j)$  на один из алгоритмов функционирования: собственный  $(i,j)$ , верхний  $(i+1,j)$ , нижний  $(i-1,j)$ , правый  $(i,j+1)$ , левый  $(i,j-1)$  в зависимости от отказов или изменения алгоритмов функционирования верхнего  $(i+1,j)$ -го, нижнего  $(i-1,j)$ -го, правого  $(i,j+1)$ -го и левого  $(i,j-1)$ -го ПЭ.

### Нейросетевой алгоритм реконфигурации МК

В данной работе, предлагается технология самовосстановления для МК, который разделён на подматрицы, каждая из которых использует однопутевые коммутаторы. Резервные ПЭ, компенсирующие отказавшие, в данной технологии расположены на границах подматриц. При этом алгоритм реконфигурации для этих подматриц использует нейронную сеть Хопфилда.

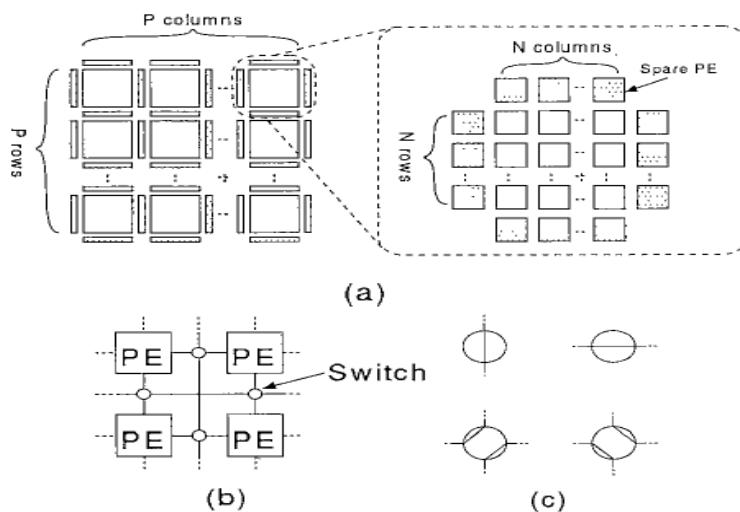


Рис. 1. Разделенная матрица, использующая 1½-путевую коммутацию

На рис. 1 показана архитектура разделенной матрицы с использованием  $1\frac{1}{2}$ -путевых коммутаторов. Матрица размером  $PN \times PN$  разделена на  $P \times P$  подматрицы, каждая размером  $N \times N$ , как показано на рис. 1а. При этом резервные ПЭ расположены вокруг каждой подматрицы. Прокладывание пути выполняется горизонтально (вертикально) между каждыми двумя смежными строками (столбцами) ПЭ, как показано на рис. 1б. При этом коммутаторы (рис. 1с) расположены в точках пересечения этих дорожек.

В дальнейшем мы предполагаем, что:

1. Работоспособные ПЭ могут передавать данные в направлении вверх-вниз или влево-вправо.

2. Коммутаторы и дорожки работают без ошибок.

Для удобства объяснения, мы при присвоим индекс  $(g,h)$  подматрице, расположенной в  $g$ -ой строке и  $h$ -ом столбце матрицы ПЭ. Такую подматрицу обозначим подматрицей  $(g,h)$ . Таким же образом, мы присвоим индекс  $(g,h,i,j)$  нерезервному ПЭ в  $i$ -ой строке и  $j$ -ом столбце подматрицы  $(g,h)$ . Резервные ПЭ расположены в нулевом и  $(N+1)$ -ых строках и столбцах, соответственно.

Стратегия реконфигурации следующая. Если ПЭ  $(g,h,i,j)$  дефектен, то к резервному ПЭ в  $i$ -ой строке или  $j$ -ом столбце подматрицы  $(g,h)$  применяется следующий процесс. Дефектный ПЭ  $(g,h,i,j)$  заменяется самым близкорасположенным работоспособным ПЭ  $(g',h',i',j')$ , который в свою очередь заменяется следующим ближайшим рабочим ПЭ  $(g'',h'',i'',j'')$  и так далее. Это замещение повторяется до тех пор, пока не используется резервный работоспособный ПЭ подматрицы  $(g,h)$ .

Разделённая матрица реконфигурируема, если:

- 1) в ней существует ряд непрерывных и прямых путей компенсации, охватывающих все нерезервные отказавшие ПЭ;
- 2) в нём нет никакого пересечения, попадания вблизи цели или столкновения среди путей компенсации.

Мы используем нейронную сеть Хопфилда, где четыре нейрона  $vghijd(t)$ ,  $1 \leq d \leq 4$ , упорядочены вокруг каждого нерезервного ПЭ  $(g,h,i,j)$  чтобы определить направление путей компенсации в случае отказа, как показано на рис. 2.

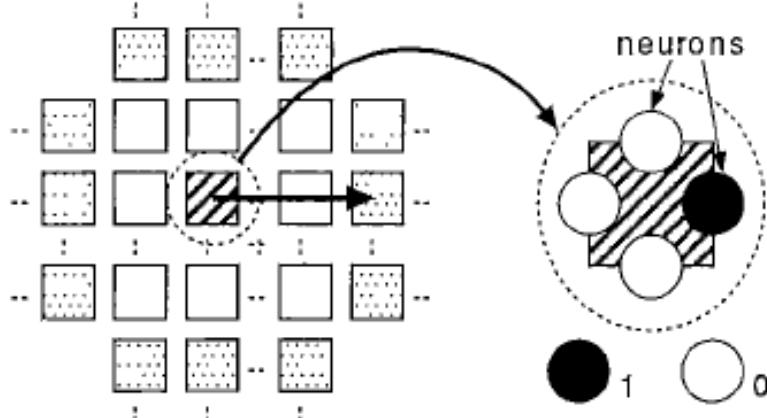


Рис. 2. Расположение четырех нейронов

Каждый нейрон может находиться в двух состояниях: либо 1 либо 0. Положение нейрона  $vghijd$  во время  $t$  обозначается, как  $vghijd(t)$ . Пусть  $wghijd$ ,  $vuhxyz$  будет весом связи, соединяющей нейроны  $vghijd$  и  $vuhxyz$ . Пусть  $\theta_{ghijd}$  – систематическая ошибка нейрона  $vghijd$ . Состояние сети в момент времени  $t$  обозначим вектором  $v(t) = \{vghijd(t)\}$ . Тогда состояние нейрона  $vghijd$  в момент времени  $(t+1)$  вычисляется по формулам:

$$v_{ghijd}(t+1) = f(u_{ghijd}(t)) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} u_{ghijd}(t) = & \sum_{v,w,x,y,e} w_{ghijd,vwxye} \cdot v_{vwxye}(t) \\ & + \theta_{ghijd} \end{aligned} \quad (3)$$

где  $f(x) = 1$ , если  $x > 0$ , и 0 в другом случае. Следующее положение нейронной сети  $V(t+1)$  вычисляется исходя из текущего состояния по формуле (2) для выбранного единичного нейрона в любом временном интервале.

