

На правах рукописи



Романовский Роман Сергеевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ МАССОВОЙ
КАСТОМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО
СКАНИРОВАНИЯ ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА**

**Специальность 05.19.04 –
«Технология швейных изделий»**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2022

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина») на кафедре Художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор кафедры Художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»

Петророва Ирина Александровна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование, технологии и дизайн», Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной технической университет» в г. Шахты Ростовской области

Черунова Ирина Викторовна

кандидат технических наук, преподаватель школы дизайна, факультета коммуникаций, медиа и дизайна, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Туханова Валерия Юрьевна

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромской государственной университет»

Защита состоится «30» июня 2022 г. в 12:00 ч. на заседании диссертационного совета Д212.144.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская ул., д. 1., зал заседаний ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на официальном сайте вуза <https://kosygin-rgu.ru/>

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.144.01



Мезенцева Т.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Широкое внедрение цифровых технологий в повседневную жизнь привело к изменению потребительского поведения. Благодаря доступности информации о модных тенденциях и развитию быстрой моды (*fast fashion*) современные покупатели уделяют большое внимание созданию собственного индивидуального стиля, предъявляют высокие требования к качеству и посадке одежды на фигуре, а также стараются внести черты индивидуальности в обычные типовые изделия. На смену эпохе массового производства типовых швейных изделий пришла эпоха «массовой кастомизации». Под «массовой кастомизацией» (*mass customization of garments*) понимается изготовление продукции в промышленных условиях с возможностью ее адаптации или модификации в соответствии с требованиями потребителей, то есть совокупность подходов массового производства одежды и индивидуального пошива изделий.

Возрастающие потребности потребителя вынуждают производителей увеличивать количество и разнообразие выпускаемого ассортимента. Для предприятия становится актуальным расширить модельный ряд, но при этом снизить затраты времени на проектирование новых моделей и конструкторскую подготовку производства. Одновременно с этим ведутся работы по интеллектуализации работы дизайнера при создании новых моделей одежды. Широко известны подходы по применению искусственного интеллекта для определения и разработки модных тенденций на основе анализа существующих коллекций и по созданию новых эскизов на основе имеющихся изображений отдельных элементов одежды.

Таким образом, существуют предпосылки для создания системы, в которой формирование внешнего вида будущего изделия будет осуществлять потребитель, а работа дизайнера и конструктора будет автоматизирована за счёт применения интеллектуальных технологий на этапе выбора модных форм и агрегатирования большого количества вариантов внешнего вида будущих изделий в промышленной коллекции.

Степень научной разработанности проблемы. Целый ряд зарубежных авторов считают направление массовой кастомизации одним из самых перспективных для продвижения и развития *fashion*-бренда. Научные исследования в области применения принципов кастомизации проводят ряд ученых в Российской Федерации: В.Е. Кузьмичев, Н.А. Сахарова (кафедра КШИ ИВГПУ), А.Ю. Москвин, М.В. Москвина СПбГУПТД (Россия), кафедра ХМ,К и ТШИ РГУ им. А.Н. Косыгина. С 70–х годов прошлого века широко известен подход адресного проектирования одежды, в котором *Кобляковой Е.Б.* сформулирован основной принцип выявления адресата своей продукции с целью удовлетворения его потребностей в одежде. В ряде отечественных ВУЗов легкой промышленности

ВГУЭС, МГУС, СПбГУТД, РЗИТЛП выполнено значительное количество работ по развитию методов адресного проектирования и совершенствованию конструкций одежды на различные типы мужских и женских фигур с учетом осанки, пропорций и телосложения. В компании Большевичка еще в 1986 г. предложена система обслуживания индивидуальных потребителей и отработана технология изготовления мужской одежды в условиях промышленного производства по индивидуальным размерным признакам фигур, которая существует и по настоящее время.

Возможность проектирования кастомизированной одежды рассмотрена в ряде работ американского университета Айовы (*Kim H., Damhorst M.L.*), Эгейского университета (*Мрамра M.L., et al.*), Калифорнийском университете Лонг-Бич и Обернском университете штата Алабама (*Aghekyan M., et al.*), Университете Миннесоты (*Sohn M., et al.*), Сеульском и Корнельском университетах (*Song H.K., Ashdown S.P.*). Процесс кастомизации — один из основных трендов последних лет по мнению авторитетного социологического и исследовательского центра *BoF-McKinsey Global Fashion*. Учеными рассматриваются два пути развития массовой кастомизации. Отличающиеся по степени принимаемого пользователем участия в коллективном проектировании: *collaboration* - которая допускает клиента к проектированию на ранней стадии и *adoption (принятие)* – которая направляет пользователей на этап пост-проектирования и дает возможность сегментировано изменять товар.

