

На правах рукописи



МУРТАЗИНА АЛЬФИЯ РУСТЯМОВНА

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ
ВЕРХА ОБУВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ**

Специальность 05.19.05

**«Технология кожи, меха, обувных и кожевенно-галантерейных
изделий»**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва – 2016

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет дизайна и технологии» на кафедре «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
«Информационные технологии»
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет дизайна и технологии»
Разин Игорь Борисович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор кафедры
«Конструирование одежды и обуви» ФГБОУ ВО
«Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань
Тихонова Наталья Васильевна

кандидат технических наук, доцент,
главный модельер ООО «Аквелла», г. Москва
Бердникова Ирина Петровна

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» г. Санкт-Петербург**

Защита состоится «21» декабря 2016 г. в 15.00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.144.01 на базе Московского государственного университета дизайна и технологии по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета дизайна и технологии и на официальном сайте вуза www.mgudt.ru.

Автореферат разослан « » _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д212.144.01



Гуторова Н.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Обувная промышленность ежегодно поставляет товары миллионам людей по всему миру, и удовлетворение потребностей каждого покупателя является важнейшей целью отрасли. Предприятия этой сферы производят разнообразные конструкции повседневной обуви для мужчин, женщин, детей, а также ортопедической, зимней, демисезонной, специальной, спортивной, производственной и др. Изготовители стремятся удовлетворить большинство потребителей комфортной, высококачественной обувью. В последние годы эта тенденция нарастает в связи с расширением международной торговли, усилением конкуренции, изменением потребительского спроса. Увеличение численности населения и развивающаяся розничная Интернет-торговля также обусловили повышение спроса на мировом рынке в целом и рынке обуви, в частности. В то же время, усугубление экологических проблем, рост цен на сырье, экономический кризис, избирательность потребителей выступают в качестве ограничений на рынке обуви. В этих условиях производителям необходимо представить изделия в широком ассортименте. Основные стратегии дифференциации, позволяющие достичь конкурентного преимущества, включают в себя дизайн продукта, качество, имидж фирмы, цену, маркетинг и продвижение, поддержку и обслуживание клиентов, способность удовлетворять обязательства доставки для розничной торговли. Процесс разработки новых коллекций и доставка их клиенту требует определенных временных затрат, сокращение продолжительности которых позволяет быстро реагировать на тенденции спроса и создавать конкурентоспособную обувь. Время на создание готового изделия и его реализацию можно минимизировать путем:

- размещения производства в России или создания закупочных союзов;
- организации продаж через Интернет;
- интеграции новых технологий в производственный процесс.

Сокращение сроков поставки за счет размещения производства в России снизит себестоимость и обеспечит быстрый доступ к материалам и компонентам. При создании закупочных союзов стоимость на необходимые ресурсы может быть снижена на 20%. Реализация продажи через Интернет также позволяет сократить время на поставку, развивать маркетинговую кампанию и распространение товара на рынке, продвигать бренд. Кроме того, возрастающая роль электронной коммерции мотивирует потребителей все больше использовать Интернет при покупке товара. Основными причинами, по которым покупатели совершают заказ в сети, являются экономия времени,

качество обслуживания, большой выбор и возможность отследить процесс доставки.

Согласно стратегии развития информационного общества в Российской Федерации (утверждена Президентом Российской Федерации 7 февраля 2008 года № Пр-212) необходимо повысить качество жизни граждан, обеспечить конкурентоспособность России, развить экономическую, социально-политическую, культурную и духовную сферы жизни общества, совершенствовать систему государственного управления на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий. К числу основных задач, способствующих достижению поставленной цели, относятся:

- формирование современной информационной и телекоммуникационной инфраструктуры, предоставление на ее основе качественных услуг и обеспечение высокого уровня доступности для населения информации и технологий;
- развитие экономики Российской Федерации на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий;
- развитие науки, технологий и техники, подготовка квалифицированных кадров в сфере информационных и телекоммуникационных технологий.

В соответствии со Стратегией развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года необходимо совершенствовать организацию производства путем внедрения новых технологий и инноваций. Несмотря на высокую организационно-техническую обеспеченность в производстве обуви сохраняются возможности его совершенствования. Так, на стадии разработки проектной и конструкторской документации новой модели обуви имеется ряд «узких мест», формализация которых с применением средств компьютерной графики, позволила бы существенно снизить субъективность решений проектировщика-конструктора или освободить его от выполнения однотипных от проекта к проекту процедур. Это положительно отразилось бы не только на эффективности его деятельности, но и производства в целом. Использование систем автоматизированного проектирования призвано сократить время на разработку новой продукции, упростить процессы конструирования, моделирования и графирования. Однако, на практике в известных САПР алгоритмы предварительной обработки изображения не учитывают специфику чертежей деталей обуви. Несмотря на множество решений задачи векторизации (включая коммерческие разработки в области программного обеспечения) до сих пор не существует алгоритма, обладающего достаточной автоматизированностью, универсальностью и эффектив-

ностью. Различные пакеты прикладных программ автоматизации обувного производства решают проблему векторизации посредством ввода специального набора параметров, в которых используются обобщенные методы распознавания изображений и чертежей. К тому же сложность подбора оптимальных параметров векторизации замедляет сам процесс, а ввод значений, осуществляемый инженером-оператором, лишает систему автоматизма. Следовательно, разработка системы проектирования конструкций верха обуви с использованием средств технического зрения является актуальной.

Объект исследования — процессы проектирования конструкций верха обуви, системы автоматизированного проектирования кожевенно-галантерейных изделий.

Предмет исследования — чертежи конструкций верха обуви и процессы их ввода в САПР.

Целью работы является повышение качества и конкурентоспособности обуви на основе совершенствования процессов ее проектирования с использованием средств технического зрения в конфигурации отечественных САПР.