#### Литература.

1. Малышев А.В., Колоскова Г.П. Алгоритмы передачи сообщений в коммутационной перестраиваемой среде [Текст] // Сборник материалов н.-т. конф. «Медико-экологические информационные технологии». Курск, 2003. С. 220-224

Н.И. Савин, В.И. Абрамов

### МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАГРУЗКИ ДАННЫХ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ САЙТОМ

Тула, Тульский государственный университет

В настоящее время актуальной является проблема упрощения разработки таких крупных сайтов, как интернет-магазины, порталы, социальные сети. Для этого применяется система управления сайтом (Content Management System, CMS), которая является интерфейсом между пользователем и программной частью сайта. CMS включает в себя следующие основные элементы:

- ядро, выполняющее такие внутренние функции, как защита от различных сетевых атак, работа с базой данных и другие;
- административный интерфейс, позволяющий выполнять некоторый набор действий на сервере;
- интерфейс программирования приложений (Application Programming Interface, API) для программного взаимодействия серверных скриптов с ядром CMS;
- набор готовых решений для разработчика;
- пользовательский интерфейс, позволяющий манипулировать данными на сервере.

При работе с большими блоками данных, такими как товарный каталог или список пользователей социальной сети, возникает необходимость их передачи с персонального компьютера непосредственно в систему управления сайтом. В CMS для этой цели используется система импорта данных из файла. В общем смысле, работа импорта заключается в следующем:

1. Считывание данных из файла.
2. Преобразование их в нужную форму.
3. Запись в базу данных.

При реализации системы импорта на серверном языке, например, на PHP, процесс импорта будет происходить исключительно на серверной стороне, а на клиентскую сторону будет возвращен только результат. Но следует учитывать, что при передаче крупных массивов данных такой импорт может выполняться в течение длительного времени, что влечет за собой задержки в получении информации о количестве импортированных данных и о возникших ошибках. Эта проблема приобретает особую

важность в том случае, если возникшая ошибка вызывает неправильный импорт на последующих шагах, что приводит к значительной потере времени.

Для решения этой проблемы, в настоящее время, предлагаются использовать AJAX (Asynchronous Javascript and XML) – подход к построению интерактивных пользовательских интерфейсов веб-приложений, заключающийся в «фоновом» обмене данными браузера с веб-сервером. В результате, при обновлении данных веб-страница не перезагружается полностью, и веб-приложения становятся более быстрыми, а манипулирование данными – интерактивным.

Процедура импорта с использованием AJAX (рисунок 1) включает следующие этапы:

1. Загружается основная веб-страница.
2. Отсылается AJAX-запрос на считывание данных из файла и ожидается ответ.
3. Отсылается AJAX-запрос на запись в базу данных и ожидается ответ.
4. Пока имеются данные для считывания, выполняется переход к пункту 2.



Рис. 1. Пример работы стандартного импорта

Целью данной работы являлось создание метода, обеспечивающего более быструю загрузку крупных массивов данных на сайт. Возможностью для ускорения загрузки послужило то, что на разных этапах импорта с использованием технологии AJAX выполняются обособленные операции – чтение данных с диска или запись в базу данных. Среди перечисленных операций более ресурсоемкой является запись в базу данных.

Если в данном случае, когда импорт может быть разделен на обособленные операции, использовать принципы конвейеризации (рисунок 2), то, в соответствии с результатами проведенного тестирования, быстродействие увеличится, по предварительному тестированию, в 2,5 раза. В дальнейшем, необходимо провести тестирование данных результатов в различных условиях и определить влияние на них настроек сервера.



Рис. 2. Пример работы конвейерного варианта импорта

Конвейеризация осуществляется следующим образом. Вместо того чтобы после считывания первой части данных из файла дождаться окончания записи в базу данных, повторно посылается AJAX-запрос для считывания следующей части данных. Таким образом, на сервере эти задачи выполняются параллельно (при работе на многоядерном процессоре) или с разделением времени (на одноядерном), но, в любом случае, с использованием разных задач – либо только чтения с диска, либо только записи в базу данных.

Схема связей в системе импорта показана на рисунке 3.

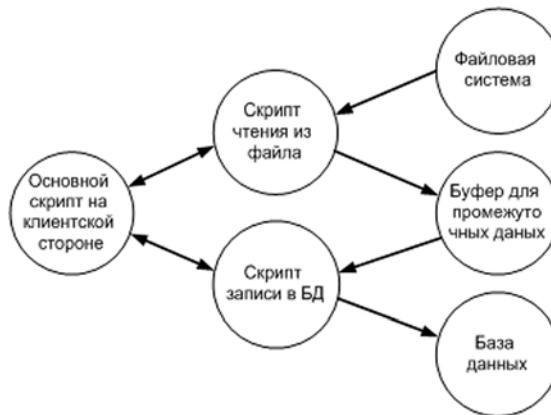


Рис. 3. Схема связей системы импорта

Вторым по важности действием по увеличению скорости выполнения импорта данных в CMS является оптимизация непосредственно считывания из файла и записи в базу данных.

После открытия файла используется блочное считывание, где блоком является набор полей, относящихся к одному элементу в системе управления сайтом. Например, при считывании товарного каталога таким элементом будет конкретный товар, а его полями – цена, название, наличие и т.д. Посимвольный анализ файла, в таком случае, будет неэффективен. Поэтому необходимо использовать технологию регулярных выражений, которые будут учитывать синтаксис данного вида файлов импорта и за каждый проход получать все поля, относящиеся к конкретному элементу.

При записи в базу данных возможно использование API конкретной CMS. Но следует учитывать, что любой API в этом случае является надстройкой над набором SQL-запросов к базе. Следовательно, более эффективным будет запись всех необходимых действий с базой данных на низком уровне, т.е. уровне SQL-команд.

Применение описанного метода повышения эффективности загрузки массивов данных в БД CMS позволит дать значительный прирост быстродействия, что существенно упростит работу с современными крупными сайтами.

Э.Э. Конча, Д.Б. Борзов, И.Е. Чернецкая

## УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ОКОМКОВАНИЯ СЫПУЧИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Курск, Курский государственный технический университет

Разработка быстродействующего устройства обработки измерительной информации в реальном времени на основе использования современных средств вычислительной техники позволит получить оптимальные технологические параметры процесса, обеспечить их подачу на приводы исполнительных механизмов. А также произвести расчет и коррекцию технологического процесса с целью повышения качества готовой продукции, тем самым обеспечить реализацию ресурсо- и энергосберегающего режима окомкования, что в конечном итоге увеличит эффективность использования автоматизированной системы переработки сыпучих материалов в целом.

При окомковании железорудных материалов на процесс формирования окатышей кондиционного класса оказывают множество факторов. Выходные факторы, характеризующие полученные при процессе окомкования сырье окатыши: прочность на сбрасывание (количество падений образца полученной продукции с высоты 200 мм

до начала его разрушения), раз; прочность на раздавливание, кг/окатыш; выход окатышей кондиционного размера, т/час. Входные факторы, характеризующие шихту, поступающую на окомкование: влажность шихты; содержание железа в шихте; содержание кремнезема в шихте; известняк. Входные факторы, характеризующие железорудный материал, поступающий на гранулирование: влажность концентрата; содержание тонких классов минус 0.053 мм; расход материала. Фактором, характеризующим работу оборудования является скорость барабана. Фактором, характеризующим процесс окомкования является определение количества гранулы размером 7-9мм (0,8 от нижнего предела размера кондиционных окатышей). Получена регрессионная математическая модель определения прочностных характеристик сырых окатышей: прочность на сбрасывание, прочность на раздавливание, выход окатышей кондиционного размера. Оператором задаются следующие параметры: содержание железа в шихте, содержание кремнезема в шихте, содержание тонких классов минус 0.053 мм. Остальные параметры в реальном времени поступают в устройство от соответствующих датчиков и на пульт оператору для контроля за ходом процесса.