Целый ряд исследователей в основу кастомизации в легкой промышленности закладывают развитие систем 3D-сканирования фигуры, системы CAD и мобильные приложения. В этом случае возможно взаимодействие через интеллектуальную облачную сеть и формирование заказа *EMTM (electronic made to measure/ электронный, сделанный на заказ)*, при этом потребитель сообщает производителю исходную информацию о своей фигуре (скан, фото, размерные признаки) и получает ответ в виде визуализированного образца модели на своём аватаре. В результате использования такой системы эффективность производства увеличивается на 50%, удовлетворенность продукцией повышается до 99%, а количество персонала, занятого в процессах проектно-конструкторской подготовки производства сокращается на 10%. Интеграция 3D сканирования с системами САПР особенно активно развивается в швейной и обувной промышленности, так как позволяет осуществить виртуальный дизайн и примерку изделий. С помощью таких систем появляется возможность учесть индивидуальные размерные признаки фигур, осуществить персональное моделирование и конструирование изделий с последующим изготовлением.

Еще одним перспективным направлением в массовой кастомизации является процесс модульного проектирования изделий и его влияние на бизнес-процессы организации и ее общую результативность. Модульный дизайн рассматривается большинством авторов как метод проектирования, который можно использовать

для разработки сложных оригинальных моделей одежды с использованием унифицированных деталей.

Проведенный обзор современных отечественных и зарубежных исследований свидетельствует об **актуальности** разработки метода автоматизированного проектирования ассортиментных промышленных коллекций с учётом принципов массовой кастомизации. Применение такого метода в промышленности обеспечит автоматизацию взаимодействия с потребителями, аккумуляцию информации о них и их предпочтениях при выборе модельных особенностей одежды, что позволит формировать план выпуска изделий, состав промышленных коллекций и обеспечит повышение уровня продаж готовой продукции и удовлетворённость потребителей.

Цель работы заключается в разработке метода автоматизированного проектирования ассортиментных промышленных коллекций с учётом принципов массовой кастомизации, обеспечивающего расширение модельного ряда, снижение затрат времени на проектирование новых моделей и конструкторскую подготовку производства.

Для достижения поставленной цели выполнены следующие **задачи**:

- проведен анализ рынка кастомизированной швейной продукции отечественных и зарубежных марок, исследованы существующие способы реального и виртуального взаимодействия потребителей и производителей одежды;
- изучены способы получения исходной информации о форме фигуры потребителя, включая способы трехмерного сканирования, предложена методика получения цифрового образа фигуры;
- разработана методика выделения модных конструктивно-декоративных элементов и внешней формы мужского костюма на основе применения рекомендаций искусственного интеллекта;
- разработана база данных модельных особенностей мужской одежды, включающая перспективные цветовые решения, хронологическую сменяемость модных форм одежды;
- разработан алгоритм автоматизированного агрегатирования структурных и визуальных элементов мужского костюма для получения новых моделей;
- разработаны приемы автоматизированного отбора предпочтительных моделей мужского костюма для формирования промышленной ассортиментной коллекции.

Объект исследования – процесс проектирования внешнего вида и формы мужского костюма.

Предмет исследования – промышленные коллекции, проектные решения и образцы мужского костюма; типовые и нетиповые мужские фигуры.

Научная новизна заключается в:

- разработке информационно-технической структуры модуля получения цифрового образа фигуры на основе инфракрасных сенсоров Microsoft Kinect (3 варианта);
- разработке методики получения исходной информации о фигуре потребителя в виде цифрового образа, включая сведения об антропометрических характеристиках;
- разработке методики выделения модных конструктивно-декоративных элементов и внешней формы мужского костюма на основе применения рекомендаций искусственного интеллекта;
- разработке алгоритма автоматизированного агрегатирования структурных и визуальных элементов мужского костюма для получения новых моделей мужского костюма;
- систематизации процессов взаимодействия потребителя и производителя для автоматизированного проектирования кастомизированного костюма.

Практическая значимость работы заключается в разработке:

- базы данных модельных особенностей мужской одежды, включающей перспективные цветовые решения, хронологическую сменяемость модных форм одежды;
- базы данных структурных элементов швейных изделий для эскизного и конструкторского агрегатирования новых моделей мужского костюма;
- приемов автоматизированного отбора предпочтительных моделей мужского костюма для формирования промышленной ассортиментной коллекции.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методика получения цифрового образа фигуры, обеспечивающая исходную информацию о потребителе для кастомизации моделей одежды;
- методика выделения модных конструктивно-декоративных элементов и внешней формы мужского костюма с помощью нейронных сетей;
- метод автоматизированного проектирования ассортиментных промышленных коллекций с учетом принципов массовой кастомизации.

Работа выполнена в 2019-2021 гг. на кафедре Художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. ***Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ. Проект 19-37-90089*** «Разработка метода автоматизированного проектирования швейных изделий в условиях массовой кастомизации на основе применения трехмерного сканирования фигуры человека».

Соответствие паспорту специальности 05.19.04. Положения, выносимые на защиту соответствуют п. 3 «Разработка математического и информационного обеспечения систем автоматизированного проектирования и раскроя деталей одежды».