В соответствии с поставленной целью в диссертации:

- ✓ Проведен анализ конфигурации современных САПР, составлена сравнительная таблица;
- ✓ Исследованы средства ввода и распознавания графической информации, выбраны наиболее эффективные;
- ✓ Исследованы алгоритмы предварительной обработки изображений для их адаптации применительно к задачам проектирования конструкций верха обуви;
- ✓ Установлен размер порога бинаризации чертежей конструкций верха обуви;
- ✓ Получен набор апертур для обнаружения реперных точек чертежей конструкций верха обуви;
- ✓ Разработан и апробирован топологический алгоритм векторизации скелета сканированных изображений грунд-модели обуви;
- ✓ Разработан метод поиска замкнутых контуров деталей обуви;
- ✓ Разработана методика проектирования конструкций верха обуви с использованием математического аппарата графического редактора;
- ✓ Разработан и апробирован рациональный формат математического описания сплайна для сглаживания контуров шаблонов обуви;
- ✓ Разработан и апробирован способ интеграции информации о шаблонах деталей обуви;

- ✓ Предложена рабочая гипотеза использования в обувном производстве открытых программ 3D-проектирования;
- ✓ Рассчитана экономическая эффективность применения средств технического зрения в производстве обуви.

Исследования проводились на кафедрах «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи» и «Информационные технологии» Московского государственного университета дизайна и технологии в рамках тематического плана НИР МГУДТ (2014-2018 г.) по направлению №2 «Проблемно-ориентированные исследования в области перспективных технологий и дизайна» тема 2.3 «Совершенствование методов компьютерного дизайна и проектирования изделий легкой промышленности» и направлению №4 «Конкурентоспособный ассортимент индустрии детских изделий с использованием информационно-телекоммуникационных технологий» тема 4.3 «Создание конкурентоспособного ассортимента детской обуви различного назначения с использованием информационно-телекоммуникационных технологий».

Методы исследования и технические средства решения задач.

Исследования базировались на комплексном системном подходе с использованием возможностей современных информационных технологий и средств технического зрения. В ходе выполнения работы использованы теоретические положения конструирования обуви и разработки информационных систем, теория распознавания образов, методы сжатия данных с помощью нейронных сетей, алгоритмы программирования и автоматизированных систем.

Информационно-теоретической базой диссертации послужили труды отечественных и зарубежных ученых в исследуемой и смежных областях, энциклопедическая и справочная литература, конструкторско-технологическая документация.

Научную новизну исследования составляет концепция системы автоматизированного проектирования контуров шаблонов деталей и чертежей конструкций верха обуви с использованием средств технического зрения, включающая:

- методику преобразования растрового представления контуров шаблонов деталей и чертежей конструкций верха в векторное;
- методику выделения взаимосвязанных контуров деталей обуви;
- математическую модель и алгоритмы представления замкнутых контуров шаблонов деталей обуви;

- рекуррентный компьютер для оперативного регулирования числа точек в контуре;
- рабочую гипотезу использования открытых программ 3D-проектирования.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке математической модели и алгоритмов векторизации чертежей конструкций верха обуви и контуров шаблонов.

Практическая значимость состоит в расширении возможностей известных САПР, что позволяет сократить время ввода информации и процесс проектирования обуви.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) Предложенная структурно-логическая схема модуля «Оцифровка»;
- 2) Разработанный топологический алгоритм векторизации, позволяющий преобразовывать растровое представление контуров шаблонов деталей и чертежей конструкций верха в векторное;
- 3) Предложенная концепция модуля «Проектирование» и математическое описание необходимых функций для работы с контурами;
- 4) Разработанный алгоритм поиска замкнутых контуров деталей, позволяющий сократить время на проектирование обуви;
- 5) Разработанная математическая модель кубического сплайна для описания деталей верха обуви;
- 6) Рекуррентный компьютер для оперативного регулирования числа точек в контурах чертежей конструкций верха обуви;
- 7) Рабочая гипотеза использования открытых пакетов проектирования в 3D-пространстве.

Апробация и реализация результатов работы. Результаты диссертации докладывались на заседаниях кафедр художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи и информационных технологий Московского государственного университета дизайна и технологии, Международной заочной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития современной науки и образования», Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2013 и 2014), Международной научно-практической конференции «Роль науки в развитии общества», 62 научной конференции студентов и аспирантов «Молодые ученые – XXI веку», посвященной 80-летию университета (г. Москва, МГУДТ 12-14 апреля 2010).

Результаты используются в учебном процессе на кафедрах информационных технологий МГУДТ в виде лабораторного практикума «Обработка изображений», «Компьютерная графика» и художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи в форме учебного пособия «Электронные средства обучения для лиц с ограниченными возможностями по здоровью: практические примеры интерфейсов».

Проведена апробация разработанного модуля «Оцифровка» на ЗАО МОФ «Парижская Коммуна», которая подтверждена соответствующим актом.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 11 печатных работах, 5 из которых – в реферируемых изданиях ВАК.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на 179 страницах машинописного текста, содержит 108 рисунков, 13 таблиц. Список литературы включает 135 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 25 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, обозначены цели и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе приведен анализ распространенных в России систем автоматизированного проектирования в обувной промышленности. На основе информации, размещенной на сайтах производителей, составлена таблица САПР обуви, отсортированных по типу проектирования и вводу информации (табл. 1). Из анализа полученной таблицы выявлено:

- зарубежные САПР поддерживают ввод информации с помощью 3D сканеров;
- отечественные САПР ориентированы на работу в 2D-пространстве;
- ввод информации в отечественных САПР осуществляется преимущественно с помощью дигитайзеров;
- известные САПР обуви не поддерживают автоматический ввод чертежей.

В соответствии с приказом Минкомсвязи России №96 «Об утверждении плана импортозамещения программного обеспечения» доля импортного программного обеспечения для промышленности (PLM, CAD, CAM, CAE) к 2020 должна составлять 60%, а к 2025 – 50%. Поэтому исследования, проведен-

ные в настоящей работе ориентированы на отечественные САПР, в частности, ShoesModel, (МГУДТ) и АСКО 2Д (РосЗИТЛП).