Устройство контроля процессом окомкования железорудных материалов содержит дозаторы материалов поступающих на окомкование, датчик влажности шихты, датчик влажности концентрата, датчик скорости окомкователя, дозатор шихты, датчик гранул 7-9 мм, АЦП, клавиатуру, ЭВМ, блок индикации, блок памяти программ, блок памяти пользователя, счетчик-таймер. Математическая обработка рассматриваемого процесса окомкования выполняется с использованием микроЭВМ ADuC812.

Результатом работы устройства управления процессом окомкования является определение прочностных характеристик окатышей исходя из текущих параметров процесса, предоставление оператору информации о ходе процесса окомкования в реальном времени. Устройство позволяет контролировать процесс окомкования, в частности работу датчиков и дозаторов, используемых в окомковании, прочностные характеристики окатышей и показатель гранулообразования.

Д.С. Потапов

## **УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ РУДЫ В ДВИЖУЩИХСЯ ПОТОКАХ**

Курск, Курский государственный технический университет

Основным показателем качества готовой продукции дробильно-сортировочных фабрик горно-металлургической промышленности является содержание массовой доли влаги в высушенной аглоруде, зависящей от многих параметров (минералогический состав исходной аглоруды, сезон добычи руды и др.). Сложности определения массовой доли влаги в аглоруде заключаются в том, что эффективно усреднить в карьере различные (в минералогическом отношении) типы руд, технически невозможно, точно так же как и экспрессно оценить минералогический состав руды в потоке на фабрике, то есть регулировать массовое содержание влаги в аглоруде возможно лишь оперативно управляя режимами сушки, зная содержание влаги в исходной аглоруде.

Устройство содержит передающую antennу, которая установлена непосредственно под движущимся потоком слабопроводящего дисперсного материала перемещающегося посредством конвейерной ленты, которая выполнена на основе резины (или другого непроводящего материала). Приемная антенна установлена в

формирователе, который закреплен на раме и содержит две боковые предохранительные стенки. Формирователь посредством механизма перемещения движется вверх или вниз вдоль рамы параллельно ее вертикальной оси с последующей регистрацией положения формирователя датчиком положения. Формирователь имеет форму «плуга», что позволяет предохранить приемную антенну от механических повреждений и обеспечивает постоянную высоту слоя и насыпную плотность аглоруды, раздвигая движущийся слой материала в стороны без уплотнения массы. Передающая и приемная антенны герметично закрыты от влаги и пыли обтекателями, выполненными из прозрачного материала для волн СВЧ диапазона, установленными соосно, причем продольные оси антенн устанавливаются перпендикулярно сформированной разравнивающим плугом верхней поверхности движущегося материала. Устройство содержит блок питания и термостабилизации для подачи стабилизированного питания на СВЧ генератор. Так же устройство включает в себя блок анализа и управления, который в рабочем режиме посредством блока механического перемещения и механизма перемещения устанавливает формирователь на оптимальное значение толщины потока slabопроводящего материала и посредством команды фиксирует его. После сравнения полученных данных от приемной антенны с заданным эталонным значением в блоке анализа и управления определяется массовая доля влажности и производится корректировка температурного режима, определяется количество подаваемых газа и воздуха в сушильный барабан и тем самым, повышается или понижается подача газа и воздуха, вследствие чего поддерживается необходимая и достаточная температура в сушильном барабане. Отображение информации о количестве подаваемых составляющих топлива, а также о количестве содержащейся в материале влаге используется устройство индикации полученных данных.

Разработанное устройство определения влажности агломерационной руды в движущихся потоках на основе синтеза элементов и устройств вычислительной техники с учетом контрастности частотных спектров магнито-диэлектрических свойств измеряемого материала и воды агломерационной руды позволяет контролировать основные параметры процесса сушки с целью повышения качества готовой продукции ДСФ горно-металургической промышленности.

С.Ю. Чевычелов

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНОГО ВИБРАЦИОННОГО ПРИВОДА**

Курск, Курский государственный технический университет

Мобильные вибрационные устройства могут передвигаться без специальных движителей, взаимодействуя с внешней средой непосредственно своим корпусом и обладают рядом преимуществ по сравнению с колесными, гусеничными и шагающими системами в первую очередь благодаря простоте конструкции [1-2]. Это преимущество позволяет создавать на основе таких принципов движения конструктивно простые устройства для вибрационного резания, объединяющие в себе функции механизмов поступательно-колебательной подачи резца [3].

На рис. 1 (а) приведена структурная схема системы управления технологическим процессом (ТП) токарной обработки материалов на основе мобильного вибрационного привода, управление которым осуществляется Управляющей ЭВМ, получающей сигналы с датчиков скорости ДС, положения ДП, силы резания ДСР и подающая управляющий

сигнал на регулятор скорости вращения РСВ электродвигателя ЭД. Корпус привода устанавливается на шероховатой опоре и перемещается за счет вращения установленного внутри дебалансного вибровозбудителя ДВ.