Публикации. Основные положения научно-квалификационной работы (диссертации) опубликованы в 7 печатных работах, 3 из которых – в

рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК; 2 из которых – индексируемые в базе данных *SCOPUS*; зарегистрированы две базы данных «Кастомизация моделей мужской одежды» и «Модельные особенности мужской одежды (пиджак)». Основные результаты работы доложены на конференциях: Международный Косыгинский форум «Современные задачи инженерных наук», 29-30 октября 2019. (г. Москва); Всероссийская научная конференция молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021)», 12 – 15 апреля 2021 г. (г. Москва); *Light Conf 2021* - Международная научно-техническая конференция, посвященная инновационному развитию текстильной и легкой промышленности, 29-31 марта 2021 г. (г. Санкт-Петербург).

Результаты исследования проверены в условиях промышленного предприятия АО «Сударь» (г. Ковров). Проведенные испытания показали целесообразность внедрения разработанного метода автоматизированного агрегатирования структурных и визуальных элементов швейных изделий для получения новых моделей одежды в процесс изготовления кастомизированных моделей мужской одежды в условиях массового производства, позволили ускорить цикл разработки проектно-конструкторской документации на изделия.

Структура и объем работы. По своей структуре научно-квалификационная работа (диссертация) состоит из введения, 4 глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на 256 страницах машинописного текста, содержит 64 рисунка, 36 таблиц. Список литературы включает 215 библиографических и электронных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе сформулирован новый подход к пониманию массовой кастомизации как инструмента, влияющего на производственный процесс и жизненный цикл швейных изделий.

Анализ научно-практических трудов выявил необходимость в создании такого подхода, который определяет массовую кастомизацию как инструмент, влияющий на производственный процесс и жизненный цикл швейных изделий:

Уровень влияния массовой кастомизации на производственный процесс может быть минимальным, не требующим перестроения технологического процесса, предусматривает незначительные изменения жизненного цикла путем вмешательства на уровне ряда технологических операций (изменение внешнего вида за счёт изменения формы деталей, количества петель и пуговиц, формы борта и т.д.). Средним - требующим введения в производственный процесс дополнительного оборудования на уровне технологических решений, предназначенного, например, для выполнения вышивки, 3D печати, аппликации,

нанесения принтов, выполнения лазерной резки. Высоким «под каждого клиента» - требует перестроения всего процесса проектирования как на этапах подготовки проектно-конструкторской документации, так и на этапах изготовления (3D сканирование, изменение размерных признаков, взаимодействие с потребителем и т.д.). Использование такого инструмента позволит предприятиям планировать уровень внесения изменений в производственный процесс и определить необходимость в закупке и обновлении оборудования для реализации подхода массовой кастомизации в собственной деятельности..

Проанализированы направления применения искусственного интеллекта в легкой промышленности, выявлено, что качество принимаемых решений в прогнозировании ассортимента одежды и обуви, классификации модной одежды, распознавании элементов швейных изделий в большинстве случаев сопоставимо, а зачастую опережает эффективность человека. Выявлена актуальность использования сверточной нейронной сети для решения задачи диссертационной работы, а именно для определения и отбора модных форм моделей мужского костюма для дальнейшей рекомендации пользователям при проектировании кастомизированной швейной продукции.

Анализ процессов происходящих в легкой промышленности показал, что существует необходимость разработки метода автоматизированного проектирования ассортиментных промышленных коллекций с учётом принципов массовой кастомизации. Основными составляющими такого метода должны стать: развитие способов получения точной информации об антропометрических характеристиках тела человека, применение обученных нейронных сетей для выбора модных форм мужского костюма с учетом модных тенденций и хронологической сменяемости и метод агрегатирования большого количества вариантов внешнего вида будущих изделий в промышленной коллекции.


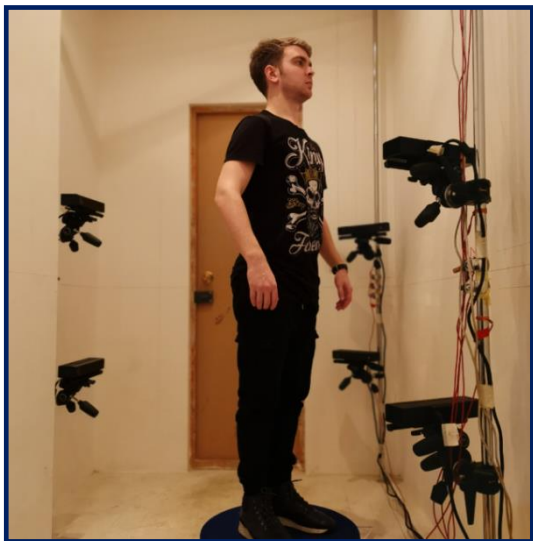
Исследованы способы взаимодействия потребителя и производителя в процессе создания персонализированных моделей одежды из промышленных коллекций. Предложено три варианта взаимодействия производителя с потребителем, которые следует использовать при реализации результатов диссертационной работы: автоматизированный — персонализация изделия происходит автоматически с запуском в производство без согласования с оператором; интерактивный — внесение изменений в настройках кастомизации и поэтапное согласование изменений с помощью удаленного взаимодействия с оператором; очный (оффлайн) — когда потребитель обращается в филиал. Доказано, что оптимальным методом является грамотно выстроенная взаимосвязь потребителей и производителей одежды с помощью программных и цифровых продуктов для удобного, доступного, понятного и комфортного определения персональных потребностей клиентов.