Таблица 1. Сравнение САПР обуви по типу проектирования и вводу информации

№	САПР	Страна производитель	Тип проектирования	Устройство ввода	Форма исходной информации
1	АСКО-2Д	РФ	2D	Дигитайзер (Р*)	Чертеж
2	ShoesModel	РФ	2D	Дигитайзер (Р)	Чертеж
3	Ассоль	РФ	2D	Дигитайзер (Р), сканер (ПА), цифровой фотоаппарат (ПА)	Чертеж (Р), лекала (ПА)
4	Naxos	Италия	2D,3D	3D- дигитайзер (Р), дигитайзер (Р)	Колодка
5	ClassiCAD	Чехия	2D	Дигитайзер (Р)	Чертеж
6	Crispin	Великобритания	3D	3D сканер (А)	Колодка
7	Shoemaster	Великобритания	3D	3D сканер (Р,А)	Колодка
8	Rhinoceros	США	3D	3D сканер (А)	Колодка

*Режим ввода информации: Р – ручной, А – автоматический, ПА – полуматематический.

В диссертации приведен анализ устройств ввода, с помощью которых можно считать информацию о чертежах конструкций верха обуви: дигитайзер, цифровая фотокамера, веб-камера и сканеры. На основе проведенных исследований подобраны наиболее подходящие устройства ввода и предложена структурно-логическая схема модуля «Оцифровка» (рис. 1), отвечающая следующим требованиям:

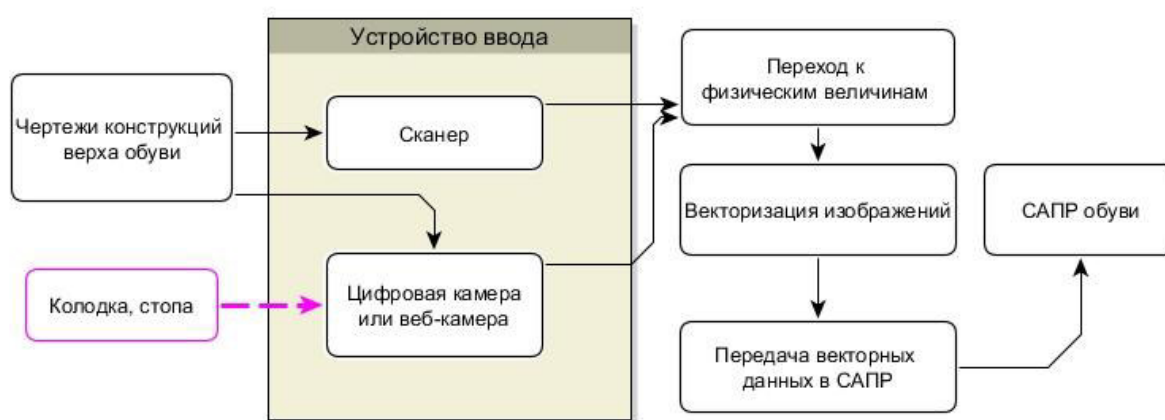


Рисунок 1. Структурно-логическая схема модуля «Оцифровка» в САПР обуви

- поддержки недорогих и распространенных устройств ввода;
- приведения оцифрованного изображения к линейным размерам;
- преобразования растрового представления контуров шаблонов деталей и чертежей конструкций верха в векторное.

Во **второй главе** рассмотрены причины возникновения разных дефектов цифровых изображений, в том числе и геометрические искажения. Выявлена необходимость разработки приложения, обеспечивающего калибровку устройства ввода. Вычислено количество мегапикселей матрицы цифрового фотоаппарата, наиболее пригодное для чертежей деталей обуви (формат А3), а также коэффициенты дисторсии, которые исправляют геометрические искажения изображения. Анализ сканера в качестве устройства ввода выявил, что исходную информацию о чертеже нужно записывать в bmp файл. Сформирована структура считывания его полей посредством функций API (Application Programming Interface), в которую записываются данные о горизонтальном и вертикальном разрешениях. Предложена методика перехода от растровых значений к физическим величинам.

Выявлено, что преобразование растрового представления чертежа в векторное требует предварительной обработки отсканированных изображений: улучшить контраст, резкость и преобразовать в бинарное. Проведен анализ методов бинаризации, который выявил, что наиболее приемлемым является алгоритм Отцу. По результатам экспериментов на чертежах конструкций верха обуви получены пороговые значения бинаризации для изображения в оттенках серого и по методу эквализации гистограммы. Выяснилось, что приведение к равномерной гистограмме негативно сказывается на качестве чертежа, т.к. появляются помехи и лишние детали (рис. 2). На основе полученных данных установлена эффективность изображений по методу Отцу в оттенках серого.

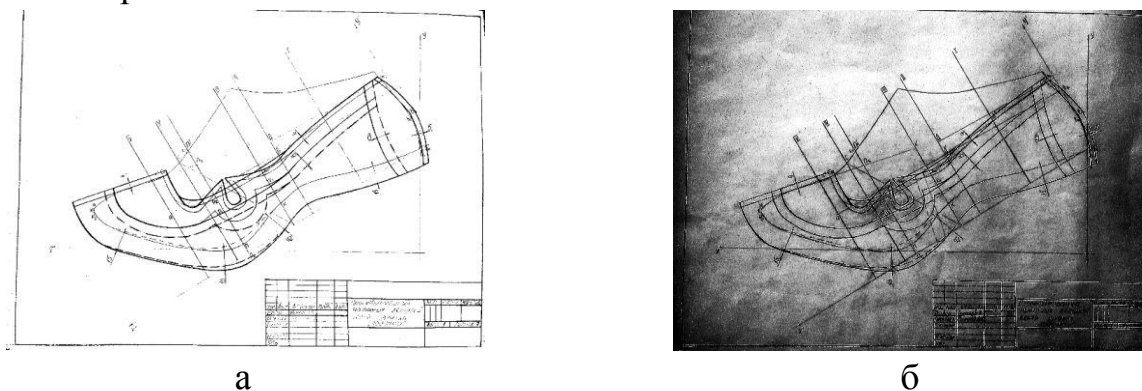


Рисунок 2. Бинаризация изображения: а – в оттенках серого; б – эквализацией

Следующий этап обработки изображения связан с обнаружением характерных точек, с помощью которых можно соединить две (или несколько)

части в единый файл (рис. 3). В процессе распознавания на чертеже необходимо выделить наиболее информативные, максимально уникальные, небольшого размера, инвариантные к геометрическим преобразованиям и изменению яркости участки.