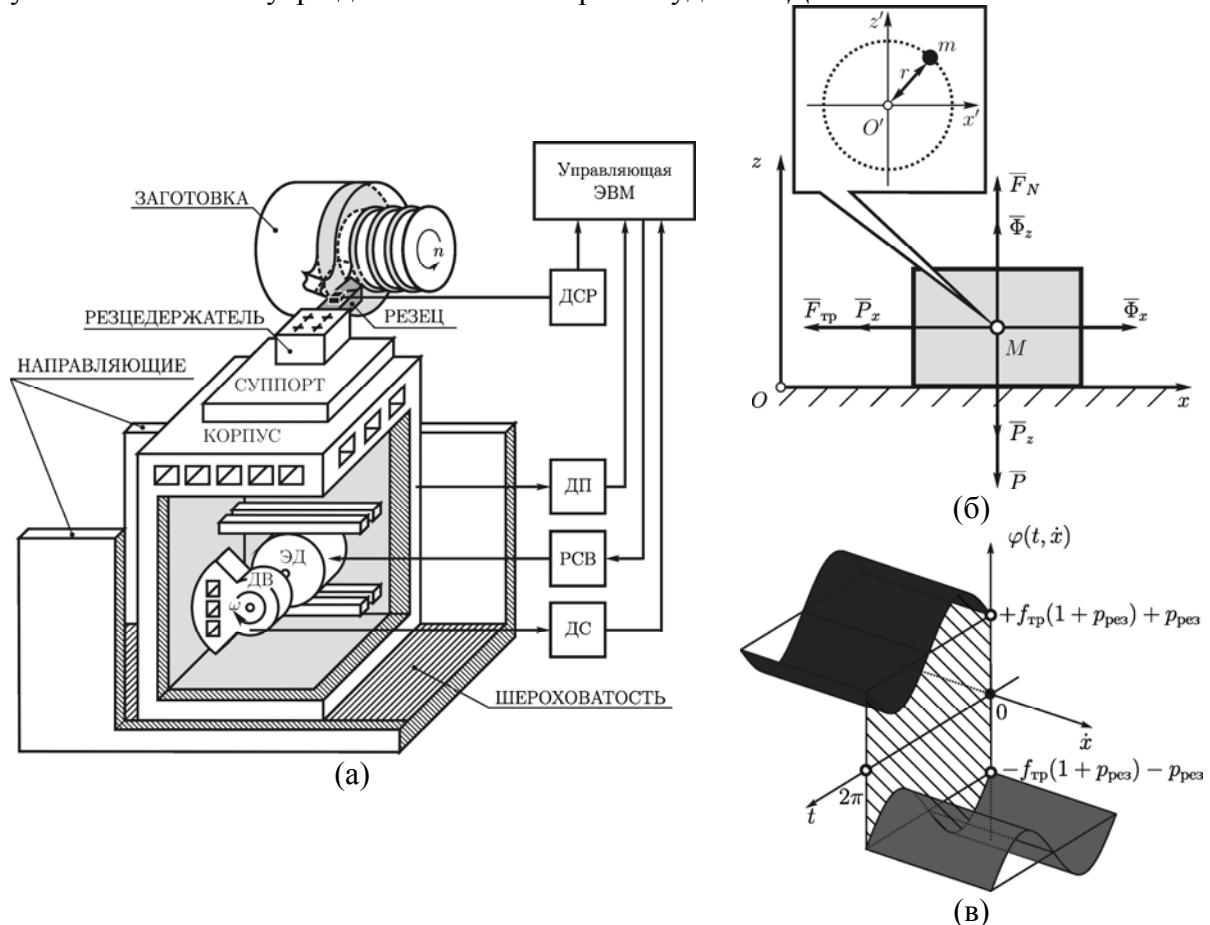


Рис. 1. (а) – Структурная схема системы управления ТП токарной обработки материалов на основе мобильного вибрационного привода; (б) – расчетная схема; (в) – гармоническая сила нормального давления опоры

На рис. 1(б) приведена расчетная схема мобильного вибрационного привода, уравнение движения которого в безразмерной форме имеет вид:

$$\ddot{x} = \Phi_x + \varphi(t, \dot{x}) \quad (1)$$

$$\varphi(t, \dot{x}) = -(f_{tp}N + p_{pe3}) \operatorname{sgn} \dot{x}, \text{ при } \dot{x} \neq 0 \text{ или } |\varphi(t, \dot{x})| < f_{tp}N + p_{pe3}, \text{ при } \dot{x} = 0;$$

$$N = 1 + p_{pe3} + \Phi_z \geq 0, \quad \Phi_x = \gamma_m \sin t, \quad \Phi_z = \gamma_m \sin(t + \Omega_0),$$

где  $x_* = \frac{\omega^2}{g} x$ ,  $t_* = \omega t$  (звездочки, обозначающие безразмерные переменные, опускаются),  $\gamma_m = \frac{F_u}{P}$ ,  $F_u = mr\omega^2$ ,  $N = \frac{F_N}{P}$ ,  $P = Mg$ ,  $m$  и  $M$  – центр масс дебалансного вибровозбудителя и масса системы,  $\omega > 0$  и  $\Omega_0 = \pm \frac{\pi}{2}$  – частота вращения и фазовый сдвиг вынуждающих сил  $\Phi_x$  и  $\Phi_z$ ,  $x$ ,  $\dot{x}$  и  $\ddot{x}$  – перемещение, скорость и ускорение системы,  $p_{pe3} = \frac{F_{pe3}}{P}$  – безразмерное значение силы резания (в

опускаются),  $\gamma_m = \frac{F_u}{P}$ ,  $F_u = mr\omega^2$ ,  $N = \frac{F_N}{P}$ ,  $P = Mg$ ,  $m$  и  $M$  – центр масс дебалансного вибровозбудителя и масса системы,  $\omega > 0$  и  $\Omega_0 = \pm \frac{\pi}{2}$  – частота вращения и фазовый сдвиг вынуждающих сил  $\Phi_x$  и  $\Phi_z$ ,  $x$ ,  $\dot{x}$  и  $\ddot{x}$  – перемещение, скорость и ускорение системы,  $p_{pe3} = \frac{F_{pe3}}{P}$  – безразмерное значение силы резания (в

работе рассматривается случай  $F_{\text{рез}} = P_x = P_z$ ,  $f_{\text{тр}}$  – коэффициент трения. Функция  $\varphi(t, \dot{x})$  (рис. 1 (в)) имеет смысл силы сухого трения  $F_{\text{тр}}$ .

Фазовая плоскость  $(t, \dot{x})$  динамической системы (1) разделяется на две области:  $D_+$ , где  $\dot{x} > 0$ , и  $D_-$ , где  $\dot{x} < 0$ . В области  $D_+$  участок решения уравнения (1) обозначим через  $\Gamma_+$ , а в  $D_-$  – через  $\Gamma_-$ . Граница  $S$  фазового пространства состоит из областей  $S_+$ ,  $S_-$  и области скользящих движений  $S_0$  [4]. Участок фазовой траектории, соответствующий скользящему движению обозначим через  $\Gamma_0$ .

Поведение системы определяется тремя безразмеральными параметрами  $f_{\text{тр}}$ ,  $\gamma_m$ ,  $p_{\text{рез}}$ . Уравнение (1) имеет единственное периодическое движение. Бифуркации периодических движений происходят лишь в результате изменения числа сшиваемых участков [5], образующих траекторию периодического решения. Для выяснения возможных типов динамического поведения выполним построение бифуркационных границ.

На рис. 2 приведена диаграмма динамических режимов в пространстве параметров  $(f_{\text{тр}}, \gamma_m, p_{\text{рез}})$  для положительного значения фазового сдвига  $\Omega_0$ , на которой через  $\Pi_{a,b}^c$  обозначены области существования периодических движений различных типов, где индекс  $a$  – число сшиваемых участков траектории периодического движения,  $b$  – число участков скользящих движений на периоде  $T = 2\pi$ ,  $c$  может принимать один из следующих символов «+», «-», «±». Символы «+» и «-» соответствуют периодическому режиму, содержащему  $\Gamma_+$  или  $\Gamma_-$  на периоде  $T$ , а «±» – периодической траектории, содержащей  $\Gamma_+$  и  $\Gamma_-$  на периоде  $T$ .