Во второй главе рассмотрены современные способы получения достоверной информации о фигуре потребителя для использования в дальнейшем в процессе кастомизации моделей костюма. Доказано, что наибольшую точность и скорость

обработки информации обеспечивают системы, в которых получение информации о поверхности объекта осуществляется с помощью глубинных сенсоров, например такого типа как Microsoft Kinect.

Разработано три варианта систем получения цифрового образа фигуры, в основе которых лежит глубинный сенсор Microsoft Kinect, а построение информационных и технических блоков системы основано на опытном программном обеспечении. Первый и второй вариант предусматривает вращение фигуры вокруг собственной оси, а процесс сканирования происходит в течение 60 секунд. Подходит для использования в качестве мобильной системы. Третий вариант системы состоит из шести сенсоров, а человек стоит неподвижно во время сканирования, время сканирования 1 секунда (табл. 1).

Таблица 1 — Внешний вид и особенности системы получения цифрового образа фигуры (вариант 3)

Вариант 3	
Изображение	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Схема</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Внешний вид</p>  </div> </div>

Системы обеспечивают необходимую точность получаемых размерных характеристик, формируют перечень размерных признаков в широком формате для экспорта в САПР одежды. Основной программный комплекс состоит из трех частей: подпрограмма отображения интерфейса, подпрограмма, отвечающая за построение трехмерной модели и подпрограмма расчета пути по поверхности фигуры. Разработана методика выполнения трехмерного сканирования фигуры человека, которая является универсальной и соответствует требованиям, предъявляемым к проведению измерений по трехмерной модели, описанным в ГОСТ Р ИСО 8559-1-2020.

Предложено три варианта сохранения визуальной и метрической информации о фигуре потребителя в виде облака точек (рис.1,а), поверхностной модели (рис. 1,б) и с сохранением цвета и текстуры поверхности (рис. 1, в).

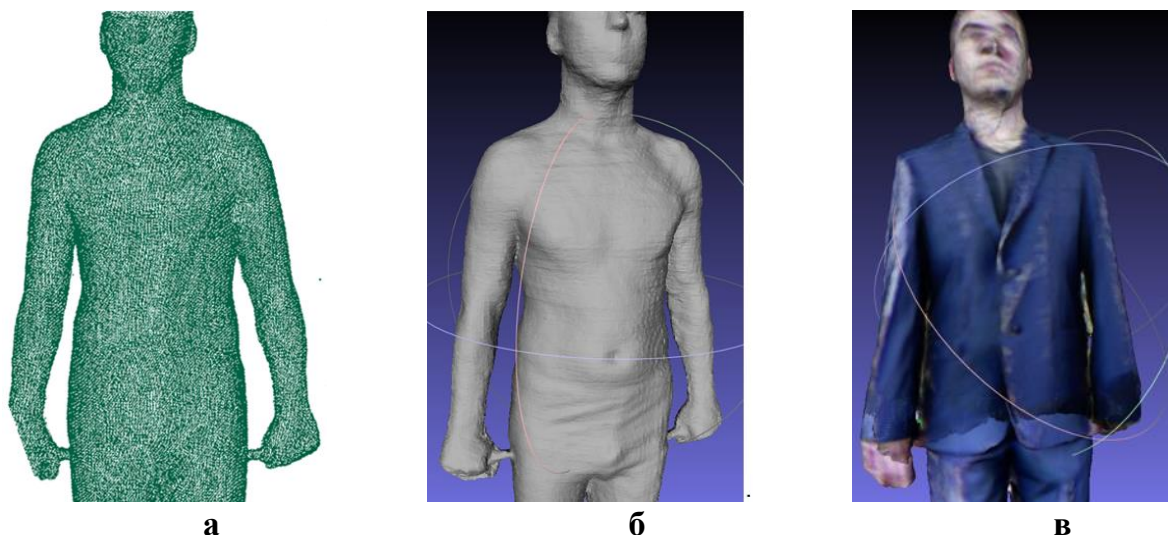


Рисунок 1 — Визуализация информации о потребителе: а-облако точек, б-поверхностная модель; в - с сохранением цвета и текстур материалов

Разработанные системы получения цифрового образа фигуры на основе сенсоров Microsoft Kinect позволяют определить широкий спектр размерных признаков фигуры человека, как в статике, так и в динамике, погрешностью значительно менее 0,3 см, допустимой нормативами швейной промышленности. Отличаются простотой использования, невысокой стоимостью и скоростью получения информации о поверхности от 1 сек. до 60 сек.; позволяют выполнить сравнение размерных признаков трехмерного аватара и сканированной модели фигуры клиента и осуществить заказ кастомизированного изделия на сайте производителя.