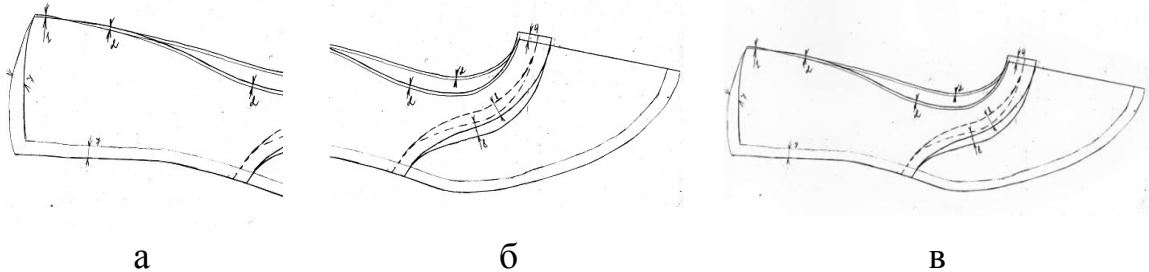


Рисунок 3. «Склеивание» изображений по характерным точкам:
а, б – исходные данные, в – результат объединения

В главе приведен анализ известных алгоритмов обнаружения характерных точек: алгоритм Ханса Моравека, Криса Харрисона и Майкла Стивенса, SIFT (многомасштабное представление изображений), SURF (Speeded-Up Robust Features). Экспериментально выявлено, что для решения поставленной задачи, наилучшим является алгоритм SURF.

Заключительный этап обработки графической информации требует от компьютера выполнения интеллектуальных задач выделения контура объекта от фона, получения скелета фигуры. В настоящее время разработано несколько алгоритмов векторизации изображений: черепахи, следящий, скелетизация; алгоритм водораздела; детектор границ Кенни; волновой алгоритм.

Эксперименты на чертежах конструкций верха обуви показали, что наиболее предпочтительным является детектор границ Кенни. Однако этот метод не учитывает толщину линии, поэтому для корректного распознавания чертежей конструкций верха обуви проведена его доработка. По результатам исследований разработан топологический алгоритм, структурно-логическая схема которого представлена на рисунке 4. Суть его заключается в проходе по изображению квадратом 8×8 (размеры варьируются в зависимости от разрешения изображения и найденных шаблонов), при этом в захваченной области определяют количество «дырок» (зона, ограниченная линией) и дальнейшее направление движения. Анализ различных чертежей позволил экспериментально получить набор апертур с разным количеством «дыр». Наиболее характерный для чертежей конструкций верха обуви набор приведен в таблице 2.