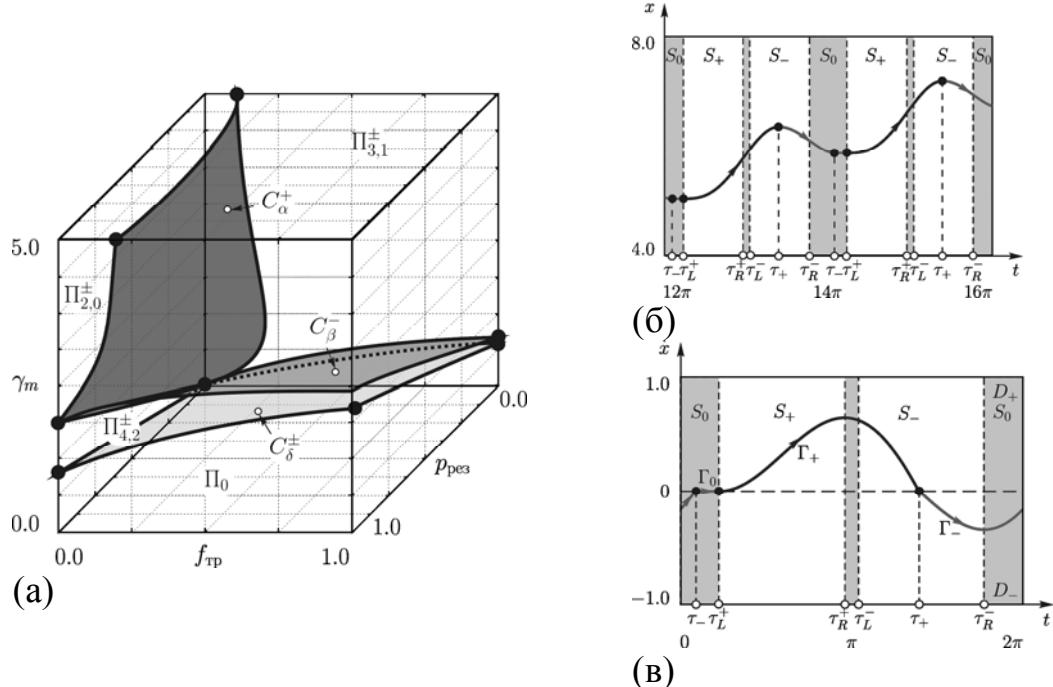


Рис. 2. (а) – Бифуркационная диаграмма при  $\Omega_0 = \frac{\pi}{2}$ ; (б), (в) – диаграммы перемещения  $x(t)$  и скорости  $\dot{x}(t)$  системы (1) в области  $\Pi_{3,1}^\pm$  ( $f_{\text{тр}} = 0.3$ ,  $\gamma_m = 0.7$ ,  $p_{\text{рез}} = 0$ ).

В области  $\Pi_0$  существует состояние равновесия, отвечающее скользящему движению. В этом режиме масса  $M$  находится в состоянии покоя. В областях  $\Pi_{2,0}^\pm$ ,  $\Pi_{3,1}^\pm$ ,  $\Pi_{4,2}^\pm$  существуют периодические режимы. В  $\Pi_{4,2}^\pm$  траектория сшивается из четырех участков  $\Gamma_+$ ,  $\Gamma_0$ ,  $\Gamma_-$ ,  $\Gamma_0$  и масса  $M$  совершает колебательные движения, однако, средняя скорость за период  $T$  равна нулю независимо от знака фазового сдвига  $\Omega_0$ . В областях  $\Pi_{2,0}^\pm$  и  $\Pi_{3,1}^\pm$  знак фазового сдвига  $\Omega_0$  определяет направление движения массы  $M$ , по отношению к которому масса  $M$  перемещается с откатами, причем в области  $\Pi_{2,0}^\pm$  движение происходит без остановок, а в  $\Pi_{3,1}^\pm$  с одной остановкой на периоде  $T$ . Исследования показали, что для вибрационного резания наиболее предпочтительным является режим с остановками из области  $\Pi_{3,1}^\pm$ , диаграммы перемещения  $x(t)$  и скорости  $\dot{x}(t)$  этого режима приведены на рис. 2 (б), (в).

На основе результатов бифуркационного анализа выполнен расчет режимов и параметров токарной обработки заготовок из стали 12Х18Н9Т трех видов деталей. Результаты исследования показали, что токарная обработка заготовок мобильным вибрационным приводом обеспечила уменьшение подачи в 1.94 раза, силы резания в 1.64 раза и увеличение скорости резания в 1.35 раз.

#### Литература

1. Динамика управляемых движений вибрационных систем / Н. Н. Болотник, И. М. Зейдис, К. Циммерманн, С. Ф. Яцун // Известия РАН. Теория и системы управления. 2006. №5. С. 1-11.
2. Черноусько, Ф. Л. О движении тела, содержащего подвижную внутреннюю массу / Ф. Л. Черноусько // Доклады РАН. – 2005. 450, №1. С. 56-60.
3. Кумабэ, Д. Вибрационное резание / Д. Кумабэ. – М.: Машиностроение, 1985. С. 424.
4. Филиппов, А. Ф. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью / А. Ф. Филиппов. – М.: Наука, 1985. С. 225.
5. Фейгин, М. И. Вынужденные колебания систем с разрывными нелинейностями / М. И. Фейгин. – М.: Наука, 1994. С. 288.

А.Н. Стрелкова

## УСТРОЙСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Курск, Курский государственный технический университет

В настоящее время перед разработчиками эндоскопов остается не полностью решенной задача, связанная со значительной потерей яркости света в местестыковкифиброволокнасузломэндоскопа,предназначеннымдляпередачисвета.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.

Одним из путей решения указанной задачи является коррекция искажений после получения изображения на основе его цифровой обработки без изменения конструкции оптической системы путем введения предлагаемого устройства повышения качества изображения между датчиком изображения и приемником изображения [1].

Принцип функционирования устройства заключается в восстановлении искаженных бликами областей изображения путем замены засвеченных областей изображения областями другого кадра, полученного в той же позиции эндоскопа с уменьшенной чувствительностью датчика изображения. При этом на вход устройства поступает исходное изображение, по которому производится обнаружение бликов и при наличии таковых в кадре дополнительно производится получение кадра изображения в текущей позиции эндоскопа с уменьшенной чувствительностью датчика изображения, позволяющей уменьшить влияние блика, и замена искаженной области на исходном изображении на соответствующую область дополнительно полученного изображения.

При этом после замены искаженных точек, составляющих искаженные блики области, производится повторный анализ изображения и при наличии бликов операция получения изображения в текущей позиции эндоскопа при уменьшенном значении чувствительности датчика изображения производится повторно. Такой цикл повторяется до тех пор, пока влияние бликов на изображении не будет устранено. После коррекции бликов устройство передает скорректированное изображение для дальнейшего анализа.

Таким образом, предлагаемое устройство позволит повысить качество эндоскопических изображений слизистой оболочки пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки и, как следствие, точность выявления патологических изменений и правильность постановки диагноза, что будет способствовать оптимизации терапии, улучшению прогноза заболевания, сокращению сроков лечения.

#### Литература

1. Стрелкова А.Н., Труфанов М.И., Титов В.С. Способ повышения качества эндоскопических изображений желудка// Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике / Материалы VII Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, 2007.- Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ), 2007, с. 69-70.