В третьей главе предложена и доказана гипотеза о возможности использования сверточной нейронной сети для изучения модных тенденций. Для мужского костюма соответствие модным тенденциям выражается в силуэтной форме, величине прибавок по основным конструктивным уровням, форме отлета воротника и лацкана, уровню положения первой петли, виду застёжки и форме борта.

Предложены принципы формирования базы данных для обучения нейронной сети, включающие формирование библиотеки изображений мужского костюма на основе следующих принципов: выделение типовой базовой конструкции (БК), соответствующей или предсказывающей модные тенденции (глубина подбора изображений составляет 1-2 года); выделение типовой БК с учётом хронологической повторяемости (глубина подбора изображений составляет 10-15 или 25-30 лет); выделение типовой БК на основе данных предприятия – изображения подбирают из каталогов предприятия и из сведений о разработанных в экспериментальном цехе моделях.

Выделение классов осуществляется специальным приложением с присвоением номера класса. Для того, чтобы нейронную сеть можно было научить распознавать нужные для анализа объекты, данные нужно маркировать. Процесс

маркировки заключается в указании охватывающего прямоугольника, в котором на изображении находится объект и класс, к которому принадлежит объект (рис.2).

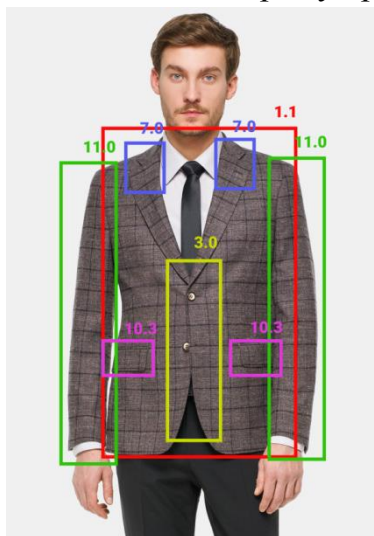


Рисунок 2 — Выделение классов на изображении мужского пиджака

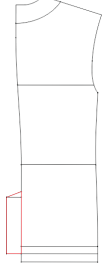
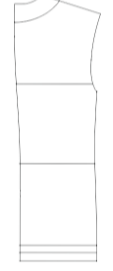
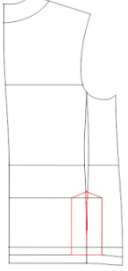
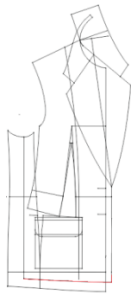
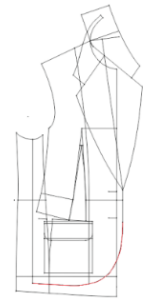
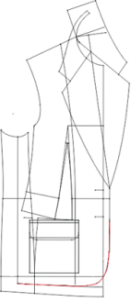
С помощью экспертов осуществлено выделение классов на каждом фотоматериале обучающего контрольного блока данных, включающего около 1000 изображений. Определен контрольный блок данных, по которому производилась проверка итогов обучения, включающих 500 фотоматериалов мужских пиджаков. Итоги распознавания конструктивных элементов на изображении в обучающей выборке оценены с помощью показателя уверенности сети в точности предсказания определения классов, который находится на уровне 85%.

Сформирована универсальная последовательность процедуры выбора модной типовой базовой формы из базы данных изображений с помощью обученной нейронной сети. После обучения нейронная сеть в автоматизированном режиме может определять номер класса по каждому конструктивному элементу, определять их количество, что помогает формировать пакет данных, среди которых сетью рекомендованы как актуальные наиболее часто встречающиеся виды конструктивных элементов, выделенные на базе загруженных и обработанных входных фотоматериалов моделей мужских пиджаков.

Предложен метод агрегатирования структурных и визуальных элементов мужского костюма, которые на предыдущем этапе выделены нейронной сетью. Создана базы данных (БД), содержащая эскизы и чертежи конструкции основных деталей мужского пиджака и конструктивно декоративных элементов, которые собираются в матричную форму. Разработанная база данных для выполнения процесса агрегатирования защищена свидетельством ФИПС. Признаки (наименование элемента швейного изделия) обозначим S_n с вариантами решений от 1 до n представим в виде морфологической таблицы-матрицы (табл. 2).

При выборе альтернативных вариантов происходит комбинирование выделенных признаков, таким образом, получают различные эскизные решения проектируемых моделей.