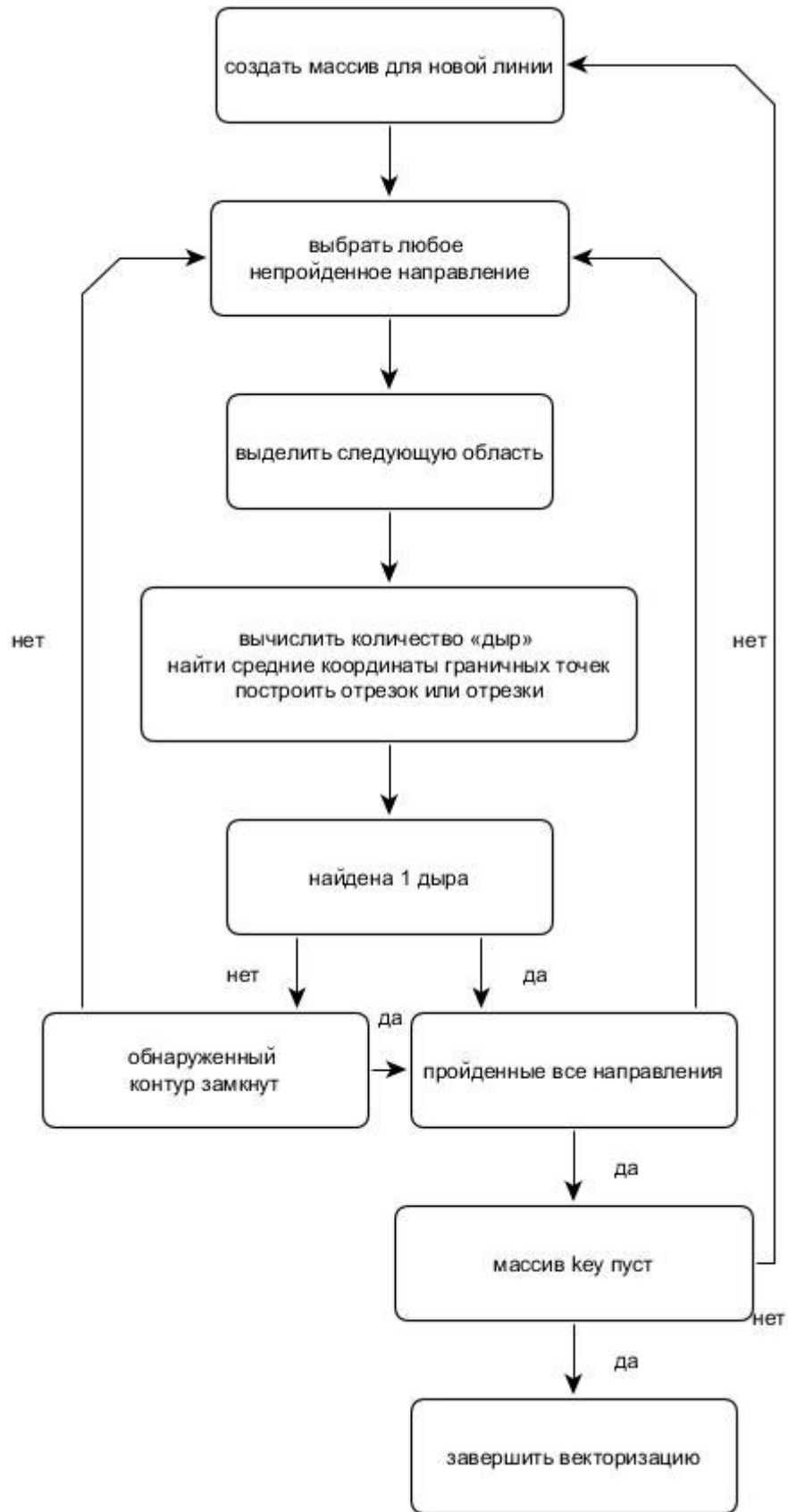

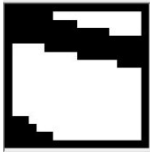
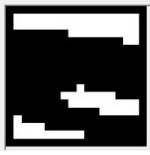





Рисунок 4. Структурно-логическая схема топологического алгоритма

Таблица 2. Характерный набор апертур для чертежей конструкций верха обуви

		
2 «дыры», 2 точки	2 «дыры», 3 точки	3 «дыры», 3 точки
а	б	в
		
3 «дыры», 4 точки	4 «дыры», 4 точки	1 «дыра», 1 точка
г	д	е

Наиболее часто встречающаяся апертура 2 «дыры» 2 точки составляет примерно 80% всего чертежа. В этом случае построение отрезка происходит путем соединения 2 точек и не требует дополнительного анализа, что значительно ускоряет процесс векторизации. Линии припусков описаны апертурами «б», «в», «г» и составляют 10%; случай «е» является наименее распространенным и, как правило, относится к размерным линиям.

Поскольку модуль «Оцифровка» предполагает интеграцию полученной информации в файл, поддерживаемый САПР, то появилась задача выбора подходящего формата. Анализ показал, что формат SVG (Scalable Vector Graphics), хотя менее популярен, но в исследуемой работе представляет интерес в силу следующих достоинств: имеет открытую спецификацию, возможность редактирования; поддерживается мобильными устройствами и браузерами; не требует установки дополнительного программного обеспечения на компьютер.

Выявлена необходимость разработки математического сплайна для шаблонов деталей верха обуви, сохраняющего вторые производные и позволяющего быстро описывать замкнутые контуры.

В третьей главе рассмотрена концепция блока «Проектирование», которая базируется на математическом описании таких основных операций как «симметрия», «перенос», «поворот», «создание производных линий и кривых», «построение припусков», для которых предложено математическое описание.

Разработан простой метод выделения замкнутого контура, основанный на теории графов. Показано, что через точки можно провести единственный

замкнутый контур, если каждая из них является опорной для двух, но не более и не менее контуров детали. На рисунке 5 показан процесс выделения контуров: зеленым обозначены точки, которые указывает конструктор с использованием предложенного метода (7 точек), а оранжевым – при обычной работе (24 точки). Снижение в разы количества операций, выполняемых оператором, очевидно.

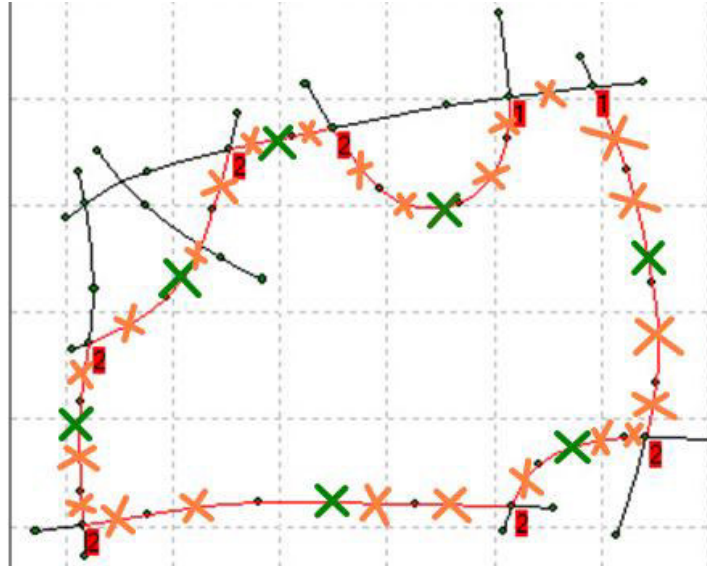


Рисунок 5. Процесс выделения замкнутых контуров на чертеже

Проанализированы основные типы соединительных элементов и для каждого случая предложен алгоритм формирования соединения, выбираемого конструктором в списке возможных вариантов: отрезок, закругление, дуга.

Предложено описание шаблонов деталей обуви кубическим сплайном, полученным на основе теории кратномасштабного анализа, гладкой интерполирующей схемы и осредняющего оператора:

$$p(t) = \frac{1}{3} [p_{i-1}(-2t + 4t^2 - 2t^3) + p_i(3 - 7t^2 + 4t^3) + p_{i+1}(2t + 5t^2 - 4t^3) + p_{i+2}(-2t^2 + 2t^3)]$$

Исследован случай аппроксимации сплайном при сохранении направления производных в точках половинного деления. Дана оценка погрешности описания, показано, что при $\omega = \frac{1}{12}$ кривая проходит через интерполяционные точки шаблонов деталей.

На основе теории рекуррентных нейронных сетей и выведенного сплайна предложен рекуррентный компьютер (рис. 6): на вход поступают только данные, с которыми непосредственно проводятся математические вычисления (координаты 4 точек), выходная информация записывается в начало обрабатываемого массива. Предложенную сеть можно использовать как для уточнения контура, так и для сжатия данных.