Д.А. Голубов

## **СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ПАССИВНЫХ ДВУХПОЛЮСНИКОВ**

Курск, Курский государственный технический университет

Применяемые в системах управления и автоматизации датчики физических величин совместно с линией связи представляют собой многоэлементные двухполюсники. Параметры каждого элемента двухполюсника измеряют, как правило, с помощью мостовых цепей, в частности, четырёхплечих мостов с импульсным питанием. Однако мостовым цепям присущи следующие недостатки:

- 1) сложность аппаратуры, содержащей  $n$  формирователей импульсов, где  $n$  – число измеряемых параметров, и многоэлементный двухполюсник с регулируемыми элементами;
- 2) необходимость коммутации выходов формирователей последовательностей импульсных сигналов в многоэтапном измерительном процессе;
- 3) громоздкие аналитические выражения для условий равновесия и вычисления искомых параметров объекта измерения, вызывающие затруднения для интерпретации результатов измерения и оценки диапазона измеряемых параметров;

4) ограниченный набор вариантов измеряемых объектов.

Задача, решаемая в данной работе, состоит в упрощении аппаратуры измерителя, расширении функциональных возможностей, позволяющих измерять параметры различных вариантов многоэлементных пассивных двухполюсников типа  $R-C$ ,  $R-L$  и  $R-L-C$ , упрощении процедуры определения параметров объектов измерения.

Для измерения параметров пассивного  $n$ -элементного двухполюсника предлагается включить последовательно с ним образцовый резистор и воздействовать на эту цепь напряжением генератора, формирующего импульсные сигналы вида функции  $(n - 1)$ -й степени времени. Напряжение на измеряемом двухполюснике после окончания переходного процесса в измерительной цепи содержит сумму импульсов напряжения, изменяющихся по закону степенной функции от  $(n - 1)$ -й до нулевой степени. В амплитудах каждого из них содержатся данные для вычисления искомых параметров объекта измерения. Измерение амплитуд осуществляется путем уравновешивания напряжения на измеряемом двухполюснике с компенсирующим напряжением, синтезированным из импульсов, имеющих такую же форму, как и в составе напряжения на двухполюснике. Эти импульсы формируются из напряжения генератора с помощью  $(n - 1)$ -каскадного дифференциатора. Уравновешивание выполняют регулированием амплитуд импульсов, начиная со старшей,  $(n - 1)$ -й степени, затем  $(n - 2)$ -й степени и заканчивая импульсом прямоугольной формы.

Способ измерения поясним для случая четырехэлементного двухполюсника ( $n = 4$ ). Генератор вырабатывает импульсы напряжения кубичной формы:

$$u_e(t) = U_m t^3 / t_u^3, \quad (1)$$

где  $U_m$  – амплитуда,  $t_u$  – длительность импульса.

Пусть передаточную функцию цепи с четырехэлементным двухполюсником в общем виде можно представить как

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

где коэффициенты полиномов знаменателя  $a_0, a_1, a_2$  и числителя  $b_0, b_1, b_2$  определяются компонентами схемы замещения двухполюсника. Тогда операторное изображение принужденной составляющей напряжения  $U_{dp}(p)$  на двухполюснике равно

$$U_{dp}(p) = \frac{3! U_m}{t_u^3} \left( \frac{H_0}{p^4} + \frac{H_1}{p^3} + \frac{H_2}{p^2} + \frac{H_3}{p} + \frac{d_0 + d_1 p}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2} \right), \quad (3)$$

где величины  $H_0, H_1, H_2, H_3$  соответственно равны

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

Из (3) следует, что принужденная составляющая напряжения на многоэлементном двухполюснике, которая устанавливается после окончания переходного процесса, состоит из напряжений кубичной, квадратичной, линейной и плоской (прямоугольной) формы:

$$u_{dp}(t) = H_0 U_m \frac{t^3}{t_u^3} + \frac{3H_1 U_m}{t_u^2} \frac{t^2}{t_u^2} + \frac{6H_2 U_m}{t_u^2} \frac{t}{t_u} + \frac{6H_3 U_m}{t_u^3}. \quad (5)$$

Амплитуды этих импульсов равны соответственно  $H_0 U_m$  (кубическая составляющая);  $3H_1 U_m / t_u$  (квадратичная составляющая);  $6H_2 U_m / t_u^2$  (линейная составляющая);  $6H_3 U_m / t_u^3$  (постоянная составляющая). Определив значения амплитуд составляющих импульсов, можно вычислить параметры двухполюсника.

Из (5) видно, что амплитуды напряжения всех составляющих компенсирующего сигнала должны быть так же как и амплитуды импульсов на двухполюснике «привязаны» к амплитуде  $U_m$  импульса генератора. С этой целью импульсы квадратичной, линейной и прямоугольной формы формируются путем трехкратного дифференцирования кубического напряжения (1) с помощью трехкаскадного дифференциатора. В случае применения в составе дифференциатора идеальных дифференцирующих каскадов с одинаковой постоянной времени  $\tau$  напряжения на выходах первого, второго и третьего каскадов имели бы вид соответственно

$$u_1(t) = \frac{3\tau U_m}{t_u} \frac{t^2}{t_u^2}; \quad u_2(t) = \frac{6\tau^2 U_m}{t_u^2} \frac{t}{t_u}; \quad u_3(t) = \frac{6\tau^3 U_m}{t_u^3}. \quad (6)$$

Для упрощения аппаратуры дифференциатор выполнен в виде трех последовательно включенных одинаковых дифференцирующих  $RC$ -цепей. При включении между ними буферных каскадов дифференцирующие цепи не оказывают влияние на передаточные функции каждой из них и передаточные функции по выходам одной, двух и трех  $RC$ -цепей имеют вид соответственно

$$K_{1RC}(p) = \frac{pRC}{1 + pRC}, \quad K_{2RC}(p) = \frac{p^2(RC)^2}{(1 + pRC)^2}, \quad K_{3RC}(p) = \frac{p^3(RC)^3}{(1 + pRC)^3}. \quad (7)$$

В таком случае напряжение на выходе первой  $RC$ -цепи содержит не только квадратичную, но и линейную и постоянную составляющие. На выходе второй  $RC$ -цепи, кроме линейной составляющей, присутствует и постоянное напряжение, на выходе третьей  $RC$ -цепи только постоянное напряжение.

Компенсирующее напряжение формируется как взвешенная сумма напряжений на выходах  $RC$ -цепей. Путем последовательного приближения устанавливаются такие значения коэффициентов  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ , которые обеспечивают уравновешивание напряжения на двухполюснике и компенсирующего напряжения. Условия уравновешивания имеют вид:

$$H_0 = K_0; \quad H_1 = K_1(RC); \quad H_2 = (K_2 - K_1)(RC)^2; \quad H_3 = (K_3 - 2K_2 + K_1)(RC)^3. \quad (8)$$

Уравновешивание напряжения на двухполюснике и компенсирующего напряжения осуществляется путем приведения к нулю разности этих напряжений на выходе вычитающего блока после окончания переходного процесса в схеме двухполюсника. Уравновешивание следует производить, начиная с первого коэффициента и далее по возрастающей, так как выражение первого коэффициента входит в выражение для последующего, значения первых двух входят в формулу для третьего и т. д.