Таблица 2 — Матрица некоторых элементов мужского пиджака (фрагмент)

		Варианты					
		1	2	3	.....	n	
Структурные элементы	S ₁	База данных Спинка <i>изменения (положение шлицы)</i>	S ₁ 1 	S ₁ 2 	S ₁ 3	.....	S ₁ n
	S ₂	База данных Перед <i>Изменения: 1. форма борта</i>	S ₂ 1 	S ₂ 2 	S ₂ 3	.....	S ₂ n

	S _n	.....	S _n 1	S _n 2	S _n 3	.....	S _n n

Матричный метод позволяет программе создавать все возможные комбинации соединения отобранных элементов одежды. Рассчитать количество возможных вариантов помогает формула (1):

$$S^1_1 * S^1_2 * S^1_3 * S^1_n \dots S^{n1} * S^{n2} * S^{n3} * S^{nn} \quad (1)$$

В результате пользователь получает огромное многообразие уникальных эскизов изделия, количество которых возрастает в геометрической прогрессии.

Метод позволяет создавать все возможные комбинации соединения отобранных структурных элементов одежды в новую модель.

В основе работы программы по автоматизированному проектированию швейных изделий лежит процесс распознавания конструктивных точек, конструктивных срезов деталей швейных изделий и автоматизированное определение конструктивно-технологической реализации того или иного конструктивно-технологического узла, базируясь на сопряжении подходящих кодов конструктивных срезов деталей и отклонении неподходящих.

Предложены критерии автоматизированного отбора, которые делятся на две группы: структурно-технологические и критерии социально-личностного соответствия. Центральным звеном в системе автоматизированного проектирования швейных изделий является база данных структурных и визуальных элементов моделей одежды.

Предложен метод автоматизированного проектирования персонализированных швейных изделий, который включает в себя четыре основных этапа жизненного цикла проектируемой модели одежды:

- Определение портрета потребителя (область потребителя);
- Выделение модных конструктивно-декоративных элементов и внешней формы мужского костюма на основе рекомендаций искусственного интеллекта (область кастомизации);
- Формирование итоговых эскизов моделей проектируемого швейного изделия (область кастомизации);
- Онлайн-продажи (область продаж).

В четвертой главе предложен интерфейс взаимодействия потребителя и производителей одежды для проектирования кастомизированного изделия (рис. 3). Элементы взаимодействия включают интуитивно понятную пользователю последовательность действий, в которой происходит: загрузка исходной информации о потребителе в виде трехмерной модели или перечня антропометрических данных; выдача визуализированных решений отдельных элементов мужского костюма, сформированных на основе рекомендаций искусственного интеллекта; автоматическое агрегирование ряда модельных решений мужского костюма на основе выбранных пользователем конструктивных элементов.

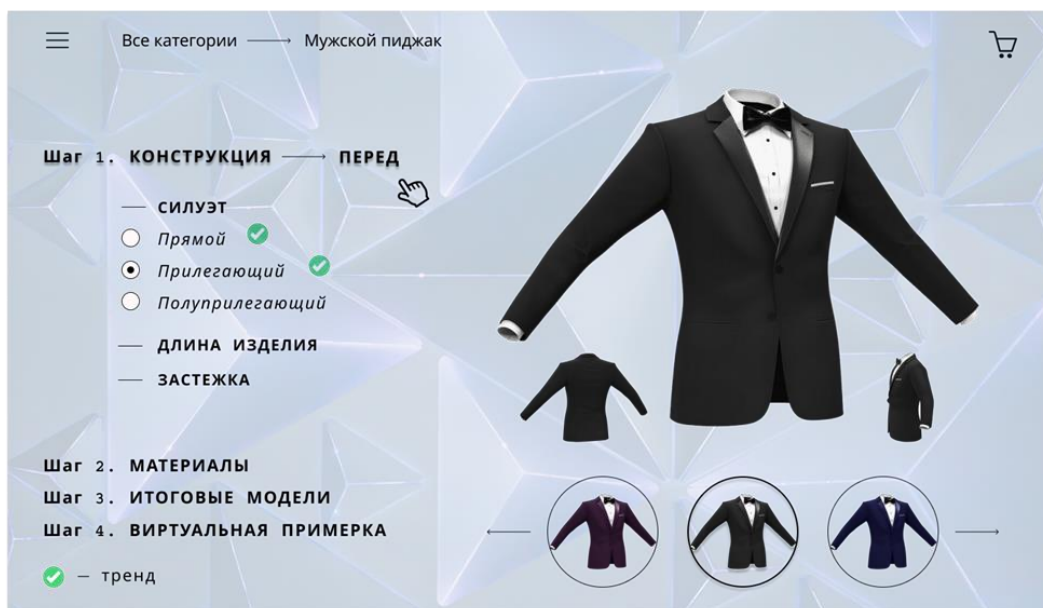


Рисунок 3 — Конструкторский раздел программы (структурные элементы мужского пиджака)

Выполнена апробация предлагаемого метода автоматизированного агрегирования основных деталей и дополнительных конструктивно-декоративных элементов на примере мужского пальто. Разработана поэлементная база данных.