Эксперименты на деталях обуви показали, что полученное описание сплайна сохраняет вторые производные, а рекуррентный компьютер позволяет оперативно регулировать число точек (рис. 7). Таким образом, появляется возможность разработки алгоритма для быстрого построения раскладки.

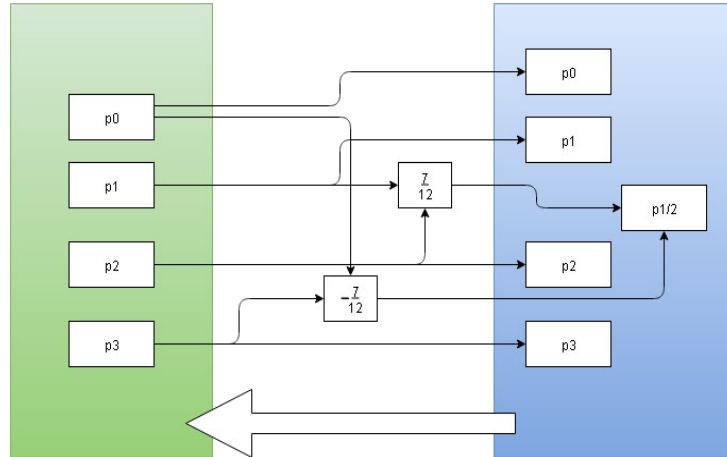


Рисунок 6. Рекуррентный компьютер на базе разработанного сплайна

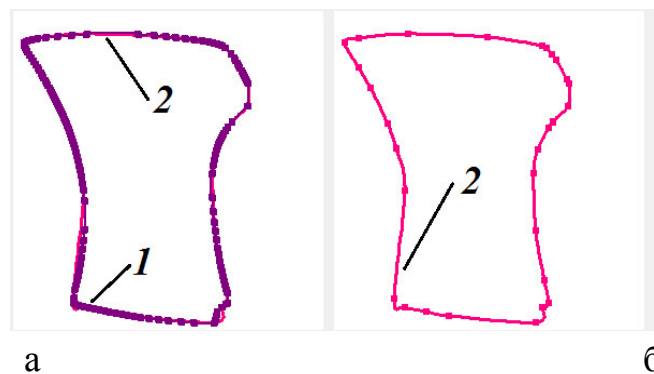


Рисунок 7. Сжатие информации о детали обуви (берец, векторизованный по ТА): 1 – исходная линия, 2 – линия сжатия, а – исходная кривая, б – кривая после применения алгоритма сжатия

В четвертой главе представлены результаты апробации модуля «Оцифровка» на разных чертежах конструкций верха обуви. Выявлены особенности известных пакетов векторизации чертежей конструкций верха обуви. Установлено, что результаты обработки чертежей в AdobeIllustrator и Inkscape не пригодны для последующей работы в САПР обуви. При автоматическом распознавании EasyTrace не способна поддерживать узлы степени 3 и выше. Показано, что на участках со сложной топологией даже коммерческие программы не могут корректно векторизовать область.

Выявлено, что модуль «Оцифровка» позволяет векторизовать любой чертеж конструкций верха обуви: туфли «лодочка», сапоги, полуботинки (рис.8). Предложенный топологический алгоритм нечувствителен к мелкому шуму, находит ключевые точки, учитывает толщину линии, обнаруживает развилки. Его внедрение в процесс проектирования обуви позволяет автома-

тизировать этап ввода информации о чертежах конструкций верха обуви и сократить время на проектирование. Кроме того, топологический алгоритм можно использовать при разработке электронных учебных материалов для лиц с ограниченными возможностями, т.к. рисунок может быть увеличен без потери качества, что позволит слабовидящим лучше рассмотреть чертеж. Полученное векторное представление grund-моделей удовлетворяет заданной точности и свидетельствует, что предложенную концепцию модуля «Оцифровка» можно использовать в САПР.

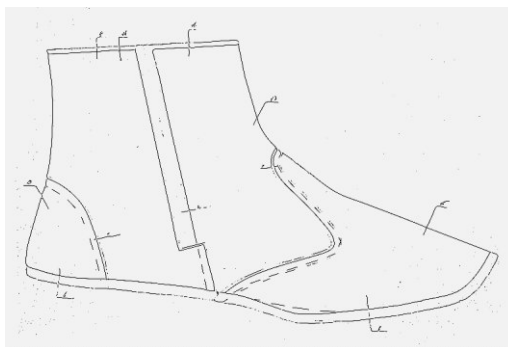
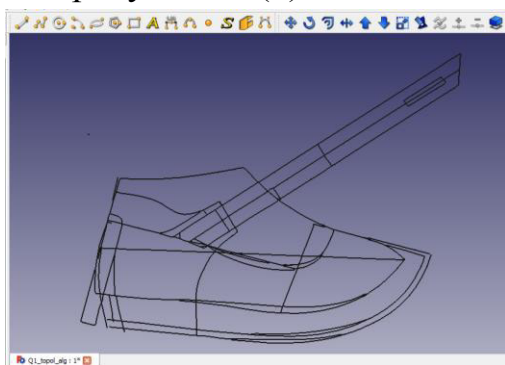


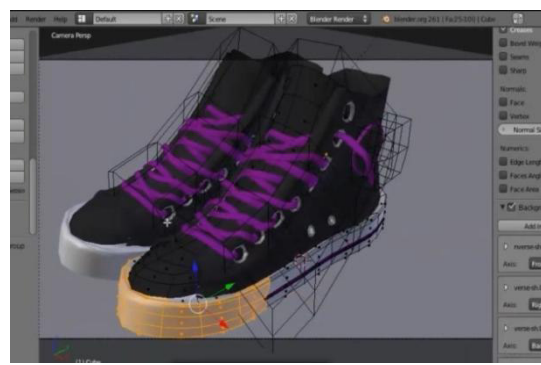
Рисунок 8. Экспериментальная апробация модуля «Оцифровка» на чертеже полуботинка

Модернизация таких открытых САПР для проектирования обуви в 2D как LibreCAD, Qcad, FreeCad (рис. 9, а) позволит расширить их функциональные возможности за счет применения дополнительных библиотек, написанных на языках программирования с++ или питоне. Структурно-логическая схема проектирования в 2D с использованием средств технического зрения приведена на рисунке 10 (а).