Для уравновешивания напряжений  $u_{dp}$  и  $u_k$  в указанной последовательности используется второй трехкаскадный дифференциатор на  $RC$ -цепях, на который подается сигнал с выхода вычитающего блока. К нулю приводятся установленные напряжения на выходах сначала третьего, затем второго, после этого – первого каскада дифференциатора и, наконец, выходное напряжение вычитающего блока.

Двухполюсник R1-C2-R3-C4

$$\begin{aligned}
 H(p) &= \frac{R_1 + pR_1R_3(C_2 + C_4)}{R_0 + R_1 + p[(R_0 + R_1)R_3(C_2 + C_4) + R_0R_1C_2] + p^2R_0R_1R_3C_2C_4}, \\
 H_0 &= \frac{R_1}{R_0 + R_1}; \quad H_1 = -H_0^2R_0C_2; \quad H_2 = H_0^2R_0C_2(H_0R_0C_2 + R_3C_2); \\
 H_3 &= -H_0^2R_0C_2(H_0R_0C_2 + R_3C_2)^2 - H_0^2R_0C_2R_3C_2R_3C_4.
 \end{aligned} \tag{9}$$

### Литература

1. Кнеллер В.Ю., Определение параметров многоэлементных двухполюсников / В.Ю. Кнеллер, Л.П. Боровских. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 144 с.
2. Тюкавин А.А. Измерение параметров трех- и четырехэлементных двухполюсников мостами переменного тока. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1988. – 112 с.
3. Передельский Г.И. Мостовые цепи с импульсным питанием. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.

А.В. Орлов

## БЛОК ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДИФЕРЕНЦИРОВАНИЯ

Курск, Курский государственный технический университет

Операторы пространственного дифференцирования применяются для локализации перепада яркости изображения. В разработанном блоке пространственное дифференцирование выполняется с помощью свертки изображения с масками оператора Собела, являющимся наиболее эффективным с точки зрения реакции на ступенчатый перепад и инвариантности к его направлению[1].

Модуль градиента в текущей точке рассчитывается как среднее квадратическое значение сверток с горизонтальной и вертикальной масками, направление градиента – как арктангенс отношения вертикальной составляющей к горизонтальной.

При расчетах использована модифицированная схема вычислений, цель которой заключается в минимизации количества вычислительных операций [2].

Для удобства дальнейшего изложения обозначим фрагмент изображения, требующий свертки с масками, как

$$\begin{bmatrix} A & B & C \\ D & E & F \\ G & H & I \end{bmatrix}$$

Модифицированная схема вычислений основана на выявлении повторяющихся операций (в данном случае диагональных разностей) при вычислении горизонтальной и вертикальной сверток

$$\begin{aligned}
 S_1 &= A - I, S_2 = C - G, \\
 d_x &= 2(D - F) + S_1 - S_2, \quad d_y = 2(B - H) + S_1 + S_2, \\
 v &= \operatorname{arctg} \left( \frac{d_y}{d_x} \right), g = \left[ N_g \sqrt{d_x^2 + d_y^2} \right], N_g = \frac{256}{1140},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $N_g$  – нормирующий коэффициент, значение которого определено с помощью случайного перебора комбинаций значений яркости восьмисвязной окрестности текущей точки ( $A \div I$ ).

Выражение (1) требует на 2 операции сложения и на 2 операции умножения меньше по сравнению с классической схемой.

Операции, производимые при вычислении горизонтальной и вертикальной сверток, сводятся к операциям сложения, выполняемым с помощью сумматоров и логических элементов, что позволяет повысить быстродействие при реализации блока пространственного дифференцирования на ПЛИС.

### Литература

1. Мирошниченко С.Ю. Экспериментальное сравнение операторов пространственного дифференцирования [Текст] / Мирошниченко С.Ю, Дегтярев С.В. // VIII международная науч.-техн. конф. "Медико-экологические информационные технологии 2005". Курск: КурскГТУ, 2005. С 125-127.
2. Ватутин Э.И. Программная оптимизация оператора Собела с использованием SIMD-расширений процессоров семейства x86 / Ватутин Э.И., Мирошниченко С.Ю., Титов В.С // Телекоммуникации. 2006. №6.

Г.Ю. Акульшин, Н.Г. Баскатова

## УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Курск, Курский государственный технический университет

Долгое время диагностирование глазодвигательного аппарата производилось вручную с помощью различных вспомогательных механических средств. Однако, несмотря на простую реализацию, такой подход не обеспечивал должной точности выявления признаков заболеваний и характеризовался длительностью процесса диагностики. Применение инструментальных средств диагностики позволило увеличить эффективность и качество выявления признаков заболеваний.

Современный уровень развития техники позволяет разрабатывать различные инструментальные средства для диагностики здоровья человека, что помогает точнее выявлять признаки заболеваний на ранней стадии и своевременно оказывать квалифицированную помощь человеку. Одной из областей применения подобных инструментальных средств является диагностика косоглазия.

Предлагается устройство диагностики глазодвигательного аппарата, которое включает в себя: дисплей, модуль памяти (ОЗУ), модуль питания, модуль сброса и синхронизации (ССС), микропроцессор (CPU) и интерфейс последовательного обмена (RS 232C).

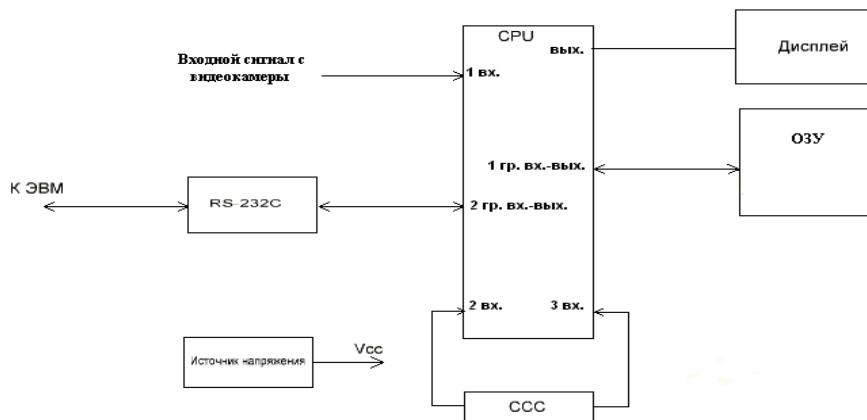


Рис. 1.

На первый вход устройства поступает изображение с видеокамеры. В микропроцессоре происходит определение пространственных координат центров зрачков глаз, затем проводятся расчеты для определения косоглазия, которые показывают степень дефекта зрения или отсутствие такового. На основании полученных результатов делается вывод о состоянии глазодвигательного аппарата человека. Через первую группу входов-выходов данные результатов исследований передаются из микропроцессора в ОЗУ и обратно. На второй и третий входы устройства поступают сигналы из модуляброса и синхронизации, который служит для организации функционирования устройства. На выход устройства поступают данные для отображения на дисплее. Через вторую группу входов-выходов осуществляется обмен данными с ЭВМ с помощью интерфейса последовательного обмена RS 232C.

Устройство отличается простотой практического применения, для работы с ним не требуется квалификация врача-офтальмолога, что позволяет упростить задачу диагностики офтальмологических заболеваний.