Так в категории «Перед» представлены три варианта переда мужского плечевого изделия, формирующих три варианта длины изделия ($S_1=3$) и формы

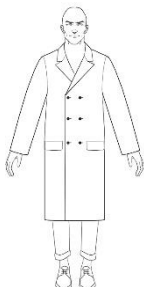
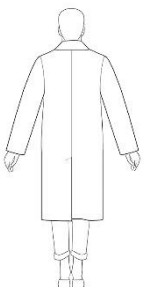
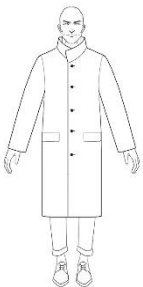
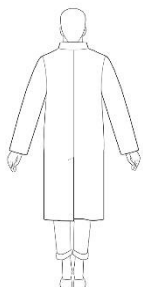








борта внизу (закруглённая значительно, округлённая, прямая ($S_2=3$)). В категории «Воротник» - представлены виды воротника мужского плечевого изделия с возможностью выбора: ширины отлета и ширины лацкана (узкий, средний, широкий $S_3=3$); формы воротника (пиджачный, шалевый $S_4=2$); формы концов отлета воротника и лацкана (закругленный, острый, средний $S_5=3$). В категории «Застежка» - предложены центральная и смещенная бортовая застежка ($S_6=2$) с возможностью выбора количества петель и пуговиц, на которые будет застёгиваться мужское плечевое изделие. В категории спинка предусмотрена возможность выбора положения шлицы: по линии середины спинки или в боковых швах ($S_7=2$). В категории «Карманы» - следующие варианты: прямой карман с клапаном; наклонный карман с клапаном; прямой карман в рамку; накладной карман; уменьшенный карман для билета ($S_8=5$). Максимальное количество вариантов сочетаний N из перечисленных элементов составит:

$$N = S_1 \times S_2 \times S_3 \times S_4 \times S_5 \times S_6 \times S_7 \times S_8 \quad (2)$$

$$3 \times 2 \times 3 \times 2 \times 3 \times 2 \times 2 \times 5 = 2160$$

То есть применение пользователем только перечисленных элементов для выбора внешнего вида изделия обеспечит возможность получения 2160 вариантов сочетаний готового изделия. Фрагмент получаемых вариантов внешнего вида пальто из базовых (классических) структурных элементов и некоторых видов материала, которые могут демонстрироваться пользователю приведен в таблице 3.

Таблица 3 — Визуализация вариантов внешнего вида пальто (фрагмент)

Конструктивное						
Подбор материала						

Предлагаемый метод позволит предприятию изготавливать изделия по индивидуальному заказу в условиях промышленного производства, выполнять автоматизированное проектирование ассортиментных промышленных коллекций, определять план выпуска изделий, состав промышленных коллекций и обеспечит увеличение уровня продаж швейной продукции. Современные покупатели получают возможность создания собственного индивидуального стиля, путем выбора предлагаемых производителем конструктивных решений, что вносит черты индивидуальности в обычные типовые изделия.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Сформулирован новый подход к пониманию процесса массовой кастомизации как инструмента, влияющего на производственный процесс и жизненный цикл швейных изделий. Использование такого инструмента позволит предприятиям планировать уровень внесения изменений в производственный процесс и определить необходимость в закупке и обновлении оборудования для реализации подхода массовой кастомизации в собственной деятельности.
2. Разработано три варианта систем получения цифрового образа фигуры, в основе которых лежит глубинный сенсор Microsoft Kinect, а построение информационных и технических блоков системы основано на опытном программном обеспечении. Первый и второй вариант предусматривает вращение фигуры вокруг собственной оси, а процесс сканирования происходит в течение 60 секунд. Подходит для использования в качестве переносного комплекса. Третий вариант системы состоит из шести сенсоров, а человек стоит неподвижно во время сканирования, время сканирования 1 секунда. Предложенные системы позволяют определить широкий спектр размерных признаков фигуры человека, как в статике, так и в динамике, выполнить построение различных абрисов и сечений, необходимых для проектирования одежды. Отличаются простотой использования и невысокой стоимостью; позволяют выполнить сравнение размерных признаков трехмерного аватара и сканированной модели фигуры клиента и осуществить заказ кастомизированного изделия на сайте производителя
3. Проанализированы направления применения искусственного интеллекта в легкой промышленности, выявлено, что качество принимаемых решений в прогнозировании ассортимента одежды и обуви, классификации модной одежды, распознавании элементов швейных изделий в большинстве случаев сопоставимо, а зачастую опережает эффективность человека. Для мужского костюма соответствие модным тенденциям выражается в силуэтной форме, величине прибавок по основным конструктивным уровням, форме отлета воротника и лацкана, уровню положения первой петли, виду застёжки и форме борта. Предложена и доказана гипотеза о возможности использования сверточной нейронной сети для изучения модных тенденций и в последующем выделением актуальной модной формы мужского костюма и модных конструктивно-декоративных элементов.
4. Предложен метод агрегатирования структурных и визуальных элементов мужского костюма, которые на предыдущем этапе выделены нейронной сетью. Метод позволяет создавать все возможные комбинации соединения отобранных структурных элементов одежды в новую модель. В основе работы программы по автоматизированному проектированию швейных изделий лежит процесс распознавания конструктивных точек, конструктивных срезов деталей швейных изделий и автоматизированное определение конструктивно-технологической

реализации того или иного конструктивно-технологического узла, базируясь на сопряжении подходящих кодов конструктивных срезов деталей и отклонении неподходящих.