Показано, что бесплатные пакеты 123D Catch, Regard, MeshLab, Blender (рис. 9, б) и SDK Kinect, не требующие дорогого оборудования, можно использовать для работы с 3D моделью объекта. Структурно-логическая схема проектирования в 3D с использованием средств технического зрения приведена на рисунке 10 (б).

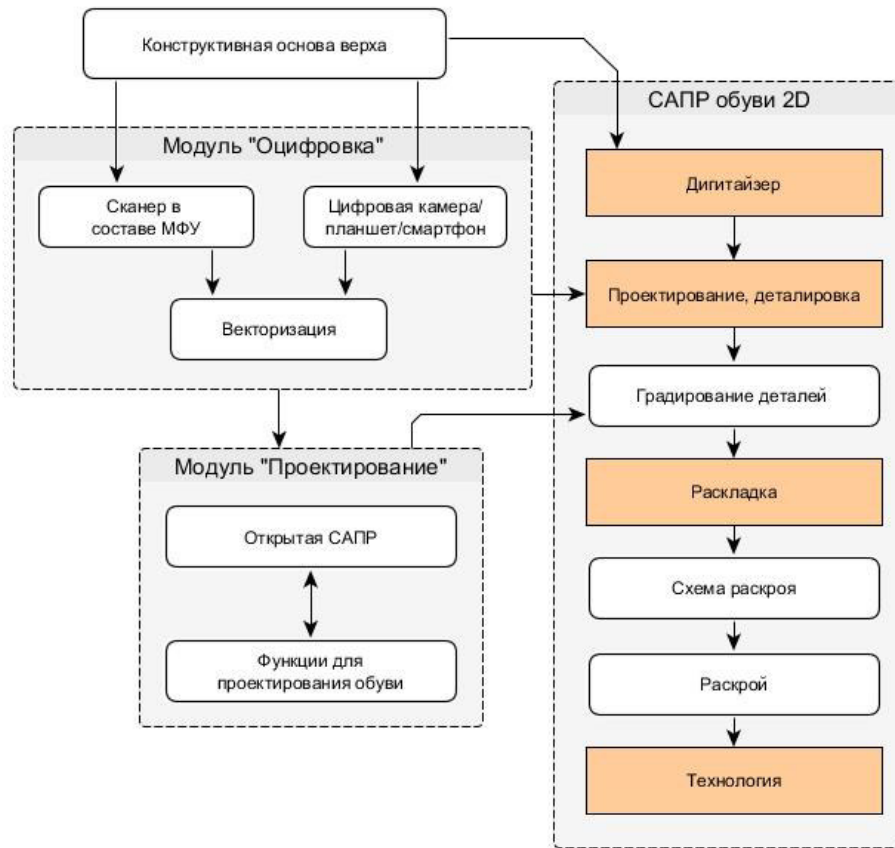


а

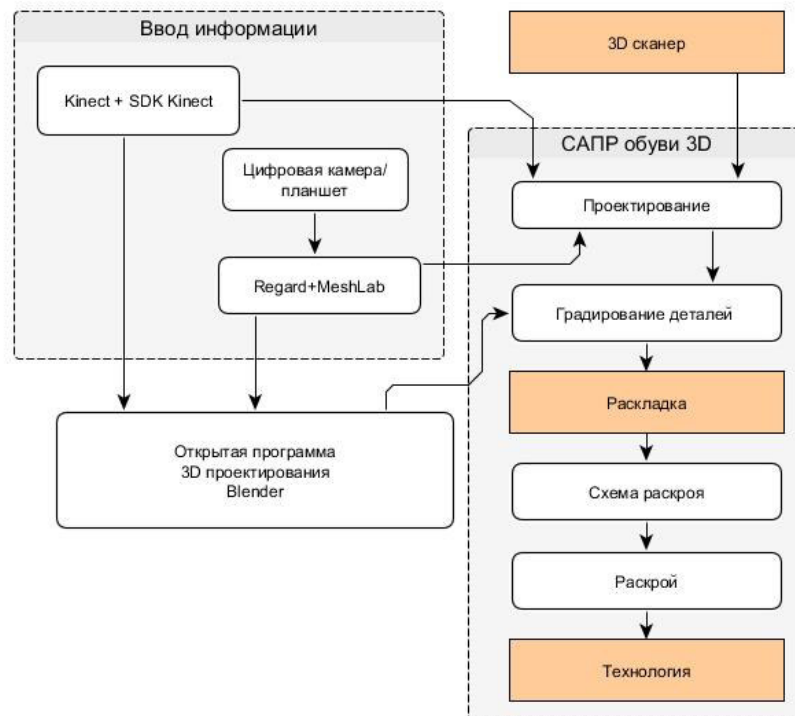


б

Рисунок 9. Проектирование обуви: а – FreeCad, б – Blender



а



б

Рисунок 10. Концепция проектирования в 2D (а) 3D (б) с использованием средств технического зрения

Показано, что модули «Оцифровка» и «Проектирование» с использованием средств технического зрения могут быть интегрированы в отечественные САПР 2D. Предложена рабочая гипотеза использования в обувном производстве открытых программ проектирования в 3D-пространстве.