О.О. Тулякова

## **ГОЛОСОВОЙ ИНТЕРФЕЙС ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АРМ МЕТОДИСТА ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ**

Тула, Тульский институт управления и бизнеса

*Разработано программное обеспечение для исследования возможности реализации голосового интерфейса оператора информационной системы АРМ методиста высшего учебного заведения, позволяющее классифицировать команды оператора, введенные с микрофона, по формированию выходных документов в интегрированной среде Delphi 7.0.*

Информационная система (ИС) хранит информацию о студентах, о группах, рабочих планах, индивидуальных планах, специальностях института, квитанциях об оплате за обучения. ИС должна предоставлять данные по отдельным запросам:

- о должниках по оплате;
- о должниках по выполнению рабочего плана обучения.

Кроме того, ИС периодически обеспечивает выдачу следующих документов:

- списки групп;
- рабочие планы специальностей;
- ведомости для экзаменов и зачетов;
- ведомости для практикумов, кр, ККР;
- выписки из зачетных книжек (приложения к диплому) для лиц полностью выполнивших учебный план.

В докладе рассмотрено программное обеспечение для исследования возможности реализации голосового интерфейса оператора информационной системы АРМ методиста высшего учебного заведения, позволяющее классифицировать команды оператора, введенные с микрофона, по формированию выходных документов в интегрированной среде Delphi 7.0 [1].

Представлены примеры обработки звукового сигнала с микрофона на основе двух подходов:

1) использование WinAPI. Функция WaveInOpen открывает доступ к микрофону. Одновременно только одна программа может работать с микрофоном. При этом Вы должны указать, какая нужна частота, сколько бит на значение и размер буфера. От последнего зависит, как часто и в каком объеме информация будет поступать в

программу. Далее нужно выделить память для буфера и вызвать функцию WaveInAddBuffer, которая передаст Windows пустой буфер. После вызова функции WaveInStart Windows начнет заполнять буфер, и, после его заполнения, пошлет сообщение MM\_WIM\_DATA. В нем нужно обработать полученную информацию и вновь вызвать WaveInAddBuffer, тем самым указав, что буфер пуст. Функции WaveInReset и WaveInClose прекратят поступление информации в программу и закроют доступ к микрофону;

2) использование визуального компонента типа TMediaPlayer. Рассмотрена возможность сохранения звукового сообщения с микрофона для дальнейшего анализа в файле формата WAV.

Показано, что для конкретного оператора возможно достичь удовлетворительного качества классификации конечного множества звуковых команд.

#### Литература

1. Хомоненко А.Д. и др. Delphi 7 / Под общ. ред. А.Д. Хомоненко. - СПб.:БХВ:Петербург, 2004. - 1216 с.

И.М. Гостев, В.Е. Иванникова

## **ПОИСК НУЛЕЙ $k-jet$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕДУРЫ АННЕЛИНГА**

Москва, Московский институт электроники и математики

Проблема идентификации формы графических объектов имеет множество подходов и решений. Одним, из которых является многократно докладывавшийся и опубликованный метод обработки изображений и распознавания образов на основе методов геометрической корреляции. Решение задачи классификации этим методом сводится к применению специально разработанных метрик к контурным функциям, полученным на основе сигнатурного анализа [1,2]. Несмотря на то, что эти метрики хорошо зарекомендовали себя при распознавании формы графических объектов, тем не менее, они имеют существенный недостаток, который проявляется при распознавании объектов на реальных аэрофотоснимках. Суть его заключается в том, что довольно часто невозможно разделить несколько объектов на снимке, так как они имеют единую слитную контурную линию, образующую их границы.

Для разрешения этих проблем можно рекомендовать применение методов Хафа (Hough Transform), основанных на идентификации прямых и кривых, с заранее известными характеристиками (например, параллельность прямых, их пространственная ориентация, кривых второго порядка - окружностей и эллипсов и т.д.) [3]. Однако такая процедура весьма трудоемка, требует некоторого априорного знания о распознаваемых объектах и не позволяет проводить распознавание объектов подвергшихся аффинным преобразованиям.

Другой подход к идентификации незамкнутых кривых был основан на применении системы признаков, основанной на нулях  $k-jet$  [4,5]. Описание его было неоднократно опубликовано и, например, докладывалось на предыдущей конференции «Интеллект 2009» [6]. Однако практическое нахождение нулей  $k-jet$  довольно сложная вычислительная задача, сводящаяся к нахождению производных высоких порядков. Несмотря на теоретические выкладки, подтверждающие правильность

получаемого решения, авторам было интересно получить решение этой задачи численными методами.

Для решения поставленной задачи была выдвинута гипотеза о том, нули  $k-jet$  нулевого порядка (экстремумы идентифицируемой функции) должны располагаться в некоторых точках, которые будут являться опорными узлами при ее кусочно-линейной аппроксимации. Так как в общем виде эта задача ставится как задача нелинейного программирования с нелинейными ограничениями, то решение было принято искать с применением процедуры аннелинга (алгоритм имитации отжига).

В качестве метрики при сравнении эталонной и тестируемой функций были использованы различные приемы сравнения функций: геометрической корреляции, среднеквадратичный и среднестепенной критерий, чебышевская метрика, метрика канберра, корреляционная метрика, махalanобиса, хаусдорфова и некоторые другие.

Итоги исследования свидетельствуют о том, что решение, получаемое в результате численного эксперимента, то есть найденное в результате минимизации функционала, образованного взвешенной по некоторой метрике разностью эталонной и идентифицируемой функциями — близко к идеальному, полученному аналитическим путем. Имеются погрешности решения, обусловленные применением различных метрик, и методами снижения «температуры» в методе аннелинга.

Доклад содержит математическое описание, алгоритм и графики полученных решений.

#### Литература

1. Gostev I. M. Recognition of Graphic Patterns: Part 1 // Izv. Ross. Akad. Nauk, Teor. Sist. Upr., No. 1 (2004) [Comp. Syst. Sci. 43 (1), 129 (2004)].
2. Гостев И. М. Об идентификации графических объектов по контурным фрагментам// Изв. РАН ТиСУ 2005 № 1.- с.144-151.
3. Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Digital Image Processing, Prentice Hall, 1993.
4. Гостев И.М., Севастьянов Л.А. Об идентификации гладких пространственных кривых. // Сообщение ОИЯИ № Р11-2007-102. Дубна 2007
5. Gostev I.M., Sevastianov L. A. // About The Identification of Flat Unclosed Curves. Physics of Particles and Nuclei, Letters 2008, V.5, №3 p.502-508.
6. Гостев И.М., Об идентификации незамкнутых кривых. // Тезисы Всероссийской. НТ конф. «Интеллектуальные и информационные системы» Тула ноябрь 2007. стр. 90.

Авторское редактирование

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97. Подписано в печать 19.10.09.

Формат бумаги 60x84 ½. Бумага офсетная

Усл.-печ. л. \_\_\_\_\_. Уч.-изд. л. \_\_\_\_\_.

Тираж 75 экз. Заказ \_\_\_\_\_

Тульский государственный университет  
300600, г. Тула, пр. Ленина, 92

Отпечатано в издательстве ТулГУ  
300600, г. Тула, ул. Болдина, 151