5. Предложен новый подход к процессу автоматизированного проектирования персонализированных швейных изделий, который включает в себя четыре основных этапа жизненного цикла проектируемой модели одежды: 1) Определение портрета потребителя (область потребителя), включая трехмерное сканирование фигуры и определение исходной информации о потребителе с помощью цифровых систем; 2) Формирование перечня желаемых и допустимых структурных и визуальных элементов для индивидуальной фигуры (область кастомизации), включая привлечение интеллектуальных технологий для выделения модных конструктивно-декоративных элементов и внешней формы мужского костюма на основе применения рекомендаций искусственного интеллекта; 3) Формирование итоговых эскизов моделей проектируемого швейного изделия (область кастомизации), включая применение метода агрегатирования для предложения потребителю максимального разнообразия моделей; 4) Онлайн-продажи (область продаж).

6. Предлагаемый метод автоматизированного проектирования ассортиментных промышленных коллекций с учетом принципов массовой кастомизации основан на развитии способов получения точной информации об антропометрических характеристиках тела человека и алгоритме проектирования и изготовления персонализированного костюма в производственных условиях. Применение такого метода в промышленности обеспечит: расширение модельного ряда, снижение затрат времени на проектирование новых моделей и конструкторскую подготовку производства; автоматизацию взаимодействия с потребителями, аккумуляцию информации о них и их предпочтениях при выборе модельных особенностей одежды.

7. Исследованы способы взаимодействия потребителя и производителя в процессе создания персонализированных моделей одежды из промышленных коллекций. Предложено три варианта взаимодействия производителя с потребителем, которые следует использовать при реализации результатов диссертационной работы: автоматизированный — персонализация изделия происходит автоматически с запуском в производство без согласования с оператором; интерактивный — внесение изменений в настройках кастомизации и поэтапное согласование изменений с помощью удаленного взаимодействия с оператором; очный (оффлайн) — когда потребитель обращается в филиал. Доказано, что оптимальным методом является грамотно выстроенная взаимосвязь потребителей и производителей одежды с помощью программных и цифровых продуктов для удобного, доступного, понятного и комфортного определения персональных потребностей клиентов.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень...» ВАК при Минобрнауки России:

1. Р.С. Романовский, И.А. Петросова, Е.Г. Андреева, Е.А. Шипилова Разработка методики определения модных форм для промышленных коллекций одежды с учетом рекомендаций искусственного интеллекта. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 4 (394). С. 145-152.
2. Р.С. Романовский, И.А. Петросова Разработка метода автоматизированного проектирования ассортиментных промышленных коллекций с учетом массовой кастомизации. Известия высших учебных заведений. Технология лёгкой промышленности. 2021. № 2/52. С. 41-44.
3. Р.С. Романовский, И.А. Петросова, Е.Г. Андреева Массовая кастомизация как перспективное направление в развитии промышленного производства. Костюмология. 2021. Т. 6. № 4. С. 1-13.
4. Petrosova I.A., Andreeva E.G., Romanovsky R.S., Kopwlov A.A., Rodionova M.A. three-dimensional scanning of a figure as the basis for mass customization of industrial clothing collections В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2. Сер. "Siberian Industrial Days International Forum" 2020. С. 1-9.

Статьи в прочих изданиях:

5. Петросова И.А., Романовский Р.С., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Степанов И.О., Разбродин А.В. Массовая кастомизация как инструмент онлайн продаж промышленных коллекций одежды // Текстильная и легкая промышленность. 2019. - №1. – С. 28-31.
6. Романовский Р.С., Петросова И.А., Андреева Е.Г. Исследование структурных элементов мужской одежды для формирования кастомизированных промышленных коллекций // Сборник стендовых докладов молодых ученых и студентов Международный Косыгинский форум-2019 «Современные задачи инженерных наук».2019. - С. 27-29.
7. Романовский Р.С., Петросова И.А., Шипилова Е.А., Андреева Е.Г. Разработка критериев выбора кастомизированных моделей одежды из промышленных коллекций // Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности» (Интекс-2021)». 2021. – С. 246-249.

Патенты, свидетельства на программу для ЭВМ, БД

8. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019620410 от 15.03.2019. Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Романовский Р.С., Степанов И.О. Кастомизация моделей мужской одежды Заявка № 2019620265 от 01.03.2019.
9. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2022620060 от 11.01.2022. Романовский Р.С., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Шипилова Е.А., Белгородский В.С. Модельные особенности мужской одежды (пиджак) Заявка № 2021623300 от 24.12.2021.

РОМАНОВСКИЙ РОМАН СЕРГЕЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ
МАССОВОЙ КАСТОМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ
ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ФИГУРЫ ЧЕЛОВЕКА**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

**Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ №
Редакционно-издательский отдел
ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»
117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1
Отпечатано в РИО ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»**