Проведен расчет материальных затрат на проектирование обуви, который показал, экономическую эффективность использования систем технического зрения, выражающуюся в: сокращении временных затрат на разработку новой модели при проектировании в 2D; расширении электронной базы данных и процессов автоматизации; существенном снижении стоимости используемого оборудования и программного обеспечения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Рассмотренные модули конфигураций САПР легкой промышленности, анализ пакетов программ известных фирм (АСКО-2Д, ShoesModel, Ассоль, Naxos) и их функциональных возможностей показали, что ввод информации в отечественных САПР обуви осуществляется преимущественно в ручном режиме с помощью дигитайзеров. Современное программное обеспечение не может полностью решить задачи преобразования растрового представления чертежей конструкций верха обуви в векторное, а автоматизация процесса сдерживается высокой стоимостью оборудования.
2. Выявлена возможность внедрения средств технического зрения в САПР обуви для интеграции с разными модулями. Показано, что сканер является предпочтительным устройством ввода информации о чертежах конструкций верха обуви. Предложено в качестве перспективного устройства для проектирования в 3D-пространстве использовать камеры цифрового фотоаппарата, смартфона или планшета.
3. Сформулированы требования к модулю «Оцифровка», разработана его структурно-логическая схема, которая допускает автоматизированный ввод информации о чертежах конструкций верха обуви в САПР. Выявлена необходимость разработки метода преобразования растровой информации о чертежах конструкций верха обуви в векторное с использованием бинарного изображения. Рассчитана величина порогового значения бинаризации чертежей конструкций верха обуви.
4. Разработана структурно-логическая схема топологического алгоритма, позволяющего векторизовать чертежи конструкций верха обуви в соответствии с установленным набором апертур.

5. Выявлена необходимость разработки математического описания для шаблонов деталей верха обуви, сохраняющего вторые производные и оперативно строящего контуры.
6. Разработано математическое описание технологических преобразований конструктивной основы, выделены основные свойства и задачи при её детализации. Предложен метод выделения замкнутого контура деталей верха обуви, основанный на теории графов, требующий минимум действий конструктора.
7. Разработан рекуррентный компьютер, позволяющий регулировать число точек контура детали или шаблона. Выведено математическое описание кубического сплайна на основе осредняющего оператора, который проходит через интерполяционные точки шаблонов деталей обуви. Показано, что полученный сплайн и рекуррентный компьютер позволяют оперативно описывать контуры шаблонов обуви, ускоряя процесс создания раскладки.
8. Проведена апробация модуля «Оцифровка» на разных чертежах конструкций верха обуви. Выявлено, что точность полученного векторного представления grund-моделей отвечает требованиям САПР.
9. Показано, что модернизация таких открытых САПР для проектирования обуви в 2D как LibreCAD, QCad, FreeCad расширяет их функциональные возможности за счет применения дополнительных библиотек, написанных на языках программирования с++ или питоне. Выявлено, что модули «Оцифровка» и «Проектирование» с использованием средств технического зрения могут быть интегрированы в отечественные САПР 2D.
10. Предложена рабочая гипотеза использования в обувном производстве открытых программ проектирования в 3D-пространстве: связка Regard+MeshLab+Blender (на основе фотограмметрии) и Kinect SDK с применением камеры Kinect.
11. Расчет материальных затрат на проектирование обуви показал экономическую эффективность систем технического зрения, выражающуюся в: сокращении временных затрат на разработку новой модели при проектировании в 2D; расширении электронной базы данных и процессов автоматизации; существенном снижении стоимости используемого оборудования и программного обеспечения.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень» ВАК РФ:

1. Муртазина А.Р., Разин И.Б., Костылева В.В., Миронов В.П. Концепция модуля «Оцифровка» в системах автоматизированного проектирования кон-

струкций верха обуви.[Текст] // Дизайн и технологии. — 2016.—№ 51 (93). — с. 127-132.

2. Муртазина А.Р., Миронов В.П., Разин И.Б. Алгоритм сжатия данных. [Текст] // Дизайн и технологии. — 2014. —№ 43 (85).— с. 51-55.

3. Мазиков А.В., Миронов В.П., Муртазина А.Р. Четырёхточечная интерполирующая кубическая схема для проектирования кривых. [Текст] // Дизайн и технологии. — 2013.—№ 33 (75). — с. 75-79.

4. Муртазина А.Р., Миронов В.П., Разин И.Б. Приближение к классическому сплайну в 2D. [Текст] // Дизайн и технологии. — 2011. — №23 (65). — с. 41-46.

5. Муртазина А.Р., Миронов В.П., Разин И.Б., Тихонова К.Н. Интерполяция точек кубического сплайна методом половинного деления. [Текст] // Дизайн и технологии. — 2010. — № 16 (58). — с. 36-39.

Статьи в прочих изданиях:

1. Разин И.Б., Миронов В.П., Муртазина А.Р., Оганезов К.В. Применение библиотеки OpenCV в системах автоматизированного проектирования. // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности. Часть 2 — М., 2015. с. 244-246.

2. Муртазина А.Р., Миронов В.П., Разин И.Б. Топологический алгоритм векторизации изображений. // Сборник статей Международной научно-практической конференции РОЛЬ НАУКИ В РАЗВИТИИ ОБЩЕСТВА. — Уфа, 2015. — с. 18-23.

3. Муртазина А.Р., Разин И.Б. Программное обеспечение для векторизации чертежей. // Сборник научных трудов аспирантов. Вып.20. — 2014. — с 70-75.

4. Разин И.Б., Миронов В.П., Муртазина А.Р. Методы сегментации изображений. //Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2014)». 2014. — с. 91-93.

5. Костылева В.В., Муртазина А.Р., Разин И.Б. Электронное пособие для лиц с ограниченными возможностями. // Сборник научных публикаций «Актуальные проблемы инклюзии: качество жизни, безбарьерная среда, образование без границ», ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2016, с. 6-9.

6. Костылева В.В., Разин И.Б., Муртазина А.Р. Некоторые аспекты реализации электронного пособия по конструированию изделий из кожи для обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья. // Актуальные проблемы развития современной науки и образования: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 5 частях. Часть III. М.: «АР-Консалт», 2015, с 88-90.

МУРТАЗИНА АЛЬФИЯ РУСТЯМОВНА

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ
ВЕРХА ОБУВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ № _____

**Редакционно-издательский отдел МГУДТ
117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1**

Отпечатано в РИО МГУДТ